

Resíduos Sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade

Rhaldney Felipe de Santana
Wilson Ramos Aragão Júnior
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)



2020

Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade

Rhaldney Felipe de Santana
Wilson Ramos Aragão Júnior
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)

EDUFRPE e Gampe/UFRPE
Recife, 2020
1ª edição

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife - PE, Brasil

S232r Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade / Rhaldney Felipe de Santana, Wilson Ramos Aragão Júnior, Soraya Giovanetti El-Deir. Organizadores. - 1. ed. – Recife : EDUFRPE: Gampe, 2020.
1 livro digital (479 p.: il.)
ISBN 978-85-7946-358-7

Inclui referências.
Disponível em: www.epersol.br ;

. 1. Lixo – Eliminação 2. Sustentabilidade 3. Educação ambiental
4. Gestão integrada de resíduos sólidos I. Aragão Júnior, Wilson Ramos. II. El-Deir, Soraya Giovanetti III. Título

CDD 628

Apoio: A presente edição foi viabilizada através do apoio institucional da Editora da UFRPE e do VI Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – CBRS

COMISSÃO EDITORIAL

IFCE	Adeildo Cabral da Silva
IFAL	Adelmo Lima Bastos
UFCG	Adriana Salete Dantas de Farias
IFMA	Alessandra dos Santos Silva
UFRRJ	Alexandre Lioi Nascentes
UFOPA	Alice Sabrina Ferreira da Silva
OMS	Aline Carolina da Silva
UFERSA	Amanda Estefânia de Melo Ferreira
UNESP	Ana Claudia Giannini Borges
UFRPE	Ana Karoline Caitano do Nascimento
UFPE	Ana Paula Lima Pacheco
Uninassau	Andressa Ribeiro de Queiroz
UFSC	Armando Borges Castilhos Júnior
UFPB	Carlos Antonio Belarmino Alves
IFPE	Christianne Torres de Paiva
UFPB	Claudia Coutinho Nóbrega
IFPE	Claudia Wanderley Pereira Lira
ASCES	Cláudio Emanuel Silva Oliveira
UFPE	Daniella Roberta Silva de Assis
UFRPE	Ednilza Maranhao dos Santos Santos
Unicap, IFPE	Eduardo Antonio Maia Lins
UFRJ	Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco
UFRR	Elói Martins Senhoras
UFPE	Érika Alves Tavares Marques
UFRRJ	Érika Flávia Machado Pinheiro
Market Analysis	Fabian Antonio Echegaray
UNB	Fernanda Santana de Oliveira
UFRPE	Fernando de Figueiredo Porto Neto
UFVJM	Francisco César Dalmo
UNITINS	Fred Newton da Silva Souza
UFERSA	Gabriela Valones Rodrigues de Araújo
UFMA	Glauber Cruz
UFABC	Graziella Colato Antonio
IFBA	Iara Terezinha Queiros Pereira dos Santos
UFSE	Isabela Cristina Gomes Pires
Fundação Hospitalar de Saúde de Sergipe	Ítalo Emanuel Rolemberg dos Santos
UPE	Iwelton Madson Celestino Pereira
Unit/Al	Janaina Accordi Junkes
IFCE	Janisi Sales Aragão
IFPA	Jaqueline Maria Soares da Silva
UFCG	João Batista Alves
IFPE	João Manoel de Freitas Mota
UFAL	Jorge Ferreira da Silva Filho
FGV	José Carlos Barbieri

IFCE

José Lima de Oliveira Junior

COMISSÃO EDITORIAL

UPE	José Luiz Alves
UFRPE	Júlia Barbosa de Almeida Salgado
UFABC	Juliana Tófano de Campos Leite Toneli
IFRN	Julio Cesar de Pontes
UPE	Kaliny Patrícia Vaz Lafayette
UFRPE	Kátia Cristina Silva de Freitas
UFPE	Laís Roberta Galdino de Oliveira
UnB	Leides Barroso Azevedo Moura
IFTO	Liliana Garcia Silva
UFMG	Luciana Alves Rodrigues Macedo
UnB	Lúcio Câmara Silva
IFBA	Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti
ITEP	Luiz Filipe Alves Cordeiro
UFPB	Luiz Moreira Coelho Júnior
IFPE	Maria Clara Mavia de Mendonça
UFCG	Maria de Fátima Nóbrega Barbosa
UNEB	Maristela Casé Costa Cunha
UFPE	Maurício Alves da Motta Sobrinho
UNIVASF	Miriam Cleide Cavalcante de Amorim
EMBRAPA-RR	Oscar José Smiderle
FTC Salvador - BA	Patricia Carla Barbosa Pimentel
UFPE	Quésia Jemima da Silva
IFRN	Raimundo Nonato Barbosa Felipe
IFRN	Regia Lucia Lopes
INPA - AM	Reinaldo Corrêa Costa
UPE	Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel
IFRN	Renata Carla Tavares dos Santos Felipe
UFPE	Renata Laranjeiras Gouveia
UNIFOR	Roberto Ney Ciarlini Teixeira
UFABC	Rodolfo Sbrolini Tiburcio
UFPE	Rodrigo Cândido Passos da Silva
UNEB	Rosilda Alves Magalhães Menezes
UFPB	Samara Teixeira Pereira
Unicap, IFPE	Sérgio Carvalho Paiva
UPE	Simone Ferreira Teixeira
UFSCar	Simone Moraes Stange
UFMA	Solange da Silva Nunes Boni
UFRPE	Soraya Giovanetti El-Deir
UFRPE	Suzana Pereira Vila Nova
UFRPE	Thaís Meira Menezes
UFRJ	Thaísa Ferreira Macedo
UFRPE	Vagne de Melo Oliveira
ESMAC	Velber Xavier Nascimento
UFPE	Wagner Jose de Aguiar

SUMÁRIO

DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE: DISCUSSÕES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS. Wilson Ramos Aragão Júnior; Rhaldney Felipe de Santana; Soraya Giovanetti El-Deir	10
--	----

CAPÍTULO 1. EDUCAÇÃO

1.1 DESAFIOS DA QUESTÃO DOS REJEITOS EM UM ASSENTAMENTO RURAL NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO. Dario Rocha Falcon; Renan Augusto Ferreira Silva; Shana Sampaio Sieber; Kleiton Bueno Bezerra da Silva	18
1.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL A PARTIR DA RECICLAGEM DE ÓLEO DE COZINHA USADO PARA A PRODUÇÃO DE SABÃO. João Antônio Lima Pacheco; Janaina Barros Gonçalves; Kéilton Gomes de Souza Cruz; Ana Paula Lima Pacheco	31
1.3 EDUCAÇÃO E RESPONSABILIDADE AMBIENTAL; SENSIBILIZAÇÃO SOBRE MEIO AMBIENTE E RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA. Fernanda Maria Lima Palácio; Rayane Quaresma Guimarães	44
1.4 INSTITUCIONALIZAÇÃO DA PRÁTICA AMBIENTAL NO ENSINO SUPERIOR COM BASE NO CÁLCULO DA EMISSÃO DE CARBONO. Bárbara Ferrari; Daniel Moraes Pinheiro	53
1.5 PERCEPÇÃO DE CONSUMIDORES DE SÃO LUÍS – MA QUANTO À LOGÍSTICA REVERSA. Andressa Isabela Ferreira Silva; Daniele Borges Sousa	66
1.6 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL URBANA E DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMUNITÁRIA. Daniel Fernandes Rodrigues Barroso; Geovania Figueiredo da Silva; Adeal Alexandre Cavalcante-Neto; Iberê Pereira Parente	78

CAPÍTULO 2. IMPACTOS AMBIENTAIS

2.1 ANÁLISE DOS RISCOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE OCUPAÇÕES IRREGULARES EM UMA ENCOSTA DO MUNICÍPIO DE OLINDA – PE. Lucas Albuquerque do Nascimento; Thiago Augusto da Silva; Michele Joyce Pereira dos Santos; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette	91
2.2 DIAGNÓSTICO DO POTENCIAL POLUIDOR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DE LAVA-JATOS EM POMBAL – PB. Kardelan Arteiro da Silva; Ithalo Henrique de Sousa Araújo; Mirella Maria Nóbrega Marques; Soraya Giovanetti El-Deir	102

- 2.3 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS FÍSICOS-AMBIENTAIS, UTILIZANDO A MATRIZ GUT NO CAMPO DA UNIÃO EM RECIFE – PE. Carlos Fernando Gomes do Nascimento; Flaviana Gomes Alves da Silva; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette; Michele Joyce Pereira dos Santos 112
- 2.4 RELAÇÃO ENTRE ATERRO SANITÁRIO E RISCO AVIÁRIO; ESTUDO DE CASO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE – PE. Flávio Leôncio Guedes; Wilson Ramos Aragão Júnior; Rafaella de Moura Medeiros; Mikhael Ferreira da Silva Santos 123

CAPÍTULO 3. EFLUENTES

- 3.1 DIAGNÓSTICO DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS QUÍMICOS PRODUZIDOS NOS LABORATÓRIOS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO. Matheus Filipe Leitão Oliveira; Maria do Socorro Nahuz Lourenço; Alana da Conceição Brito Coelho; André Luiz Duarte Abreu 134
- 3.2 MACRÓFITAS AQUÁTICAS COMO RESÍDUOS ORGÂNICOS NA REGIÃO DE PAULO AFONSO – BA. Maristela Casé 144
- 3.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL; PROPOSTA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES NUMA TINTURARIA EM OLINDA – PE. Flávia Garrett Azevedo; Flávia Gonçalves Domingues Ferreira; Gustavo José Luna Filho; Mauricio Alves Motta Sobrinho 157
- 3.4 PANORAMA ATUAL DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO NO BRASIL. Alison de Souza Norberto; Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida; Rafaella de Moura Medeiros; Maria Odete Holanda Mariano 169
- 3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS DO ABATE DE BOVÍDEOS; UM ESTUDO NO ABATEDOURO-FRIGORÍFICO DE SÃO LUÍS – MA. Pedro Soares Alexandrino Neto; Carlos Ferreira Souza; Danilo Cutrim Bezerra; Nancyleni Pinto Chaves Bezerra 179

CAPÍTULO 4. TECNOLOGIAS PARA RESÍDUOS INORGÂNICOS

- 4.1 APROVEITAMENTO DO MATERIAL FRESADO NO REVESTIMENTO ASFÁLTICO DO BAIRRO MAIOBÃO EM PAÇO DO LUMIAR – MA. Lays do Nascimento Costa; Alessandro Resende Machado 191
- 4.2 ASFALTO DO TIPO CONCRETO BUTIMINOSO USINADO A QUENTE MODIFICADO COM POLÍMEROS POLIPROPILENO. Leticya Fernanda Azevedo Alves Araújo; Ricardo de Jesus Paixão Lima; Ramaiany Carneiro Mesquita; Cintia Leite Gonçalves 203
- 4.3 BENEFICIAMENTO DO TECIDO CHITA PARA CONFECÇÃO DE VESTUÁRIO. Hemilene Margarida Nogueira Alves; Ricardo Jessé Santana da Costa; David Guilhon; Helton de Jesus Costa Leite Bezerra 213

4.4	COMPÓSITO À BASE DE CONCRETO SIMPLES E PÓ DE MDF COM ADIÇÃO DE PLASTIFICANTES E SUPERPLASTIFICANTES. Aldenora Vieira Santos Neta; Ananda Costa Santos; Bruna Lemos; Helton de Jesus Costa Leite Bezerra	222
4.5	REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO ASFÁLTICO NA ESTABILIZAÇÃO MECÂNICA DE CAMADAS DE PAVIMENTO. Bruno Conde Passos; Carlla Rafaella de Barros Andrade; Iany Andrade Santos; Thalline dos Santos Batalha	234
4.6	SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO ASFÁLTICO DO PETRÓLEO POR ISOCIONATO NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA. Ricardo de Jesus Paixão Lima; Leticya Fernanda Azevedo Alves Araújo; Fabricio Morais Machado; Cintia Leite Gonçalves	243

CAPÍTULO 5. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

5.1	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UM COMPÓSITO SOLO-RESÍDUO-FIBRA. Suyanne Monteiro de Almeida; Kalinny Patrícia Vaz Lafayette; Michele Joyce Pereira dos Santos; Aléssia de Albuquerque Pedrosa	254
5.2	NOVAS ABORDAGENS PARA ISOLAMENTO DE PROTEÍNAS EXTRAÍDAS DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA PESQUEIRA. Vagne de Melo Oliveira; Felipe de Albuquerque Matos; Luiz Henrique Svintiskas Lino; Ana Lúcia Figueiredo Porto	264
5.3	OBTENÇÃO DE AGREGADO MIÚDO A PARTIR DO RESÍDUO DA CONCHA DE SARNAMBI (<i>Anomalocardia brasiliiana</i>). Guilherme Costa da Silva; Daniel Belo Paz Pinheiro; Thiago José Silveira da Silva; Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters	274
5.4	OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE SABÃO ARTESANAL A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA. João Victor Procópio de Souza Pereira; Gleidson Lins; Paulo Roberto de Freitas Silva; Ana Paula Lima Pacheco	286
5.5	PROCESSO DE SAPONIFICAÇÃO ARTESANAL EM COMUNIDADE DE OLINDA – PE; UMA AÇÃO SUSTENTÁVEL E EMPREENDEDORA. Flávia Garrett Azevedo; Flávia Gonçalves Domingues Ferreira; Gustavo José Luna Filho; Rildo Duarte Azevedo Filho	298
5.6	PURIFICAÇÃO PARCIAL DE PROTEASE COLAGENOLÍTICA A PARTIR DE AGRO-RESÍDUOS DA PISCICULTURA MARINHA ARTESANAL. Vagne de Melo Oliveira; Nathália Albuquerque Roberto; Luiz Henrique Svintiskas Lino; Ana Lúcia Figueiredo Porto	308
5.7	RECICLAGEM DE ÓLEO DE COZINHA; ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE SABÃO. Milena Jacira Silva de Moraes; Anderson Andrade Fontes; Talita Leão de Carvalho; Ana Paula Lima Pacheco	317

CAPÍTULO 6. ENERGIA

- 6.1 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO GLICEROL NA GERAÇÃO DE BIOGÁS. Fellipe José Reis Brandão; Paulo Marcelo Cavalcanti de Oliveira Souza; Sávio Henrique de Barros Holanda; José Fernando Thomé Jucá 331
- 6.2 CONCENTRAÇÃO DA OFERTA BRASILEIRA DE ELETRICIDADE A PARTIR DOS RESÍDUOS ANIMAIS E URBANOS. Edvaldo Pereira Santos Júnior; Paula Rose de Araújo Santos; Ana Lyvia Tabosa da Silva; Luiz Moreira Coelho Júnior 341
- 6.3 CONCENTRAÇÃO E CONGLOMERADOS DAS TERMOELÉTRICAS DE LICOR NEGRO NO BRASIL. Luiz Moreira Coelho Júnior; Edvaldo Pereira Santos Júnior; Priscila França Gonzaga Carneiro; Dalila Medeiros Araújo 355
- 6.4 DISPARIDADE E CONGLOMERADOS DA OFERTA BRASILEIRA DE BIOELETRICIDADE DOS RESÍDUOS FLORESTAIS. Luiz Moreira Coelho Júnior; Edvaldo Pereira Santos Júnior; Priscila França Gonzaga Carneiro; Dalila Medeiros de Araújo 366
- 6.5 DISTRIBUIÇÃO REGIONAL E CONCENTRAÇÃO DA BIOELETRICIDADE DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL. Edvaldo Pereira Santos Júnior; Ana Lyvia Tabosa da Silva; Paula Rose de Araújo Santos; Luiz Moreira Coelho Júnior 380
- 6.6 POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODAS URBANAS E REAPROVEITAMENTO POR MEIO DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS. Julie Brenda Santos da Silva; Glauber Cruz 393

CAPÍTULO 7. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

- 7.1 ANÁLISE DA DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS; ESTUDO DE CASO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA NO BAIRRO COHAB EM SÃO LUÍS – MA. Débora Danna Soares da Silva; Jeferson Botelho Rodrigues; Matheus Prudêncio Ericeira; Adeildo Cabral da Silva 407
- 7.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO NA ÁREA DE ATERRO EM NÃO CONFORMIDADE NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO – MA. Alessandra dos Santos Silva; Lucas Silva Moraes; Francisco Costa Santos; Karla Bittencourt Nunes 415
- 7.3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ALCÂNTARA – MA. Tatiana Cristina Santos de Castro; Samuel Soares Pimenta; Ana Carolina Soares Pimenta; Jéssyca Nathyele Araújo Lemos 425

- 7.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS EM ÁREA DESATIVADA NA ILHA DE SÃO LUÍS – MA. 437
Gilvanele Silva Oliveira da Silva; Vera Raquel Mesquita Costa; Kathery de Sousa Silva; Osman José de Aguiar Gerude Neto
- 7.5 ESTADO DA ARTE DOS MODELOS DE PREDIÇÃO DE GERAÇÃO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO. 447
Michelle Bellas Romariz Gaudie Ley; Leonardo Duarte Batista da Silva; Alexandre Lioi Nascentes
- 7.6 IMPACTOS ANTRÓPICOS E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE TRECHO DO RIO ESTIVA, MARECHAL DEODORO – AL. 460
Adelmo Lima Bastos; José Aparecido da Silva Gama; Dário Luiz Nicácio Silva; Taciana Rodrigues da Silva
- 7.7 UTILIZAÇÃO DE PIEZÔMETROS EM ATERROS SANITÁRIOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA. 469
José Ivan dos Santos Júnior; Renan Ítalo Leite Gurjão; Cláudio Luís de Araújo Neto

DOS ORGANIZADORES

479

DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE: DISCUSSÕES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

ARAGÃO JÚNIOR, Wilson Ramos
Universidade Federal de Pernambuco
wilsonramosaragao@hotmail.com

SANTANA, Rhaldney Felipe de
Universidade Federal de Pernambuco
rhaldneyfelipe.santana@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Universidade Federal Rural de Pernambuco
sorayaeldeir@pq.cnpq.br; sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

O Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos é um evento nacional organizado pelo Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco, da Universidade Federal Rural de Pernambuco que ocorre desde 2012. Neste ano foi a primeira vez que ocorreu em outro estado, na cidade de São Luis, no Maranhão, sob a organização da Universidade Ceuma. Ao longo destes anos, teve a participação de 1555 congressistas e a apresentação de 505 artigos organizados em 15 *ebooks* que estão disponíveis no site do Epersol e da EDUFRPE, além do site da UniCeuma. Sempre discutindo temas relevantes e atuais para o gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos, vem se consolidando num evento de envergadura nacional, com a presença de pesquisadores de todas as regiões do país. Nesta obra, tem-se uma abordagem sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, sob a óptica da sustentabilidade, amplamente em voga nas pautas mundiais. Assim, fazem parte desta obra trabalhos de cunho técnico-científico que entornam essa discussão, contribuindo positivamente para o desenvolvimento da sociedade do século XXI.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento; Tecnologias ambientais; Tratamento de resíduos.

1. EVENTO EM DADOS

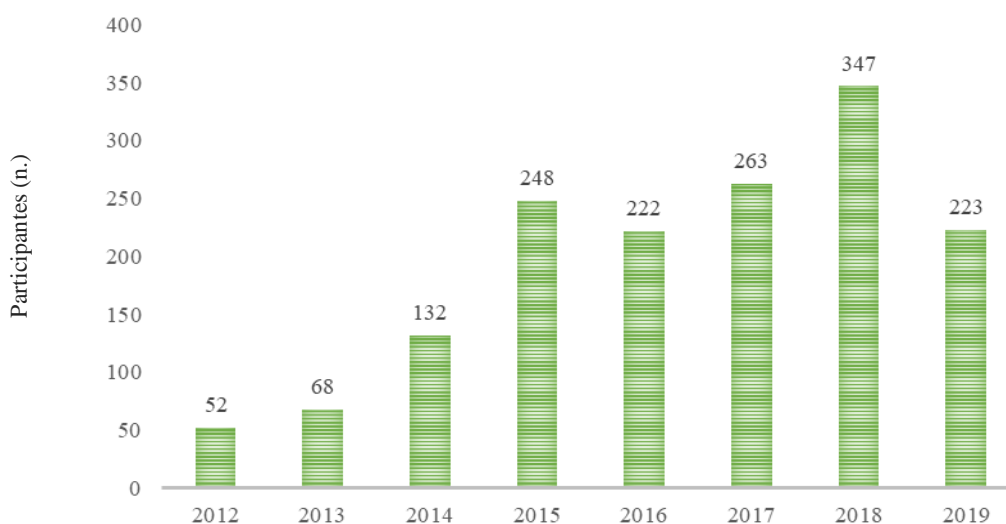
Neste ano, o Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos (CBRS) foi realizado na Universidade Ceuma, tendo sido a primeira vez que foi realizado fora da cidade do Recife – PE. Este evento tem como organizador técnico-científico o Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Este teve surgimento a partir do Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos – Epersol, que ocorreu em 2012 como um evento focado na realização de palestras e debates. Entretanto, desde 2013 o Epersol, no segundo ano, conta com a apresentação de artigos científicos agregados em 6 eixos temáticos. Em 2019 foram apresentados 82 artigos científicos, distribuídos nos 6 eixos temáticos, tendo havido o maior quantitativo dentro do eixo “Gestão integrada de resíduos sólidos” (Quadro 1). Todos os artigos estão organizados em dois ebooks, além de um capítulo extra sobre Desmaterialização.

Quadro 1. Quantitativo dos artigos por eixo temático do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos em 2019.

Eixos temáticos	Quantidade de artigos em 2019
Políticas públicas e legislação ambiental	5
Gestão integrada de resíduos sólidos	42
Educação ambiental e boas práticas	6
Responsabilidade socioambiental	7
Tecnologias limpas e inovadoras	20
Poluição e Degradação Ambiental	11

Em 2013, por apresentarem diversidade estadual, estimulou a estruturação do evento no formato de um Congresso Nacional. Desta feita, ano após ano, o Epersol vem elevando a participação de congressistas, da comissão técnico-científica e de monitores, aumentando o numerário dos interessados em questões relativas aos resíduos sólidos (Figura 1). Tal quantitativo reflete também o processo de acomodação a nova aceta do Congresso, que passa a ser itinerante, sendo organizado por outras instituições, mesmo que toda a questão da gestão dos artigos e *ebooks* seja mantida pelo Gampe/UFRPE. Assim, novos partícipes farão parte do Congresso, assim como as temáticas a serem abordadas trarão novas facetas, com o olhar das diversas regiões do país.

Figura 1. Numerário de participantes (congressistas, comissão técnico-científica e monitores) por ano de realização do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos

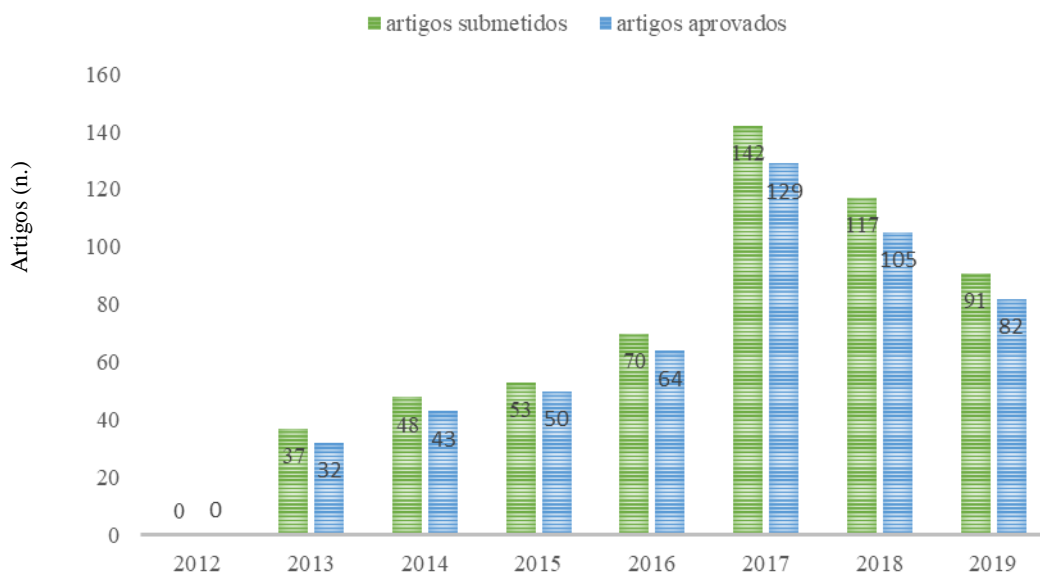


Com o objetivo de promover espaços de socialização e de debate do conhecimento produzido acerca da gestão de resíduos sólidos, o evento sempre contou com a participação de diferentes segmentos sociais e institucionais, desde a comunidade científica, a gestão pública, a iniciativa privada e as organizações não governamentais, com representações de todas as regiões do país. Neste ano foram 44 instituições de 18 estados.

Junto ao crescente interesse no tema, a partir de 2013, ano inicial da submissão de artigos científicos, ocorre uma elevação da quantidade até o ano de 2017, havendo uma diminuição do numerário face a inserção de critérios mais rigorosos no edital para os escritos (Figura 2). Figura 2. Quantificação dos artigos submetidos e aprovados no CBRS desde 2012 até 2019.

A busca de elevar a cientificidade dos escritos é um direcionamento a ser seguido pelos próximos anos, buscando aprofundar o referencial teórico e a fundamentação apresentada, assim como incentivar os pesquisadores a buscarem dentro dos *ebooks* publicados artigos que possam ser de interesse para a discussão dos dados. Acredita-se que desta forma os *ebooks* serão material usado por todas as universidades que tratam desta temática. Os artigos aprovados e apresentados no CBRS estão registrados em *ebooks*, disponíveis no site da Universidade Federal Rural de Pernambuco (www.ufrpe.br), como no site do Epersol (www.epersol.br).

Figura 2. Distribuição dos artigos submetidos e aprovados no CBRS desde 2012 a 2019



2. ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE NO EPERSOL 2018

O CBRS 2019, tanto pela temática abordada na discussão da Desmaterialização dos processos de geração de serviços e diminuição da geração de produtos materializados, buscou operacionalizar tal filosofia. Desta forma, estratégias para elevar a sustentabilidade do evento tiveram lugar.

2.1. PROJETO CARBONO ZERO

Reconhecendo a importância da necessidade de compensação das emissões de carbono, no ano de 2019, a Comissão Organizadora do **VI Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos** formada por técnicos e docentes da UniCeuma quantificou as emissões de GEE do evento, para assim neutralizá-las com o plantio de árvores nativas de São Luís (MA), cidade sede do evento. Foi utilizada a Metodologia do Guia de Inventários de GEE do IPCC (IPCC, 2006) e na Norma Brasileira para inventários de Gases de Efeito Estufa em empreendimentos, a NBR ISO 14064, contanto com 4 etapas, de acordo com o Relatório das emissões e neutralização dos Gases de Efeito Estufa do VI CBRS:

Passo 1: Levantamento das atividades e definição dos limites do projeto As atividades consideradas para os cálculos são ligadas ao setor de energia, resíduos e geração de efluentes realizadas antes e durante o evento. São estas energias elétricas, transporte (combustão móvel), gás de cozinha (GLP- combustão estacionária), geração de resíduos (orgânicos, inorgânicos e impressões) e geração de efluentes.

Passo 2: Definição de quais GEE serão incorporados ao trabalho. As emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) das atividades realizadas no evento serão quantificadas. Ao final, faz-se a conversão para a unidade padrão (dióxido de carbono equivalente – CO₂eq.) de acordo com o Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada gás de GEE trabalhado

Passo 3: Quantificação das emissões de GEE Energia: emissões de GEE advindas da combustão móvel, ou seja, do transporte dos veículos pertencentes à instituição e aos participantes do evento; e combustão estacionária, a partir do uso de gás liquefeito de petróleo (GLP). Além disso, serão contabilizadas as emissões de GEE oriundas da rede elétrica, consideradas indiretas;

Passo 4: Plantio de neutralização A partir da elaboração do inventário de emissões de GEE, será realizada a etapa de neutralização das emissões do evento. As árvores são conhecidas como grandes sumidouros de carbono terrestre e podem desempenhar este papel de neutralização, devido à sua atividade fotossintética. Tal capacidade de neutralização irá variar de acordo com fatores externos e intrínsecos à planta. Assim, seleção das espécies é baseada em suas características e sua inter-relação com o meio ambiente. Desta forma, serão plantadas espécies nativas da cidade de São Luís. Para a estimativa de fixação de CO₂ por indivíduo arbóreo, foram consultados diversos estudos relacionados à área, a fim de obter resultados confiáveis.

2.2. INSCRIÇÕES SUSTENTÁVEIS

Ainda no preceito da sustentabilidade, num processo de desmaterialização e imaterialização, o evento contou com as **Inscrições Sustentáveis**, onde era possível optar pelo não recebimento de material como pasta, bloco de papel e caneta, no ato do credenciamento. Essa ação foi marcante pela boa recepção recebida do público presente no evento, o que mostra que questões relativas a não geração de resíduos e a gestão adequada dos mesmos, estão sendo cada vez mais integradas ao cotidiano.

CAPÍTULO 1: EDUCAÇÃO

Quando se fala em problemas de ordem ambiental, não se devem ser levados em conta apenas os aspectos físicos e químicos de determinada localidade, mas também a conjuntura socioeconômica daquela região. A aproximação do fator sociológico das discussões ambientais é, ou deveria ser, um ponto estritamente levado em consideração na formulação de projetos e programas ambientais, uma vez que são as pessoas que regem a dinâmica do meio onde estão inseridas, sendo elas, portanto, a peça chave desse mosaico. O estado ambiental de determinada área é um reflexo de sua conformação social, cujos elementos (grau de escolaridade, faixa de renda, idade, religião, gênero) impactam, negativa ou positivamente, a relação Homem-natureza, onde se inserem os resíduos sólidos. A educação, portanto, tem potencial para trabalhar sobre esses elementos, agindo na conscientização e sensibilização das pessoas e, conseqüentemente, reduzindo conflitos.

Os trabalhos elencados neste eixo se mostraram de uma grande diversidade de abordagem, abarcando temas que vão desde o gerenciamento de resíduos sólidos em escolas até o cálculo da emissão de carbono como instrumento de educação em Instituições de Ensino Superior. Ademais, logística reversa, reciclagem de óleo de fritura, gerenciamento de resíduos sólidos em assentamentos rurais e educação comunitária também foram temas abordados nesta parte da obra, mostrando a diversidade de conteúdos que o tema “Educação” traz consigo, especialmente quando se fala em gerenciamento de resíduos sólidos.

CAPÍTULO 2: IMPACTOS AMBIENTAIS

Sejam em zonas rurais ou urbanas, os impactos ambientais e socioeconômicos advindos do mal gerenciamento dos resíduos sólidos, sejam eles de qualquer tipo, são inquestionáveis. O Brasil passou por alguns eventos alarmantes que reforçam essa afirmação, como o caso do Césio-137, em Goiânia, Goiás, na década de 1980 e, mais recentemente, os desastres de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais, em 2015 e 2019, respectivamente. Em menor magnitude, o descarte inadequado de resíduos sólidos em ruas, estações de metrô, rios e riachos e aterros em não conformidade também se configura em graves problemas ambientais, obviamente, ameaçando a saúde pública.

Um total de quatro artigos foram publicados nesta seção, a respeito de impactos ambientais ocasionados pelo descarte inadequado de resíduos sólidos em comunidades nos municípios de Recife e Olinda, Pernambuco, da relação entre aterro sanitário e risco aeroviário (devido à atração de aves) no Aeroporto Internacional do Recife, e do potencial poluidor de lava a jatos do município de Pombal, Paraíba.

CAPÍTULO 3: EFLUENTES

Essenciais à manutenção da biodiversidade e da qualidade de vida humana, os recursos hídricos, assim como os demais elementos naturais, têm passado por severos processos de degradação, em especial, devido ao grande aporte de resíduos (in)orgânicos neles despejados. Um dos casos que mais chamou a atenção mundial foi o do rio Tâmesa, na Inglaterra: quando, devido ao descuido da população inglesa, suas águas ficaram tão poluídas a ponto de ele ser considerado biologicamente “morto”, permanecendo assim por mais de 50 anos. Atualmente, a história do referido curso d’água é um caso de sucesso no que tange a recuperação de recursos hídricos, servindo de exemplo a diversas outras nações. Conservar a integridade da água vai muito além do fato de se ter belas paisagens: significa também preservar a vida na Terra, em todas as suas formas, e as atividades humanas, sejam elas culturais ou econômicas.

Os trabalhos inseridos neste capítulo tratam sobre diagnósticos dos resíduos químicos de laboratórios universitários, macrófitas aquáticas, gerenciamento de efluentes industriais, barragens de rejeitos de minérios e resíduos provenientes de abatedouros, evidenciando a pluralidade de temas que envolvem a gestão e o gerenciamento de efluentes, imprescindível à manutenção dos recursos hídricos no planeta.

CAPÍTULO 4: TECNOLOGIAS PARA RESÍDUOS INORGÂNICOS

Presentes nos mais diversos objetos usados atualmente pela sociedade, os resíduos inorgânicos têm grande capacidade de contaminar o meio natural, contudo, possuem elevado potencial de serem reciclados ou reaproveitados, o que estende o seu ciclo de vida e, conseqüentemente, adia a sua disposição final. Diversas indústrias têm se dedicado ao gerenciamento dos seus resíduos inorgânicos, isto é, à sua reciclagem, como tem acontecido com as fábricas de baterias automotivas, a fim de se evitar a extração de mais recursos naturais. Além da significativa redução de impactos ambientais, tal fato diminui os custos de produção e promove o desenvolvimento de novas tecnologias.

Os seis trabalhos que compõem o presente eixo trazem tecnologias de reaproveitamento de resíduos inorgânicos, em sua maioria, dedicados à construção civil, no tocante ao reaproveitamento de revestimentos asfálticos, de concreto e de pó de MDF; além da aplicação de tecido beneficiado na indústria têxtil.

CAPÍTULO 5: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Os Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) compõem cerca da metade da quantidade total de resíduos sólidos gerados no Brasil. Esse tipo de resíduo, constituído basicamente de restos de alimento, de poda e arborização, lodos residuais e restos mortais de animais, embora sendo formado por substâncias orgânicas, possui um grande potencial de contaminar os compartimentos ambientais, principalmente quando em associação com substâncias inorgânicas. Quando descartados de forma irregular, os RSO podem ainda contaminar eventuais resíduos recicláveis, inviabilizando o processo da reciclagem desses materiais. Tais fatos ressaltam a importância da não subestimação dos RSO na estruturação dos planos de gerenciamento de resíduos, e a necessidade de esforços técnico-científicos especialmente em grandes geradores, como o Brasil.

Neste capítulo, são apresentados sete artigos, que versam sobre o aproveitamento de óleo de fritura e de resíduos da indústria pesqueira, como a concha de mariscos. Este último vem despertando a atenção da comunidade científica, pois ainda não lhe foi dada outra destinação que não o simples descarte nas próprias áreas das comunidades onde os animais são coletados. Em suma, os trabalhos focaram na experimentação e na otimização de técnicas de tratamento de RSO, cujos produtos podem ser aplicados em diversas indústrias, como a da construção civil, por exemplo.

CAPÍTULO 6: ENERGIA

Fundamental à perpetuação das atividades humanas no planeta, nos seus mais diversos ramos, a energia tem sido alvo de vários debates acerca da sua sustentabilidade. Fontes mais comumente utilizadas, como hidrelétricas, nucleares e termelétricas, são as que mais têm se inserido nessas discussões, que tomam ainda mais peso quando se fala de eventos como os de Chernobyl, Fukushima e Belo Monte. Prezar pelo desenvolvimento sustentável na geração energética implica considerar outras tecnologias, como o aproveitamento de biogás e a geração de combustíveis derivados de resíduos, que já são realidade nos países desenvolvidos.

O aproveitamento de resíduos vegetais e animais para a geração de energia elétrica e a produção de biocombustíveis foi objeto dos trabalhos constantes nesta parte do e-book, ressaltando o potencial de utilização do que antes era visto como simples rejeito.

CAPÍTULO 7: DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

Fruto de uma sociedade baseada majoritariamente no consumismo, o grande volume de resíduos sólidos gerado diariamente em todo o mundo requer formas eficientes de tratamento: enquanto alguns países investem esforços na incineração e na reciclagem, outros, em geral menos favorecidos economicamente, tentam dispor, de forma ambientalmente adequada os seus resíduos,

isto é, enviá-los aos aterros sanitários, como é o caso do Brasil. No entanto, os aterros em não conformidade (“lixões” e aterro controlados) ainda são muito presentes no país, fugindo ao que foi estabelecido pela lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que determina a extinção dessas áreas irregulares e a consequente substituição pelos aterros sanitários. Assim, neste cenário de conformes e não conformes, faz-se necessário que sejam realizados estudos que acompanhem a situação de áreas onde havia ou há a presença de disposições inadequadas, especialmente no que tange a saúde humana e ambiental.

Por fim, a presente e última seção desta obra traz trabalhos que ativeram-se a discutir a configuração de áreas de descarte de resíduos sólidos, sejam elas aterros em não conformidade ou aterros sanitários, em geral, localizados no estado do Maranhão. Tais artigos abordaram tópicos como características pedológicas de áreas de descarte irregular e ainda o estado da arte da utilização de piezômetros em aterros sanitários e modelos de predição de lixiviado desses sistemas.

CAPÍTULO 1. EDUCAÇÃO

1.1 DESAFIOS DA QUESTÃO DOS REJEITOS EM UM ASSENTAMENTO RURAL NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

FALCON, Dario Rocha

Universidade Federal Rural de Pernambuco
dario_falcon@yahoo.com

SILVA, Renan Augusto Ferreira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

SIEBER, Shana Sampaio

Universidade Federal Rural de Pernambuco
shanasieber@yahoo.com.br

SILVA, Kleiton Bueno Bezerra da

Universidade Estadual de Campinas
kleiton.acre@gmail.com

RESUMO

Atualmente, a problemática dos resíduos sólidos nas zonas rurais é uma temática que vem ganhando cada vez mais espaço nas discussões ambientais, sendo um tema pouco trabalhado e discutido na sociedade. Nessas áreas, os moradores têm que optar por processos inadequados de tratamento dos seus resíduos, como a queima nos quintais, terrenos e áreas de vegetação. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi conhecer a gênese da problemática dos resíduos sólidos inorgânicos domiciliares no assentamento Carnaúba do Ajudante, no município de Serra Talhada – PE, de maneira a ancorar a sensibilização e o desenvolvimento de alternativas de forma coletiva. Como metodologia, foram realizadas entrevistas semiestruturadas e atividades participativas com os assentados. Para a maioria dos informantes, o despejo de resíduos vem diminuindo ao longo dos anos nas residências e no assentamento, principalmente em virtude da queima, sendo visto como algo ruim e inútil, habitualmente lançado no meio ambiente. A problemática dos resíduos sólidos se torna mais crítica com a morte de animais pela ingestão de sacolas plásticas e no descrédito dos habitantes nas ações governamentais. Conclui-se que a morbidez institucional na implementação de uma legislação específica compromete a gestão dos resíduos sólidos, tornando-se fundamental o fortalecimento e a organização de uma associação local com base na cooperação.

PALAVRAS-CHAVE: PNRS; Resíduos Sólidos; Comunidade Rural.

1. INTRODUÇÃO

Diagnosticar a realidade do mundo rural envolvendo a questão dos resíduos constitui-se nos dias atuais uma tarefa fundamental, tendo em vista a histórica escassez de ações que levem em conta tal perspectiva, fazendo do rural um lugar de invisibilidades e desafios, diante da responsabilidade dada à sociedade à crise ambiental vivenciada atualmente. Se hoje há uma tendência de se repensar o entendimento sobre o meio ambiente e o papel da atividade humana; problemas como produção indiscriminada (e irresponsável) de resíduos sólidos vem gerando grandes preocupações, que aumentam quali-quantitativamente devido ao “progresso” econômico, urbanístico, tecnológico e social, baseado na cultura do descarte (GOUVEIA, 2012; JACOBI, 2005). Nesse sentido, a questão dos resíduos sólidos ainda está associada a seus efeitos nocivos, que através dos seus agentes químicos, físicos e biológicos são danosos à saúde das pessoas e ao meio ambiente (FERREIRA; ANJOS, 2001). Só em 2017 o Brasil gerou 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos; um índice 1% superior ao do ano anterior, maior até mesmo que a taxa de crescimento populacional (0,77%) no mesmo período (ABRELPE, 2017).

A sociedade brasileira ainda vem amadurecendo acerca do tema dos resíduos sólidos. Com a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) foi suprida uma carência legislativa de longa data, a qual deixava brechas para atuação ilegal dos setores envolvidos, dificultando o gerenciamento e o financiamento de projetos na área. Utilizava-se o argumento da inconstitucionalidade das diversas resoluções, normas, portarias e leis, principalmente do Conselho Nacional do Meio Ambiente e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, totalmente pulverizadas no quadro legal nacional (NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2010; REVEILLEAU, 2011). A lei apresenta conduta inovadora, na medida em que segue a tendência mundial de valorização dos resíduos, atribuindo conceitos, metas e deveres, instrumentalizando suas ações por meio de princípios (tais como protetor-recebedor e poluidor-pagador) e ferramentas (tais como a logística reversa, responsabilidade compartilhada, Educação Ambiental, dentre outras), que atuam no meio público e privado, promovendo um novo quadro político-administrativo e de mudança social (REVEILLEAU, 2011).

No entanto, as áreas rurais ficaram esquecidas nesse processo; mesmo produzindo até 1,1 milhão de toneladas de resíduos domésticos todos os anos (IPEA, 2013), seus habitantes são obrigados a optar por queimar os resíduos a céu aberto, nos quintais ou nos terrenos baldios e nas matas, já que não possuem serviço de coleta disponível (CERETTA; SILVA, ROCHA, 2013; SANTOS et al., 2015; FREIRE et al., 2016; GADENZ, 2018). A literatura apresenta poucos trabalhos desenvolvidos sobre o tema dos resíduos sólidos nas áreas rurais, demonstrando problemas como fraca atuação política, pouca participação das comunidades locais, dificuldade de acesso, distância dos centros urbanos, e práticas inadequadas de descarte (JACOBI, 2003; MAZZA et al., 2014; RIBEIRO et al., 2010; SCHNEIDER, 2006).

Nessa perspectiva, a Educação Ambiental pode ser uma ferramenta eficaz se conduzida de forma horizontal e participativa, por ser uma educação crítica e emancipatória do meio rural capaz de se desenvolver junto às comunidades rurais, que tornam-se sujeitos da transformação, atores da própria realidade (BERNARDI et al., 2019; ZARKRZEWSKI, 2004). Para isso, é necessária uma educação não-formal, com metodologias que envolvam os agricultores e assentados, permitindo que sejam capazes de buscar novas alternativas condizentes com a sua situação (SOUZA; GONÇALVES; SOARES, 2011). Nesse sentido, partir da percepção ambiental desses atores pode ser essencial para subsidiar o processo educativo, através do que os pesquisados sentem, gostam e necessitam, alcançado pelos sentidos e assimilado subjetivamente (RIBEIRO; LOBATO; LIBERATO, 2009).

A percepção ambiental está relacionada aos aspectos físicos, sensoriais e psicológicos da recepção, que são captados por meio dos cinco sentidos e pelos processos cognitivos de cada indivíduo (BELL, 2001; DEL RIO, 1999). As percepções são processos psicológicos e mentais que organizam e interpretam as informações, através das interações dos indivíduos com o meio ambiente,

envolvendo mecanismos perceptivos e cognitivos, nos quais a mente organiza e representa a realidade (BOCK; FURTADO; TEIXEIRA, 1993; DEL RIO, 1999).

A representação é de fato o que se pode analisar e se aproximar (SIEBER, 2009; SILVA et al., 2010), buscando compreender como as pessoas entendem e percebem o ambiente, a partir das representações que elas fazem, individualmente ou como parte de um grupo, por meio de linguagens e símbolos (KOHLSDORF, 1999). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi problematizar a questão dos resíduos sólidos de um assentamento rural do sertão de Pernambuco, município de Serra Talhada, a partir do estudo da percepção ambiental dos assentados, analisando suas representações sobre o ambiente de forma contextualizada com a situação dos resíduos sólidos no assentamento, na direção de uma Educação Ambiental crítica no desenvolvimento de alternativas para a questão dos resíduos sólidos.

2. METODOLOGIA

O município de Serra Talhada compreende a microrregião do Sertão do Pajeú pernambucano e apresenta 4.216 propriedades rurais, segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2017). O Assentamento de Carnaúba do Ajudante está localizado em uma área de 570 ha a 18 Km da sede do município de Serra Talhada, no sentido de Água Branca, na represa do Açude Cachoeira. O assentamento é constituído por 20 famílias de agricultores, totalizando 88 pessoas que foram assentadas em lotes de 28 ha cada. A escassez de serviços públicos é evidente no assentamento, tais como a coleta de resíduos periódica, rede de esgoto, iluminação, serviços de saúde, água encanada, ruas e estradas asfaltadas. Sem um sistema de coleta de resíduos adequado, os assentados são obrigados a incinerarem os seus resíduos domiciliares a céu aberto, trazendo a questão dos resíduos sólidos como um problema fundamental nas discussões sobre o mundo rural.

O presente trabalho compreendeu duas etapas metodológicas que envolveram entrevistas semiestruturadas (GASKELL, 2007) junto com os assentados e oficinas participativas. Todas as etapas foram registradas através de uso de máquinas fotográficas e gravações de áudio.

Foram entrevistadas 20 pessoas, sendo 11 mulheres e nove homens, com idades que variam de 21 a 65 anos. Dentre os informantes, nove são analfabetos, sete possuem o Ensino Fundamental incompleto, dois possuem o Ensino Médio incompleto e dois possuem o Ensino Médio completo. As entrevistas semiestruturadas foram compostas por 25 questões abertas e duas fechadas, aplicadas a um membro de cada família, identificando, por essa metodologia, as representações das pessoas sobre a questão ambiental, partindo da problemática dos resíduos.

A segunda etapa da pesquisa foi conduzida por atividades baseadas em metodologias participativas, de acordo com Verdejo (2007), para análise qualitativa das informações e construção conjunta de alternativas em oficinas caracterizadas por discussões sobre os principais problemas e soluções que envolvem a questão dos resíduos na comunidade. Essas oficinas compreenderam a realização de exercícios didáticos com a utilização de ferramentas de estímulo visual, tais como construção de “mapas mentais” sobre o fluxo dos resíduos percebido pelos participantes, árvore de problemas para identificar alternativas para o impacto causado pelo acúmulo de resíduos e “travessia”, que envolveu visitas ao lixão do município, ao galpão da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Serra Talhada (Coopecamarest) e caminhada pelo assentamento, além da exposição de fotografias dos resíduos encontrados na comunidade para ajudar no processo de encontro com a realidade local. Estas oficinas tiveram um caráter didático que contribuiu para um processo de reflexão dos assentados sobre o universo dos resíduos e troca de experiências, com as visitas ao lixão e à cooperativa, importantes para uma construção coletiva de um diagnóstico dos resíduos sólidos no assentamento Carnaúba do Ajudante e para o início de um processo educativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A problemática dos resíduos sólidos compreende cada vez mais a realidade das comunidades rurais brasileiras, associada à inexistência de serviços públicos e o descaso dos gestores, que se impõem à prática da queima realizada pelas populações das áreas rurais. Os resultados demonstram que a maioria dos informantes (12) percebe que o lixo do assentamento e das suas casas tem diminuído com o passar dos anos, devido à queima dos resíduos nas propriedades e utilização de alguns materiais, como garrafas PET e vidro, no artesanato local:

Diminuiu. Porque antes a gente não sabia o que fazer com a garrafa PET, o plástico, e hoje a gente tem uma noção, [...], **separa o que precisa** (para o artesanato) (Seu Borges).

Diminuiu. Porque que a gente sempre que ajunta lixo **a gente queima** (Dona Benedita).

Nesse contexto, o papel da Universidade Federal Rural de Pernambuco foi fundamental. Através de um Projeto de Extensão realizado pelo Núcleo de Estudos e Práticas Agroecológicas do Semiárido, as mulheres do assentamento formaram um grupo de artesanato que trabalharam com material reciclável, em especial com o uso de garrafas PET.

No entanto, é interessante ressaltar que o aumento dos resíduos no assentamento não deixou de ser destacado por cinco entrevistados. Para eles, o fato da população estar aumentando no assentamento é um fator que contribui para o aumento da produção desses materiais. Esse aumento ainda pode ser a causa da perda de animais no assentamento, devido à ingestão de materiais plásticos jogados nos terrenos e matas do assentamento.

Aumentou. Porque **quanto mais pessoas na casa, mais gera mais lixo.**” (Seu Jorge).

“Eu acho que **aumentou**, porque [...] aqui mesmo criava muito bicho aqui dentro (do lote) e **era difícil você vê um bicho morrer com problema de negócio de plástico** [...]. Mas aqui só em um ano eu perdi dois bicho aqui por causa do plástico, não foi nem dentro da terra mesmo, foi fora, saía e comia (sacola de plástico) (Dona Flor).

O uso de sacolas plásticas de supermercados em substituição aos sacos de papel foi indicado pelos informantes como um aspecto marcante, importante para uma reflexão da questão ambiental dos dias atuais. Além da consciência do aumento da produção de sacolas plásticas, os informantes expressaram a dificuldade da sua decomposição, demonstrando certa noção referente aos problemas ambientais vivenciados no assentamento. Seu Clementino expressa esse aspecto na entrevista:

Aumentou. [...] quando você vem da rua, a mercadoria que você compra só vem em sacola plástica. Porque de primeiro **não juntava tão lixo que nem ajunta hoje, por causa das vasilhames (embalagens) [...] era feita de papel.** Você sabe que papel vira adubo na terra. O lixo mais pior que tem no mundo é o lixo de plástico, porque ele não se destrói, não se decompõe assim tão fácil no meio ambiente, só aquelas mochilas [...] biodegradável [...] (Clementino).

De um ponto de vista semântico, “lixo” estaria associado a um material inútil, que deve ser descartado, jogado fora, aquilo que não presta, ou seja, um material carregado de nocividade e periculosidade que não vai fazer falta, cuja presença é dispensável e indesejável (WALDMAN, 2010). Para algumas pessoas de Carnaúba do Ajudante, lixo é tudo aquilo que não se usa mais, que pode ser jogado fora (no lixo?), tudo aquilo que traz doença e poluição, ou seja, destrói a natureza. Nesse sentido, o que pode ser jogado fora deve ser jogado no lixo, ou seja, descartado em lugar público.

O lixo é plástico, **é tudo aquilo que você não usa mais**, é uma cadeira velha, uma cama, um pano, tudo isso contribui pro lixo [...] (Dona Maria).

Destrói a natureza! (Dona Carla).

O lixo é uma coisa que a pessoa **junta e joga fora** (Dona Josefa).

Lixo **é sujeira**, sujeira **nunca traz nada de bom**, só traz doença e poluição [...] (Dona Rose).

Esta é uma representação do cotidiano que confere à percepção dos resíduos um caráter desqualificante referente a uma percepção cultural com um histórico bem definido, embora este não possa ser aferido unicamente a partir de critérios objetivos e valores pejorativos e estereotipados. Com a noção de resíduos sólidos, alcança-se uma releitura conceitual capaz de dinamizar esta concepção, possibilitando interpretações que vão além do rótulo de “materiais inúteis” até alcançarem um prestígio considerável nas últimas décadas, no âmbito de uma codificação jurídica e de um universo técnico-operacional (WALDMAN, 2010).

Uma releitura de uma concepção negativa reside no potencial do “lixo” na geração de renda. O artesanato da comunidade e a venda de latinhas de alumínio são práticas que podem se tornar alternativas para geração de renda das famílias, e 18 entrevistados acreditam nessa opção. A reutilização de vidro, plástico ou embalagens e, ainda de garrafas PET, também foi destacada pelos entrevistados, 14 deles. As garrafas PET são utilizadas no artesanato local, na fabricação de puffs ou para armazenamento de sementes.

Algumas coisas eu acho que pode. A **garrafa PET e a latinha, ferro se tivesse como juntar e vender** (Seu Jorge).

[...] **gera que [...] de lixo a gente tá ganhando**, ou pouco ou muito a gente tá ganhando. Porque a gente tá trabalhando (no artesanato) com eles (o lixo) (Dona Cita).

Nesse sentido, o assentamento de Carnaúba do Ajudante já construiu um hábito quando se leva em consideração o aproveitamento das sobras das refeições. O reaproveitamento dos restos de comida na alimentação animal ou como adubação orgânica é prática relatada por todos os entrevistados e encontrada em alguns artigos sobre os resíduos domésticos produzidos por comunidades rurais (CERETTA; SILVA; ROCHA, 2013; ROCHA et al., 2012; SILVA, 2015; SILVA et al., 2014).

No entanto, a prática de queimar os resíduos produzidos nas residências (papel e plástico) é comum no assentamento e em muitas comunidades rurais, como os casos dos estudos de Ceretta, Silva e Rocha (2013), Freire et al. (2016) e Rocha et al. (2012). Vidro e metal, como não são destruídos facilmente na combustão, são separados e colocados em locais afastados ou escondidos, seja em um buraco ou em meio à vegetação, quando não jogados em qualquer localidade, por falta de um espaço adequado para a sua destinação. Diante da falta de alternativas para a destinação dos resíduos, os assentados se dizem forçados a praticar a queima dos resíduos secos, mesmo não sendo a alternativa mais adequada.

O mais adequado, que eu acho, é tocar fogo. **Se tivesse um coletivo** eu acho que era mais fácil. Porque se a pessoa for amuntuar com um pouco tá um lixão (Clécio).

Porque é mais melhor do que a gente jogando fora, porque [...] o vento vai espalhando ele (o lixo). E a pessoa colocando ele num canto ali, botando fogo, é melhor porque ele se acaba (Dona Benedita).

Quanto à nocividade do descarte incorreto dos resíduos à saúde humana, a percepção dos entrevistados (todos) demonstra conhecimento de algumas doenças e sintomas, assim como o efeito de aglomeração de insetos devido ao acúmulo impróprio de resíduos. Assim, insetos, dengue, dor de cabeça, diarreia, vômito, febre, e várias outras coisas são apontadas pelos informantes, além dos já mencionados danos causados aos animais nativos, que ingerem sacolas plásticas. Os animais (ratos e

baratas) são atraídos pelos restos de alimentos que ficam grudados nas embalagens dispersas livremente no ambiente.

Para buscar alternativas, “Como seria o projeto ideal para melhorar o futuro da comunidade?” é uma das perguntas-chave para problematizar a questão do lixo no Assentamento de Carnaúba. Os assentados externalizaram a necessidade de programas de reciclagem e coleta seletiva, suporte de coletores e periodicidade nas coletas como solução para melhorar a relação entre comunidade e o meio ambiente. Nesse sentido, a preocupação com o destino dos resíduos da comunidade permeia as expectativas:

Um projeto de **reciclagem** e para essas outras coisas que não se encaixam na reciclagem que tivesse uma **coleta**, pelo menos uma vez por mês. Um projeto para compra de baldes [...] para ajudar na contenção desse lixo [...] pra colocar (o lixo) e um dia por mês ou trimestral passar um carro e levar esse lixo da associação (Seu Zé).

Em meio a uma série de dificuldades apontadas pelos informantes além das relacionadas à saúde pública e infraestrutura, a ausência governamental parece indicar uma expectativa da comunidade na assistência pública. Da mesma maneira, Brito et al. (2019), Moura et al. (2017) e Silva et al. (2016), relataram a necessidade dos gestores públicos atuarem na problemática dos resíduos sólidos no meio rural.

Uma ajuda do governo [...], alguma verba, um maquinário [...] pra plantar o milho, o feijão. Tudo depende disso aí, **mas nós nunca tivemos ajuda nenhuma do governo** sobre isso aí [...] (Seu Zé)

A percepção dos assentados indica um posicionamento que vai desde uma responsabilidade individual com o lixo produzido em cada residência até uma Educação Ambiental que envolve informação, esclarecimento e conhecimento de toda a comunidade.

Só se cada um cuidasse do seu lixo e não ficasse jogando, espalhando o lixo. Cuidasse dele ou juntasse pra queimar num canto ou então juntasse pra ver qual o meio que ele ia dá fim [...] (Dona Benedita).

Porque se eu for na casa do vizinho mandar ele ajuntar o lixo daqui a pouco tá todo mundo com raiva de. Aí cada um tem que ter a consciência de tomar a responsabilidade do lixo de si próprio (Dona Rose).

Acho que a única forma que a gente tem de ajudar é **esclarecendo os outros**. Porque assim, se eu faço e o outro ali não faz, não tem como (Cícera).

Tentar mostrar para as pessoas que o lixo não só é prejudicial para a gente, mas também para o meio ambiente (Chico).

Aqui se desenvolve um processo reflexivo sobre cada atitude, do simples fato de ir até a cidade fazer compras e trazer o resíduo de um ambiente urbano (sacolas plásticas, por exemplo) para um ambiente rural, indicando uma responsabilidade que é compartilhada no momento das entrevistas.

O responsável somos nós, nós traz ele da cidade de alguma coisa que compra [...]. Quem trouxe da cidade [...] (Dona Josefa).

Da cidade. [...] os **consumidor que vai pra rua e traz** o lixo de lá, a embalagem plástica que traz em um alimento, tá trazendo lixo (Clécio).

Nesse sentido, passando de alternativas mais estruturais dependentes de ações governamentais, para medidas mais internas da comunidade, um processo de auto-reflexão é iniciado, indicando a necessidade de informação, conhecimento e responsabilidade, uma responsabilidade que pode ser pensada num processo educativo, já que a universidade está envolvida. A Educação Ambiental aqui pode ser inferida e se mostra integrante na medida em que a importância da Caatinga é assumida pela

população, indicada por todos os informantes, como fonte de matéria-prima como madeira, lenha, cerca e alimentação animal além de um espaço propício para o roçado e sombra para os animais.

Por causa da natureza [...], **principalmente dos bichos** e é uma das áreas que nós devemos tentar preservar, a Caatinga (Seu Borges).

É importante sim. Pra a **sobrevivência da pessoa**, pra pessoa respirar um ar puro. O vento da Caatinga é um vento que tem “aroma”, um “aroma” sadí. Se fôsse na cidade você só ia respirar sujeira, poluição e aqui a poluição só se nós quiser fazer mesmo [...] (Seu Léo).

Apesar de três entrevistados indicarem que a comunidade contribui para o desenvolvimento sustentável, 13 deles nunca ouviram falar nessa temática. Dos que já tiveram contato com o tema, acessaram através de rádio, televisão e programas de Organizações Não Governamentais (ONG) como o Centro de Educação Comunitária Rural ou pelo Sindicato de Trabalhadores Rurais. É interessante destacar que apesar de não ter sido desenvolvido o conceito consagrado de desenvolvimento sustentável, que de acordo com o Relatório Brundtland¹, “Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRÜSEKE, 1994), um dos entrevistados revelou um aspecto interessante sobre a temática: “*É quando você começa a **conviver de acordo com a natureza**, você desenvolve, mas também não agride a natureza.* (Clóvis).

Como encontro dos atores com a realidade, foram propostas diversas atividades participativas, surgidas na necessidade das relações entre meio ambiente e educação por meio do progresso do saber, mudança de ânimo, sensibilização, estímulo ao ceticismo e participação dos educandos (JACOBI, 2005). A etapa da travessia consistiu em uma visita ao lixão do município de Serra Talhada – PE (Figura 1), e à Coopecamarest. Na primeira visita, os participantes viram um cenário representativo da temática em questão – o resíduo – onde foi instigado aos participantes a se encontrarem no que estavam vendo, reconhecendo resíduos que são descartados, que fazem parte da sua rotina de vida. O deslocamento pelos montes de resíduos, muitas vezes em decomposição e com mau cheiro, trouxe um impacto para os participantes, que observaram também a presença de catadores (homens, mulheres e crianças) junto aos animais no lixão. Agora, os resíduos não eram vistos apenas como algo inútil, imprestável, que deve ser descartado de qualquer forma, mas como pertence de responsabilidade individual que precisa ser tratado de outra forma.

Figura 1. Visita no lixão municipal.



¹Publicado em 1987 e também conhecido como Nosso Futuro Comum, este documento é resultado de debates sobre o modelo de desenvolvimento adotado pelos países desenvolvidos, além consolidar o conceito de desenvolvimento sustentável como: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

Na visita à Coopecamarest, a reciclagem foi destacada como uma alternativa à questão do resíduo. O que antes era visto como sujeira e inutilidade, tornou-se trabalho para algumas pessoas, modificando as concepções sobre o conceito de resíduo. Da comunidade rural à cooperativa de reciclagem, os agricultores e agricultoras conheceram os catadores e observaram o ambiente de trabalho da cooperativa, as máquinas e os depósitos, conscientizando-se sobre a sua responsabilidade social e ambiental.

Através da construção do mapa mental, a questão dos resíduos sólidos foi problematizada de forma contextualizada com o desenho da comunidade, suas casas e o ambiente, através da identificação de focos de resíduos em cada espaço. Foi pedido a cada participante que marcasse com um “x” os locais de suas residências onde havia lixo espalhado/depositado, descrevendo o tipo de material ali presente. Desta forma o mapa serviu de orientação para que fossem feitas visitas *in loco* e tiradas fotografias dos resíduos sólidos presentes nos locais indicados, para posterior confronto com a concepção de lixo já indicada pelos assentados. Tal atividade proporcionou a discussão e reflexão dos participantes sobre esses espaços, trazendo à tona problemáticas referentes aos resíduos sólidos, que estimulou uma sensibilização (Figura 2). Este aspecto pode ser observado na fala de uma das participantes:

A enchente traz e deixa dentro dos vaiceiro. Que eu já achei... que eu já achei detergente no vaiceiro, lá... eu vi em ‘Fulano’... Já achei água sanitária, um balde novinho eu já achei (Dona Mocinha).

As declarações supracitadas evidenciam a poluição no rio sazonal da comunidade. No assentamento, onde se lava a roupa às margens de rios ou corpos d’água, é comum que haja o descarte de materiais de limpeza no próprio local. Assim, quando há correnteza ou chuva forte, ocorre o carreamento e depósito dos resíduos sólidos para locais de região mais baixa. Este aspecto é também destacado no trabalho de Ribeiro et al. (2010).

Figura 2. A. Mapa após o término de sua construção. As regiões marcadas com “x” de cor preta correspondem a zonas de deposição de lixo. B. Fotografias dos resíduos tiradas nas localidades apontadas no mapa mental.



O ato de queimar o lixo, tão comum nas zonas rurais, é corroborado pelo relato dos atores, havendo mais de um local por residência para queima dos resíduos:

É! Jogo lá e toco fogo. **Eu queimo. O máximo que posso** (Dona Carla).
Acho que na frente da casa tem um pouco, que tem algumas garrafa que **o vento carrega** (Margarida).

Quando não se consegue queimar todo o resíduo, o vento leva o que sobra para outros lugares do terreno, espalhando o material em outras áreas. O fato é que o tratamento inadequado do resíduo local, causa a exposição do material no meio ambiente, trazendo prejuízos às pessoas e aos animais. Para Ferreira e Anjos (2001), agentes químicos e físicos como gases e odores provindos do resíduo, estruturas pontiagudas, líquido de baterias e pilhas, metais pesados e produtos de limpeza, são

capazes de interferir na saúde humana e na natureza, devido ao manuseio ou às suas próprias características.

Dentre os materiais descritos pelos moradores como lixo, os mais comuns foram garrafas de vidro, PET, mochilas, ferro em geral e latinhas. Estes foram confrontados com os resultados do trabalho *in loco* e com as falas dos participantes durante a realização da metodologia. Os assentados relataram materiais comumente descartados e não incluíram no mapa materiais de desvencilhamento não casual, como restos de bicicletas, fogões velhos, extintor de incêndio, giletes, televisão, peças de moto, gaiolas, móveis, capacete, carrinho de bebê, dentre outros resíduos demonstrados através das fotografias. A exposição das fotografias desconstruiu as noções de culpa já enraizadas pelos habitantes – o responsável não é o vento, as crianças ou os bichos, e sim a comunidade como um todo. Para Eckert, Victor e Coelho (2016), trabalhos com fotografia proporcionam a reflexão sobre os elementos, permitindo direcionar o processo de construção coletiva do conhecimento, acesso a novos conceitos e a identificação de possíveis espaços de problematização e intervenção. Através da árvore de problemas identificaram-se a falta de respeito, união e consciência como obstáculos para o gerenciamento dos resíduos sólidos locais, representativos de individualismos que dificultam processos associativos e cooperativos.

A venda de produtos alimentícios sem a disponibilização de um local adequado para deposição do lixo gerado foi um dos problemas destacados, juntamente com um de seus efeitos que é o transporte destes materiais pelo vento. Assim, os próprios assentados veem a necessidade de se debater a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, como o discutido abaixo:

Solta fora e o vento carrega. **A culpa... Não** (Não é só de quem vende). **A culpa também é da gente que solta o lixo fora.** Porque se a pessoa se organizasse pra não espalhar o lixo, sempre quando tá dentro de casa não vai ter como o vento carregar (Dona Cita).

Nesse sentido, a pouca instrução relativa às problemáticas dos resíduos sólidos foi identificada como fundamental para ser trabalhado, pois não há informação sobre práticas simples, como guardar o resíduo momentaneamente para posterior descarte adequado. A respeito disso, os participantes deram a solução:

Orientando a não jogar (o resíduo)... e os próprios pais também não jogar pra poder não dá um mal exemplo pros filhos (Constância).
Quando eu for no supermercado fazer minha compra, diminuir [...] (a quantidade de) **mochila.** “Pronto meu amigo, vamo colocar isso aqui que num vamo precisar dessa mochila não”. Só se for assim porque se for trazer da cidade pra cá não tem como diminuir (Seu Léio).

Também foi discutido sobre algumas ações de pessoas externas ao assentamento, que utilizam algumas áreas rurais para descarga de resíduos e desovas, acumulando materiais na beira das estradas e na vegetação, que são levados pelo vento e chuva para locais mais distantes, prejudicando os moradores e o meio ambiente. Aspecto semelhante é encontrado nas estradas que dão acesso ao assentamento, as chamadas “rodagens”, que possuem resíduos sólidos ao longo do seu trajeto, muitas vezes lançados por condutores ou passageiros durante deslocamento:

Olhe, naquela entrada que entra pra cá, os cara de caminhão... eu já vi, eu vim atrás dos **cara vem com as sacola de lixo e joga no meio da cana.** Pode olhar, se num tem muito saco de lixo aí no meio da pista (Seu Chico).
Eles joga... é papel véi, vejo os caba bebendo, **joga o litro aí no meio da Caatinga... lata de cerveja. A consciência deles não tem isso aí, que aquilo ali prejudica alguém** descalço, corta uma pessoa, corta um pneu (Seu Chico).

Somada aos demais, a falta de coleta seletiva ou comum foram um dos pontos mais debatidos. Os participantes demonstraram ter conhecimento sobre coleta, mas se sentem impotentes perante a

carência de alternativas para sua implantação. Da mesma forma que no trabalho de Silva et al. (2014), é perceptível a adoção de uma visão paternalista do Estado, como principal responsável para a resolução dos problemas. Para Jacobi (2003), a carência de atividades que exercitem o censo crítico dos cidadãos, de modo a apropriá-los de conhecimento associado à gestão ambiental, causa a visão errônea de dependência e ausência de deveres, não contribuindo para a formação de culturas moldadas na participação e incentivos de cunho ambiental.

Medidas mitigatórias foram propostas de forma a construir uma gestão de resíduos sólidos rurais, considerando as várias alternativas elencadas como direcionamento comum rumo à cooperação de toda a comunidade. A diminuição do consumo e o abandono das sacolas plásticas foram uma das soluções viáveis encontradas, principalmente para evitar a morte de animais por ingestão desse tipo de material. Foi sugerida também a implantação de lixeiras pelo assentamento, bem como a presença de um tambor nas residências para os não recicláveis, como lixo de banheiro, evitando a queima em mais de um local e a dispersão de resíduos pela área.

Vai ter que **queimar** (Dona Cita).

Pegar **um balde de duzentos litros**, botar num canto assim... (Clementino).

[...] lixo que vai ser gerado não vai ser tanto assim. **Acho que um tambor... se junta três família** [...] (Seu Jorge).

Um dos pontos centrais consiste na ideia do mutirão de limpeza, onde no decorrer da coleta de todo material disperso, os assentados poderão ter uma percepção aguçada da proporção de lixo produzido pelos mesmos, e do quanto havia no ambiente. Este tipo de ação foi percebido como apenas um paliativo, não sendo considerada como solução estrutural.

Eu tenho um exemplo bem facim, é a mesma coisa que juntar todo mundo e dizer: Oh vamo almoçar!" De tarde nois num vamo almoçar de novo? Se nois num tiver a consciência de deixar do almoço pra janta, quando for de tarde nós tamo com fome. A mesma coisa acontece hoje, **se o caba juntar todinho hoje e amanhã começar a soltar de novo, quando for amanhã vai ter que juntar de novo!** (Seu Jorge).

4. CONCLUSÕES

Ainda pouco se faz em relação à problemática dos resíduos sólidos inorgânicos domiciliares na comunidade, que sofre com o descaso da gestão pública, seja de âmbito municipal ou legislativo. Nesse sentido, a questão dos resíduos no Assentamento Carnaúba do Ajudante transcende o conceito de resíduos sólidos, manifestando-se de forma integrada a problemáticas mais gerais do que alternativas de coleta de lixo, tais como relacionadas à situação de sua infraestrutura, como pavimentação de estradas e transporte e áreas propícias para o trabalho de coleta seletiva. No âmbito da sociedade civil a invisibilidade da questão dos resíduos sólidos também se manifesta, uma vez que as ONG's não versam sobre a temática dos resíduos, nem possuem atuação concreta na assistência das famílias rurais.

A experiência do presente trabalho demonstrou um processo interessante rumo à Educação Ambiental crítica, a partir da sensibilização das pessoas, os gestos, as falas, as reflexões que eram expressadas nos momentos de discussões, possibilitando uma oportunidade de problematização da questão dos resíduos no assentamento, enquanto coletivo. As oficinas participativas conduzidas no assentamento possibilitaram esta discussão, com a construção de um mapa mental representativo do assentamento inteiro, reproduzindo o resíduo de cada propriedade em um momento de reconhecimento. Cada um ali se viu no mapa que foi construído e confrontou com a realidade, problematizando uma realidade diferente, que não era percebida ou reconhecida.

Identificar e discutir problemas e construir soluções de forma participativa para a problemática dos resíduos sólidos no assentamento compreendeu um momento de reconstrução, proporcionada pela árvore de problemas. Nesse momento, apresentava-se algumas questões centrais da presente discussão: a falta de organização e de um espaço coletivo para encontros e reuniões da

associação, e de um local adequado para deposição do resíduo. Mas como encontrar alternativas viáveis? As alternativas encontradas foram: a implantação de coleta seletiva, a diminuição do consumo de sacolas plásticas, a implantação de lixeiras pelo assentamento e tambores nas residências para os não recicláveis, a definição de um local para o armazenamento dos recicláveis com potencial artesanal e a construção de placas de caráter informativo, espalhadas em pontos críticos. Mas como efetivar uma coleta seletiva diante da impotência dos envolvidos? Impotência dos gestores municipais e impotência de uma visão cooperativa dos assentados. A questão da cooperação torna-se determinante para próximas ações.

REFERÊNCIAS

- Abrelpe. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2017. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/>>. Acesso em: 13 maio 2019.
- BELL, S. Landscape pattern, perception and visualisation in the visual management of forests. **Landscape and Urban Planning**, v. 54, p. 201-211, 2001.
- BERNARDI, D.; MUNARETTO, D.; CORDEIRO, N. K.; SANTOS, C. O. Gestão de resíduos sólidos no meio rural: um levantamento em municípios do Oeste Catarinense. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v.14, n.2, p.119-132, 2019.
- BOCK, A. M. B.; FURTADO, O.; TEIXEIRA, M. de. L. T. A psicologia social. In: _____. **Psicologias: uma Introdução ao Estudo de Psicologia**. São Paulo: Editora Saraiva, 1993. 320 p.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- BRITO, A. F. S.; NOGUEIRA, E. M. S.; SILVA, L. M.; SILVA, T. A. Educação Ambiental como subsídio para reutilização de resíduo sólido rural no município de Glória – BA. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: os Desafios da Gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p.146-154.
- BRÜSEKE, F. J. A economia da sustentabilidade: princípios. O problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. (Org.). **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. Recife: Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, 1994. p. 29-40.
- CERETTA, G. F.; SILVA, F. K.; ROCHA, A. C. Gestão Ambiental e a problemática dos resíduos sólidos na área rural do município de São João – PR. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v.6, n.1, p. 17-25, 2013.
- DEL RIO, V. Cidade da mente, cidade real: percepção ambiental e revitalização na área portuária do Rio de Janeiro. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. (Orgs.). **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. 2ª ed. São Carlos: Studio Nobel: Universidade Federal de São Carlos, 1999, p.3-22.
- ECKERT, N. O. S.; VICTOR, N. C. S. T.; COELHO, A. S. Fotografia como ferramenta para a percepção ambiental de alunos do ensino fundamental no Pontal do Peba, Alagoas. **Simpósio Internacional de Educação e Comunicação**, n.7, 2016.
- FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Caderno de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.
- FREIRE, E. A.; ROLIM, F. S.; LUSTOSA, J. P. G.; SOUSA, F. J. D. A problemática da destinação dos resíduos sólidos no território rural: o caso do Sítio Boi Morto. **Ciência e Sustentabilidade**, v.2, n.2, p. 51-62, 2016.

GADENZ, L. C. **O descarte dos resíduos sólidos e seu impacto na saúde dos moradores do assentamento Filhos de Sepé em Viamão, Rio Grande do Sul.** 2018. 51f. Monografia (Especialização em Saúde Pública) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som: um manual prático.** 6ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2007.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva.** v. 17, n.6, p. 1503-1510, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6635#resultado>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2013. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Setor Agrossilvopastoril: Resíduos Sólidos Inorgânicos.** Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/130531_relatorio_diagnostico_residuos_agrossilvopastoril.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2015.

JACOBI, P. Educação e meio ambiente: transformando as práticas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental,** p. 22-35, 2005.

_____. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa,** n. 118, p. 189-205, 2003.

KOHLSDORF, M. E. Brasília em três escalas de percepção. In: DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. **Percepção ambiental: a experiência brasileira.** 2ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 1999. p. 39-60.

MAZZA, V. M. S.; MADRUGA, L. R. R. G.; ÁVILA, L. V.; PERLIN, A. P.; MACHADO, E. C.; DUARTE, T. L. Gestão de Resíduos Sólidos em Propriedades Rurais de Municípios do Interior do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente,** v.7, n.3, p. 683-706, 2014.

MOURA, F. M.; ALVES, A. O.; LIMA, M. A. B.; GALDINO, R. M. N. Gerenciamento de resíduos agrossilvopastoris no assentamento rural Pitanga II, Abreu e Lima – PE. In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. **Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável.** 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2017. p.162-170.

NASCIMENTO NETO, P.; MOREIRA, T. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos – reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais,** n. 15, 2010.

REVEILLEAU, A. C. A. A. Política Nacional de Resíduos Sólidos: aspectos da responsabilidade dos geradores na cadeia do ciclo da vida do produto. **Revista Internacional de Direito e Cidadania,** n. 10, p. 163-174, 2011.

RIBEIRO, F. S.; CARMO, J.; MARQUES, R. M. B. S.; FERREIRA JÚNIOR, H. **Os possíveis impactos causados pelo aumento do lixo rural.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Instituto de Energia e Eletrotécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

RIBEIRO, W. C.; LOBATO, W.; LIBERATO, R. de C. Nota sobre fenomenologia, percepção e educação ambiental. **Revista Sinapse Ambiental,** v. 6, p. 42-65, 2009.

ROCHA, A. C.; CERETTA, G. F.; BOTTON, J. S, BARUFFI, L.; ZAMBERLAN, J. F. Gestão de resíduos sólidos domésticos na zona rural: a realidade do município de Pranchita – PR. **Revista de Administração da UFSM,** v. 5, n. 4, p. 702-705, 2012.

SCHNEIDER, V. E.; FINOTTI, A. R.; PANAROTTO, C. T.; DALCIN, R.; BERTOLINI, E. G.; PERESIN, D. Resíduos sólidos no meio rural: análise dos sistemas de gerenciamento utilizados em 33 municípios da Serra Gaúcha – RS. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006. *Anais...*

SANTOS, S. J. A.; PEREIRA, F. C.; MOREIRA, A. A. D.; CAMPOS, C. L. Disposição dos resíduos sólidos domésticos no meio ambiente em comunidades rurais do município de Picuí, Paraíba. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, 5., 2015. *Anais...* La Plata: SOCLA, 2015. p.1-5.

SIEBER, S. S. **Diagnóstico etnobotânico participativo sobre o uso de plantas medicinais e representações da paisagem em uma área do semi-árido de Pernambuco (Nordeste do Brasil)**. 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, T. C.; CRUZ, M. P.; ARAÚJO, T. A. S.; SCHWARZ, M. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA; R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. **Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica**. Recife: NUPEEA, 2010. p. 463-480.

SILVA, R. A.; FÉLIX, K. K. F.; SOUZA, M. J. J. B.; SIQUEIRA, E. S. A gestão dos resíduos sólidos no meio rural: o estudo de um assentamento na região nordeste do Brasil. **Gestão e Sociedade**, v. 8, n. 20, p. 259-613, 2014.

SILVA, P. X. **Análise de falhas organizacionais em um projeto de reaproveitamento de resíduos orgânicos para a alimentação animal**. 2015. 122f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SILVA, R. A. F.; SIEBER, S. S.; FALCON, D. R. Composição gravimétrica de resíduos sólidos inorgânicos domiciliares gerados no assentamento rural Carnaúba do Ajudante, Serra Talhada – PE. In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. **Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016, p. 476-485.

SOUZA, J. C. M.; GONÇALVES, L.; SOARES, A. M. D. A educação ambiental na recuperação e conservação de recursos naturais. **Campo Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 6, n. 11, p. 312-337, 2011.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: guia prático- DRP**. Brasília: Gráfica ASCAR, 2007.

WALDMAN, M. **Lixo Extraordinário**. 2010. Depoimento concedido a respeito de resíduos sólidos para a revista *Ideia Sustentável*, n. 22, p. 20-31. Disponível em: <<http://www.ideiasustentavel.com.br/2011/01/especial-residuos-%E2%80%93lixo-extraordinario/>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

ZARKRZEWSKI, S. B. Por uma educação crítica e emancipatório no meio rural. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, p. 79-86, 2004.

1.2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL A PARTIR DA RECICLAGEM DE ÓLEO DE COZINHA USADO PARA A PRODUÇÃO DE SABÃO

PACHECO, João Antônio Lima
Universidade Federal de Pernambuco
joca00lima@gmail.com

GONÇALVES, Janaina Barros
Universidade Federal de Pernambuco
janaina_bg@hotmail.com

CRUZ, Kéilton Gomes de Souza
Universidade Federal de Pernambuco
keliton1991@hotmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima
Universidade Federal de Pernambuco
apclima@gmail.com

RESUMO

O descarte inadequado do óleo de fritura usado gera graves danos ao meio ambiente. Para que se tenha um controle do rejeito de óleo existe um protocolo para o descarte consciente desse material. Entretanto, seja pelo difícil acesso aos pontos de coleta ou por desinformação, muitas pessoas ainda desprezam esse óleo de forma inadequada no meio ambiente. Tendo em vista os problemas gerados por esse descarte, foi feita uma oficina de Educação Ambiental voltada para teoria sobre os problemas gerados pelo descarte indevido do óleo de frituras e a necessidade da reciclagem deste óleo para preservação do meio ambiente. Em seguida, os participantes receberam o procedimento experimental e um kit com material de uso doméstico (vinagre, álcool comum, soda cáustica em escamas e uma porção de óleo usado) para fazer seu sabão, e aprenderam na prática a confeccionar o sabão na garrafa PET. O roteiro experimental foi adaptado de um procedimento da literatura, e após algumas mudanças nas proporções e nos reagentes, chegou-se à redução para um décimo dos materiais com uma basicidade do sabão ajustado para condições seguras de uso. Foram reunidas 25 pessoas de um grupo da pastoral da criança do bairro do IPSEP – Recife para a oficina, que foi realizada no dia 27 de abril de 2019, das 15h às 17h30. No evento todos os participantes mostraram muito interesse pelas informações, conseguiram reproduzir o método adaptado com sucesso e segurança, e se prontificaram a repassar todo aprendizado para outras pessoas de sua comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Conscientização; Comunidade; Preservação.

1. INTRODUÇÃO

A origem do sabão não é bem conhecida, mas há relatos de sua fabricação por Plínio, o Velho (23-79 d.C.). A descoberta do sabão pode ter ocorrido ao acaso quando se misturou gordura animal com cinzas, originando uma espécie de coalho branco que flutua sobre a mistura, de acordo com Barbosa e Silva (1995). McMurry (2011) descreve o sabão como “a mistura do sal de sódio ou de potássio dos ácidos graxos de cadeia longa produzidos pela hidrólise (saponificação) de gordura animal com uma base”. Uma reação genérica de saponificação pode ser observada na equação: $\text{RCOOH}_{(l)} + \text{NaOH}_{(aq)} = \text{RCOONa}^+_{(aq)} + \text{OH}_{(l)}$.

Segundo Caobianco (2015), em meados do século XIII que o sabão começou a ser produzido em quantidades satisfatórias e ditos como industriais. De acordo com os dados da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do estado de São Paulo, um litro de óleo de cozinha pode contaminar até 20 mil litros de água (SMA, 2019). O óleo descartado na rede de esgoto causa entupimento de tubulações por formação de crostas na canalização (WILDNER; HILLIG, 2012) e quando descartado de forma incorreta na rede coletora de esgoto aumenta o custo do tratamento deste efluente em 45% (COSTA et al., 2015).

A água é o bem mais precioso existente no planeta e está se transformando em um recurso finito (LOPES; BALDIN, 2009). Esse recurso natural vem sendo contaminado de diversas formas, dentre elas com o descarte indevido de óleo de frituras (domésticas e industriais), dispensados nas pias e no meio ambiente. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo conscientizar, sensibilizar e educar as pessoas com relação ao descarte do óleo de cozinha. Para isso, foi necessário mostrar a problematização do descarte indevido destes resíduos. Depois, realizou-se a reciclagem do óleo com a produção de sabão, utilizando como ferramenta de educação ambiental junto a uma comunidade na região metropolitana do Recife (RMR), escolhida por já tratar de assuntos sobre melhoria da comunidade, com o intuito de gerar uma rede de informações sobre preservação ambiental e minimizar os danos causados a natureza por causa de descarte indevido de resíduos de óleo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A lei sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe, entre outros tópicos, sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, as responsabilidades do poder público e dos geradores, além de dar definições importantes para o tema. Ainda sobre esta lei, os resíduos sólidos podem ser definidos como substâncias descartadas que se originaram de atividade humana em sociedade cuja a disposição final proceda de forma sólida ou semissólida, assim como, gases e líquidos contidos em recipientes sólidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos hídricos (BRASIL, 2010^b).

Devido ao seu alto poder de contaminação, o óleo de cozinha quando despejado em corpos hídricos sem tratamento pode contaminar até 20.000 litros de água com apenas um litro deste óleo. Além disto, o óleo de cozinha pode entupir tubulações, fazendo-se necessário a aplicação de produtos químicos e/ou uso de mão de obra para reparar as tubulações em questão (SMA, 2019). Para se estudar o efeito nocivo do óleo de fritura no meio ambiente é preciso conhecer sobre o óleo vegetal e o consumo do mesmo no Brasil. Entende-se por óleo vegetal comestível como produto comestível constituído principalmente de triglicerídeos de ácidos graxos, obtidos somente de matérias-primas vegetais e refinados por processos tecnológicos adequados (BRASIL, 2006).

A temperatura de 25 °C, o óleo vegetal deve se apresentar de forma líquida, enquanto que as gorduras vegetais devem se apresentar na fase sólida (BRASIL, 2005). Os óleos vegetais são os principais produtos obtidos da extração de vegetais (REDA; CARNEIRO, 2007). O óleo vegetal mais consumido no Brasil é o óleo de soja devido ao preço e a disponibilidade nos mercados. A revista Food Ingredients Brasil em seu Dossiê Óleos publicado na edição número 31 de 2014 descreve o óleo de soja como líquido levemente amarelado, límpido, com odor e sabor suaves e característicos. Por definição (BRASIL, 2006), se estabelece que o óleo de soja é aquele obtido do

refino dos grãos de soja da espécie *Glycine max* (L) Merrill. Este óleo quando descartado na rede de esgoto causa entupimento de tubulações por formação de crostas na canalização (WILDNER; HILLIG, 2012). O descarte de resíduos sólidos de forma ambientalmente adequada é de responsabilidade de todos que vivem em sociedade (OLIVEIRA; SANTOS, 2019). Sendo assim, uma forma de evitar que esse óleo contamine mananciais é reciclando. A reciclagem pode ser definida como o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, para transformar em outros produtos ou insumos, de acordo com a Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010^b).

Um processo possível de reciclagem de óleo de fritura é através da produção de sabão. O sabão pode ser definido como “a mistura do sal de sódio ou de potássio dos ácidos graxos de cadeia longa produzidos pela hidrólise (saponificação) de gordura animal com uma base” (MCMURRY, 2011). Os primeiros registros históricos de produtos similares ao sabão datam de 2800 a.C. (ALBERICE; PONTES, 2004). Plínio, o Velho (23-79 d.C.), já descrevia a fabricação do sabão duro e mole. E apenas no século XIX, o químico francês Michel-Eugène Chevreul demonstrar que o preparo do sabão ocorre por uma reação química (BORBA; SILVA, 1995). Uma outra história que remonta a origem do sabão trata de uma lenda romana em que no Monte Sapo local onde se fazia sacrifícios de animais foi observada pela primeira vez um material semelhante ao sabão. E, após uma forte chuva, a mistura foi arrastada até o rio Tibre e lavadeiras perceberam que utilizando-se a substâncias as roupas eram mais facilmente lavadas (OLIVEIRA, 2011). Por ter uma grande capacidade de limpeza o sabão assume grande importância devida as suas características químicas de acordo com Pinto et al. (2012). No entanto “somente no século XIII o sabão passou a ser produzido em quantidades condizentes com a classificação de indústria” (COBIANCO, 2015).

Devido a característica química de possuir uma ligação com característica hidrofílica e uma cadeia carbônica com características hidrofóbicas o sabão é capaz de interagir com moléculas apolares, a exemplo das gorduras, e com moléculas polares, como é o caso da água. Isto fez com que o sabão se tornasse bastante consumido pela sociedade (PINTO et al., 2012). No sabão existem os compostos saponificáveis, óleos vegetais e gorduras animais, e as substâncias saponificantes, hidróxido de sódio ou potássio (ZANIN et al., 2001). Quando feitos com hidróxido de sódio produzem uma mistura de sais sódicos de ácidos graxos em forma sólida dando origem aos sabões denominados sabão duro. Quando produzidos com hidróxido de potássio é obtida uma mistura de sais potássios de ácidos graxos no estado líquido originando os sabões denominados sabão mole (CATUZO, 2012).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sua resolução de nº 59, define que produto saneante é uma substância ou preparação destinada à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes, com finalidade de limpeza e afins, desinfecção, desinfestação, sanitização, desodorização e odorização, além de desinfecção de água para o consumo humano, hortifrutícolas e piscinas. E dentre outros aspectos, particularmente com relação ao pH, classifica quanto ao risco no Art. 16, como: produtos saneantes de risco 1 quando o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C, seja maior que 2 ou menor que 11,5; e produtos saneantes de risco 2 quando o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C, seja igual ou menor que 2 ou igual ou maior que 11,5 (MS, 2010).

A reciclagem de óleo de fritura para produção de sabão além de trabalhar a problemática disposição inadequada deste resíduo ainda pode ser instrumento de educação ambiental. Entende-se por educação ambiental os processos que permitem a construção de valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para preservação e conservação do meio ambiente por um indivíduo ou pelo coletivo de acordo com a Lei nº 9.795 (BRASIL, 1999). Existem diferentes tipos de óleo, mas nem todos são próprios para a produção de sabão e, por isso, devem ser descartados de forma consciente. Os óleos de uso automotivo são gerados em grandes quantidades em postos de vendas e devem ser gerenciados por empresas especializadas (ROSA et al, 2018). Já os óleos combustíveis utilizados em usinas termoelétricas produzem borras oleosas que, por

conterem materiais prejudiciais ao meio ambiente, devem ser tratadas antes de serem devidamente descartadas (SALGADO, et al., 2018).

Outras formas de reciclar o óleo de fritura usado incluem a fabricação de tintas, velas e até mesmo como aditivo incorporador de ar para concreto (SILVA et al., 2019). A ideia de reciclar os resíduos do óleo de fritura para a produção de sabão já é algo bastante conhecida (SILVA et al., 2017), sendo realizadas oficinas de produção de sabão líquido com resíduos de óleo gerados por restaurantes com o intuito de reduzir o impacto ambiental e ganhos financeiros com a venda desse produto (OLIVEIRA; SANTOS, 2018).

De acordo com Santos e Silva (2017), a educação ambiental deve movimentar-se por ações e relações sociais em constante transformação para a construção de novas relações sociais concretas, visto que é a ação material do sujeito mediante o conhecimento teórico que promove as transformações no local, na comunidade, no país, no mundo e, assim sendo, ela tem a função de mediar a transformação da sociedade, na medida em que informa, constrói e difunde conhecimento. É nessa direção, que se torna possível afirmar e reafirmar que a racionalidade ambiental deve e precisa ser considerada como necessidade permanente de se questionar, planejar, replanejar e preparar para transformar o que se estabeleceram na exploração dos recursos naturais.

A educação ambiental deve ser vista como um instrumento de mobilização social no intuito de trabalhar a problemática ambiental e mudanças de comportamentos na utilização de recursos naturais e na preservação do meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2017). Ela é uma forma de conduzir o indivíduo a refletir sobre a sua relação com a natureza buscando a compreensão da importância de um equilíbrio com o meio ambiente e o papel de cada um na manutenção deste equilíbrio (PEREIRA, 2016). Esta educação deve ser conduzida de forma participativa para que o conhecimento seja utilizado em prol do coletivo e não só como construção individual. A construção coletiva pode ser feita por meio de diálogo e aplicada na realidade de uma comunidade. (REIS NETO; CARDOSO; ARAÚJO, 2016)

A problemática da educação ambiental no Brasil já vem sendo abordada continuamente (CARNIATTO; HENNRICH JUNIOR, 2017) e em alinhamento com os pensamentos de Maia (2015) é correto inferir que o padrão de desenvolvimentista baseado no modelo econômico neoliberal, adotado pela sociedade, é insustentável, e constantemente refuta as questões e os desafios socioambientais, deixando, atualmente, aproximadamente 1 bilhão de pessoas no mundo num nível socioeconômico de miséria. Há a urgência de um desenvolvimento socioambiental que seja sustentável, que busque novas estratégias, e que tragam um pensamento crítico delineado por novos contornos, que ressaltem a importância da educação ambiental como um processo de construção de temáticas ambientais, dialéticas, políticas e éticas que de fato, possa ressignificar os valores socioambientais, possibilitando uma relação mais harmônica entre homem e ambiente, primando pelo saber ambiental e pelos novos valores de enriquecimento social, ambiental, cultural e político (COSTA; LOUREIRO, 2015; MAIA, 2015). A maior parte das pessoas que fazem uso de óleo vegetal nos processos de fritura não tem informação sobre os malefícios que podem causar ao meio ambiente. Porém, em alguns dos casos há a destinação correta do óleo produzido para a reciclagem, evitando o despejo inadequado diretamente no lixo (SPINELLI; ROCHA FILHO; SILVA, 2016).

O despejo inadequado do óleo de cozinha causa danos irreparáveis às águas e ao meio ambiente como um todo. Segundo Brasil (2010a) “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Em vista desses aspectos, é importante criar alternativas por meio da Educação Ambiental para minimizar os impactos decorrentes do despejo do óleo pós-consumo (NASCIMENTO et al., 2016). Segundo Bootrach e colaboradores (2015) o conceito de educação ambiental pode ser transferido para os professores (mesmo em escolas primárias) e será transmitido aos alunos através de meios de instrução e atividades ambientais inseridas no processo de ensino-aprendizagem (BOOTRACH et al., 2015). A falta de conhecimento na escola (em todos os níveis de

ensino) a este respeito pode ser sanada, quando os professores forem capacitados e adquirirem conhecimentos e experiências que possam ser trocadas com os alunos e demais funcionários, saindo da rotina do quadro e giz (VIEIRA et al., 2015). Dada a noção de que as universidades desempenham um papel importante no caráter formação e educação de futuros profissionais e líderes mundiais, torna-se clara a necessidade de um programa de educação ambiental para essas instituições. Assim, é indispensável dizer que esse tipo de educação é um processo vitalício que deve começar nos primeiros estágios da educação (AZEITEIRO et al., 2015).

Tendo em vista que o consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis. No Brasil, a reciclagem de PET é uma das mais desenvolvidas no mundo tendo a maior variedade de aplicações, e é uma atividade em constante crescimento. A correta destinação de cada uma dessas garrafas foi garantida, sendo totalmente recicladas e utilizadas em novos produtos. Dentre outros estudos, a degradação termo-oxidativa das garrafas PET pós-consumo, na presença de calor e oxigênio, vem sendo estudada por alguns pesquisadores (PACHECO et al., 2018) como uma proposta para a redução do tempo de exposição destas garrafas no meio ambiente.

Sabe-se que cerca de 4,7 bilhões de garrafas PET por ano são descartadas na natureza, contaminando rios e canais, indo para lixões ou mesmo espalhadas por terrenos vazios, e que entre 1995 e 2005 a produção de PET para a fabricação de garrafas subiu de 120 mil toneladas para cerca de 374 mil toneladas. Considerando que as garrafas PET, utilizadas principalmente por indústrias de refrigerantes e sucos, movimentam hoje um mercado que produz cerca de 9 bilhões de unidades anualmente só no Brasil, das quais 53% não são reaproveitadas (DUARTE et al., 2004), a proposta de reuso das garrafas PET pós-consumo para produção do sabão se apresenta como uma alternativa para colaborar com a preservação ambiental.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ação de educação ambiental, com a produção de sabão na garrafa PET, reciclando o óleo de fritura usado, na comunidade assistida pela Pastoral da Criança do Ramo São Vicente de Paulo, no bairro IPSEP, na RMR – PE. A Pastoral da Criança é um organismo de Ação Social da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil, e tem o intuito de assistir famílias com ações básicas de saúde, educação, nutrição e cidadania (PASTORAL DA CRIANÇA, 2019). A Campanha da Fraternidade de 2019 da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB) aborda o tema “Fraternidade e Políticas Públicas” desta forma a oficina de reciclagem do óleo consiste numa prática para atendimento da demanda de preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida (CNBB, 2019). No Brasil, menos 1% dos óleos vegetais usados é devidamente coletado, o que acaba resultando em cerca de 200 milhões de litros de óleo sendo descartados de forma inadequada no meio ambiente (ECÓLEO, 2018). A educação ambiental, conscientizando a população da comunidade da Pastoral da Criança, ajuda a minimizar esse descarte indevido do óleo de cozinha usado.

3. METODOLOGIA

Primeiramente, escolheu-se a metodologia publicada no canal do YouTube - Manual do Mundo, no dia 29 de dezembro de 2015 (que foi identificado como sabão do site). Para viabilizar a avaliação da metodologia, todas as proporções foram reduzidas para um décimo dos valores originais, o que facilita uma possível reprodução doméstica deste método.

A reprodução do procedimento da literatura foi realizada da seguinte forma: aqueceu-se 100 mL de óleo (previamente filtrado) e cerca de 50 mL água, até que ambos estivessem mornos (~40° C). Depositou-se os 100 mL do óleo aquecido em uma garrafa PET com capacidade para 500 mL. Em uma balança semi-analítica, pesou-se 15 g de hidróxido de sódio (NaOH comercial, em escamas). Com o auxílio de um bastão de vidro, uma proveta de 100 mL, uma colher descartável e em um béquer de capacidade de 100 mL, preparou-se uma solução com 26 mL de água morna e 15 g de NaOH. Em seguida, despejou-se metade da solução de NaOH na garrafa com óleo, tampou-se a

garrafa e agitou-se o sistema por cerca de 3 minutos para homogeneizar a mistura. Para reduzir a pressão do sistema, abriu-se a garrafa periodicamente. Logo após esse procedimento, despejou-se o restante da solução de NaOH, juntamente com 5 mL de álcool etílico (medidos por uma pipeta graduada), e tampou-se novamente o sistema e agitou-se a mistura até que adquirisse uma consistência pastosa.

A mistura do sabão foi deixada em repouso, dentro da garrafa fechada, por uma semana para terminar de reagir e solidificar. Após a solidificação, desenformou-se o sabão e, com o auxílio de uma fita de aferição de pH da marca QUALIVIDROS, aferiu-se o pH do sabão. Tendo em vista o uso de reagentes comerciais, no geral para uso domiciliar, no decorrer do processo experimental foi necessário ajustes do pH com compostos também de uso doméstico. Desta forma, procedeu-se adaptações ao procedimento da literatura, para que não gerasse queimaduras ou reações alérgicas durante a manipulação do mesmo. Foram realizados testes com bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e ácido acético (vinagre, H_3CCOOH).

Após a produção e teste dos sabões, para facilitar a reprodução doméstica desse método, foram sugeridas maneiras análogas de medição, para fazer as medidas necessárias para a confecção do sabão, utilizando objetos alternativos. O copinho para café, de volume de 50 mL, foi sugerido como alternativa para medida do óleo, da soda cáustica e da água (Figura 1a, 1b e 1c, respectivamente). E para as medidas do álcool e do vinagre, a tampa da garrafa PET (5 mL) foi sugerida (Figura 1d e 1e), bem como o sabão produzido experimentalmente (Figura 1f).

Figura 1. Panfleto distribuído na oficina, com o procedimento experimental para preparação do sabão, utilizando óleo de frituras, com sugestões de acessórios alternativos para medidas.



Foi feito um procedimento, que foi impresso e distribuído durante a Oficina de Educação Ambiental, para facilitar o entendimento da prática de produção de sabão (Figura 1). A ação, com a finalidade de promover a educação ambiental de um grupo propagador, foi promovida para uma comunidade da Pastoral da Criança no dia 27 de abril de 2019 onde foi falado sobre a importância de fazer o descarte correto de resíduos, em especial o resíduo de óleo.

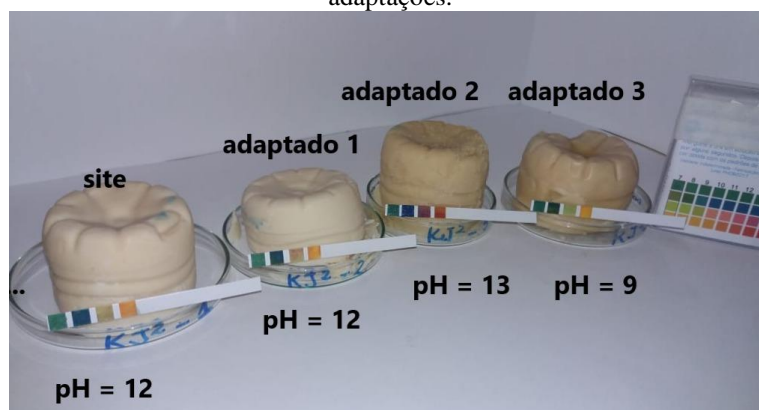
Posteriormente, foi falado sobre a possibilidade de fazer sabão com o óleo de cozinha, bem como utilizar os reagentes domésticos e quais os cuidados que se deve ter com eles. Finalmente, distribuiu-se material suficiente para que todas as pessoas presentes fizessem um pouco de sabão com o material cedido pelo grupo. Esse trabalho foi realizado pelos alunos e professora da disciplina de Gestão de Resíduos Químicos (60 h/aula), do curso de Química Industrial, do departamento de Engenharia Química (DEQ), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com colaboração dos alunos de iniciação científica do grupo SISPOLIMERR – DEQ/UFPE (Sistemas Poliméricos Especiais, Radioresistentes e Radiosensíveis), utilizando recursos visuais (cartazes e panfletos) e atividade experimental de produção do sabão na garrafa PET.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após uma semana da preparação do sabão observou-se suas características físico-químicas. O sabão produzido pela metodologia do “site” apresentou um aspecto bem similar a qualquer sabão amarelo produzido industrialmente (Figura 2), além de ser bem eficaz em lavagens e produzir uma quantidade considerável de espuma. Entretanto, o sabão apresentou um pH igual a 12, bem alcalino, podendo causar lesões em usuários. Mesmo com o benefício da proteção ao meio ambiente, reduzindo-se o descarte indevido de óleos de fritura, o risco da alta alcalinidade gerada pelo excesso de base não reagente pode causar efeitos deletérios tanto a pessoa quanto ao ambiente, quando este sabão for utilizado (CAOBIANCO, 2015; NETO; DEL PINO, 1997). Então, devido a essa alta alcalinidade, foram feitas algumas adaptações para obtenção de um melhor sabão.

Para ajustar a alcalinidade do sabão feito pelo método do “site”, foi implantado o método “adaptado 1”, reduziu-se a quantidade de hidróxido de sódio para 10 g e foi repetido todo o procedimento descrito pelo método do site, no entanto o sabão produzido pelo método “adaptado 1” (Figura 2) também apresentou pH 12.

Figura 2. Aspecto visual dos sabões produzidos utilizando a metodologia original, bem como suas respectivas adaptações.



No procedimento “adaptado 2”, seguiu o roteiro do procedimento do “site”, porém além do uso de 10 g do hidróxido de sódio, foi acrescentado 10 g de bicarbonato de sódio logo após a adição do álcool, e tampou-se o sistema e agitou-se a mistura até que a mistura adquirisse uma consistência pastosa. O sabão produzido (Figura 2) apresentou-se mais alcalino, pH 13, além de ser possível observar resíduos de óleo, não reagente, e a coloração num tom parecido com o do óleo utilizado.

De acordo com os padrões determinados pela ANVISA, os sabões das metodologias do site, adaptado 1 e 2, são classificados como produtos saneantes de risco 2, e representam um poder de abrasão muito alto em contato com a pele (RDC Nº 59, 2010; VOLOCHTCHUK et al., 2000).

No último ensaio, mudou-se o hidróxido de sódio para 10 g e foi acrescentado 20 mL de vinagre, na intenção de controlar o pH do sabão, indicada pelo “site”. O vinagre foi adicionado após o do álcool, conforme roteiro do “site”, tampou-se o sistema e agitou-se a mistura até que a mistura adquirisse uma consistência pastosa. Após a aferição do pH, o sabão com vinagre (Figura 2) apresentou pH 9, o que é um valor adequado para sabão de uso geral. Para os parâmetros da ANVISA, este sabão está classificado como produto saneantes de risco 1 (RDC Nº 59, 2010) e pode ser utilizado em uso doméstico, pois o pH se encontra na faixa de aceitação.

Com relação à consistência do sabão, os produzidos pelos métodos do “site” e “adaptado 1” foram mais rígidos e com a aparência mais próxima da do sabão comercial. Os dos métodos “adaptado 2 e 3” foram mais macios, mas o sabão produzido com adição de vinagre apresentou pH adequado e foi sólido o suficiente para ser retirado da garrafa, podendo ser utilizado da mesma forma que o sabão amarelo comercial. Sendo assim, o sabão com adição de vinagre se mostrou mais adequado para uma reprodução para uso na ação de educação ambiental com a comunidade.

Para a determinação das formas alternativas de medir as proporções dos reagentes, foram avaliados copos descartáveis e tampinhas de garrafas PET (Figura 1). Determinou-se que: uma tampinha de garrafa PET possui um volume aproximado de 5 mL, e podem ser utilizadas para as medidas do álcool e do vinagre; 10 g de NaOH em escamas ocupam aproximadamente um meio de um copinho de café de 50 mL e que 100 mL de óleo podem ser facilmente medido utilizando duas medidas deste mesmo copinho de café. A princípio, havia a intenção de reaproveitar garrafas PET e diminuir o descarte indevido deste material no ambiente (DUARTE et al., 2004), porém, além disso sugerimos o reuso de outros materiais e aos poucos podemos fazer com mais materiais descartáveis sejam reusados. Desta forma, descarte destes resíduos sólidos, que é de responsabilidade de todos que vivem em sociedade (OLIVEIRA; SANTOS, 2019), será reavaliado e poderemos ter a redução de materiais dispersos no meio ambiente.

A oficina de educação ambiental, junto à comunidade da Pastoral da Criança, foi realizada em duas etapas para um público de aproximadamente 25 pessoas. Na primeira etapa houve uma explanação teórica (Figura 3) onde foram utilizados cartazes para contextualizar sobre preservação do meio ambiente, danos causados pelo descarte indevido de resíduos de óleo e como fazer para reciclar o óleo de frituras produzindo sabão. Foi possível observar, que essa ação de transmitir o conhecimento teórico, promoveu transformações no local, na comunidade da Pastoral, e como Santos e Silva (2017) ressaltou, esse tipo de educação ambiental cria novas relações sociais (comunidade e participantes da UFPE) que pode transformar aos poucos todas as partes envolvidas e o ambiente onde elas estão (AZEITEIRO et al., 2015; BOOTRACH et al., 2015; VIEIRA et al., 2015).

Figura 3. Treinamento teórico com os participantes da oficina, na Pastoral da Criança do Ramo São Vicente de Paulo, no bairro IPSEP, na RMR - PE.



Na segunda etapa, foi feito um treinamento experimental (Figura 4) e a execução do procedimento por parte das pessoas que estavam participando da oficina sobre preservação ambiental. Durante o preparo do sabão a comunidade interagiu muito e se comprometeu com o propósito de transmitir o conteúdo aprendido para outras pessoas. Desta forma pode-se considerar

que será formada uma rede de propagação da conscientização sobre a preservação ambiental, sobretudo com relação ao descarte indevido de óleos no meio ambiente.

Figura 4. Treinamento prático realizado com os participantes da oficina, na Pastoral da Criança do Ramo São Vicente de Paulo, no bairro IPSEP, na RMR - PE.



Com relação aos sabões produzidos pelos integrantes da oficina, foi observado que o produto saiu como pretendido, seguindo os cuidados necessários para segurança das pessoas e mostrando que o procedimento apresentado funcione de fato.

Por ser necessário o tempo de uma semana para avaliação do resultado do sabão produzido pelo kit distribuído durante a oficina, após este período, o sabão produzido durante a oficina (Figura 5) foi avaliado. Apesar de ter apresentado resíduo de óleo (que pode ser retirado e utilizado na produção de outro sabão), devido à perda de soda cáustica nas paredes da garrafa PET onde se encontrava a solução de NaOH, o sabão solidificou e ficou com pH 8. Pode-se observar que a espuma formada (Figura 5) também viabiliza seu uso domiciliar.

Figura 5. Sabão feito na oficina de Educação Ambiental, realizada na Pastoral da Criança no IPSEP Ramo São Vicente de Paulo.



Reavaliando o fato de que maior parte das pessoas que fazem uso de óleo vegetal nos processos de fritura não tem informação sobre os malefícios que podem causar ao meio ambiente, e que em alguns dos casos não, destinam devidamente o óleo produzido para a reciclagem e despejam diretamente no lixo (SPINELLI; ROCHA FILHO; SILVA, 2016), a oficina conseguiu cumprir com seu objetivo de conscientizar as pessoas da comunidade da Pastoral da Criança sobre a importância de um descarte adequado do óleo de cozinha e de ensinar uma maneira de transformar o óleo de fritura usado para produzir um sabão caseiro. Todos os participantes se mostraram muito

interessados e obteve-se bons resultados com relação ao sabão produzido pelas pessoas da comunidade.

5. CONCLUSÕES

A utilização da fabricação de sabão artesanal, na garrafa PET, como ferramenta para conscientizar as pessoas a não contaminarem o ambiente com óleo gerado em suas cozinhas, mostrou-se eficaz. A facilidade no procedimento prático e associação com conceitos teóricos, utilizados na oficina, possibilitou a conscientização coletiva durante a ação de educação ambiental daquela comunidade. Apesar de possuírem grau de instrução e poder aquisitivo variados, foi gerado um olhar coletivo de preservação ambiental no que se refere ao descarte do óleo domiciliar.

Na oficina foi observado um ótimo engajamento por parte das pessoas envolvidas, foi possível notar que as pessoas se mostraram bem atentas as informações e possuíram bons resultados ao produzir seus próprios sabões. Por se tratar de pessoas leigas no assunto, foi notado que havia uma certa insegurança de algumas pessoas em manipular os reagentes necessários, porém, as instruções dadas aos ouvintes sem a utilização de termos técnicos ajudaram a tirar dúvidas e medos que existia entre algumas pessoas a respeito dos reagentes que são encontrados em seus domicílios.

Ao final da ação, foram presenciadas demonstrações de contentamento por parte de vários ouvintes. Algumas destas pessoas enfatizaram que pretendem levar a ideia de reutilizar o óleo de cozinha adiante, ensinando outras pessoas a produzir o sabão e assim, ajudar a poluir menos o meio ambiente. Bem como, foi discutida a possibilidade de se utilizar a ideia de fazer sabão com fonte de renda, ou ao menos como redução de custo com a compra de sabão. Essas observações indicam que o projeto foi um sucesso, pois, conseguiu-se passar aos integrantes da Pastoral da Criança uma mensagem de conscientização sobre o descarte indevido de resíduos de óleo, além de ensinar uma nova forma de gerar renda entre as pessoas daquela localidade.

REFERÊNCIAS

ALBERICI, R.; PONTES, F. Reciclagem do óleo comestível usado através da fabricação de sabão. **Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 073-076, 2004.

AZEITEIRO, U. M., BACELAR-NICOLAU, P., CAETANO, F. J. P., CAEIRO, S. 2015. Education for sustainable development through e-learning in higher education: experiences from Portugal. *J. Clean. Prod.* 106, 308 e 319, 2015.

BOOTRACH, P.; THIENGKAMOL, N.; THIENGKAMOL, T. K. Environmental Education Strategy. **Applied Environmental Education & Communication**, v. 14, 2015.

BORBA, A.; SILVA, R. Xampus. **Química Nova na Escola**, n.º. 2, 1995. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

BRASIL. **Artigo 225 da emenda constitucional nº 96 de 02 de agosto de 2010^a**. Diário Oficial da União. p. 02 Brasília, DF, 03 de ago. 2010. MMA. Disponível em: <https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_06.06.2017/art_225_.asp>. Acesso em: 30 abr. 2019.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 49 de 22 de dezembro de 2006**. Diário Oficial da União. p. 140 Brasília, DF, 26 dez. 2006. Seção 1. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/instrucao-normativa-49-2006_76051.html>. Acesso em: 31 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010^b**. Diário Oficial da União. p. 02 Brasília, DF, 03 de ago. 2010. MMA. Disponível em: <legislação.planalto.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Diário Oficial da União. p. 01 Brasília, DF, 28 de abr. 1999. MEC/MMA. Disponível em: <legislação.planalto.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2019.

BRASIL. **Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005**. Diário Oficial da União. n. 184. p. 373 Brasília, DF, 23 de set. 2005. ANVISA. Seção1. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_271_2005.pdf/b51df869-921a-412e-92d9-c1626871f383/>. Acesso em: 31 mar. 2019.

CAOBIANCO, G. **Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos**. 2015. 57 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

CARNIATTO, I.; HENNRICH JUNIO, E. J. Panorama da Educação Ambiental no Brasil e no mundo (Overview of Environmental Education in Brazil and the world). **Ambiência Guarapuava**, v.13, Edição Especial, p. 63-83, 2017.

CATUZO, T. **Química orgânica e a produção de sabão a partir do óleo de cozinha**. Produção Didático – Pedagógico, v. 2. Secretaria de Educação do Estado do Paraná. 2012. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes_pde/2012/2012_unioeste_qui_pdp_terezinha_giomo_catuzo.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2019.

CNBB. Conferência Nacional dos Bispos do Brasil. **CNBB lança a campanha da fraternidade 2019 em Brasília (DF)**. 2019. Disponível em: <<https://www.cnbb.org.br/cnbb-lanca-campanha-da-fraternidade-2019-em-brasilia-df/>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

COSTA, C. A.; LOUREIRO, C. F. B. Contribuições da Pedagogia Crítica para a pesquisa em educação ambiental: um debate entre Saviani, Freire e Dussel. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 180-200, 2015.

COSTA, D. Reutilização do óleo de fritura como uma alternativa de amenizar a poluição do solo. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, Edição Especial, p. 243-253, 2015.

DUARTE, L. T.; SILVA, E. M. P.; BRANCO, J. R. T.; LINS, V. F. C. Production and characterization of thermally sprayed polyethylene terephthalate coatings. **Surface and Coatings Technology**, v. 182, n. 2-3, p. 261–267, 2004.

ECÓLEO. **Reciclagem**. Disponível em: <<http://ecoleo.org.br/projetos/6766-2/>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

FOOD INGREDIENTS BRASILE. **Dossiê óleos**. Revista FI, n. 31, 2014. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/416.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

GALVANI, F.; CATELLA, A. **Fabricação de sabão líquido caseiro**. Embrapa Pantanal. Folder técnico n. 179. 2 f. Corumbá, 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1003225/1/FOL179.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

LIMA, R. M.; SHIRAIISHI NETO, J. Conflitos Socioambientais: o Direito Ambiental como legitimador da atuação do Estado no Jardim Icaraí, Curitiba. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 2, p. 133-146, 2015.

LOPES, R.; BALDIN, N. Educação ambiental para a reutilização do óleo de cozinha na produção de sabão – projeto “ecolimp”. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 9., 2009, Curitiba. *Anais...* Curitiba: EDUCERE, 2009. p. 1035-1042.

MAIA, J. S. **Educação Ambiental crítica e Formação de Professores**. 1ª ed. Curitiba: Editora Appris, 2015. 241 p.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**. v. 2 [tradução: All Tasks. Revisão técnica: Robson Mendes Matos]. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MS. Ministério da Saúde. Resolução RDC Nº 59, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2010. **Dispõe sobre os procedimentos e requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos saneantes e dá outras providências**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0059_17_12_2010.pdf/194ebbe3-15ea-4817-b472-f73cc76441c2>. Acesso em: 02 maio 2018.

- NASCIMENTO, G. A.; CAIXETA, D. A.; CUNHA, C. C. A.; RODRIGUES, L. R. P.; TAVARES, K. P. O reuso do óleo de cozinha na produção de sabão artesanal: Educação Ambiental no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IF Sul de Minas *Campus Machado*. CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 13., 2016, Poços de Caldas. *Anais...* Poços de Caldas: 2016.
- NETO, O. G. Z.; DEL PINO, J. C. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- OLIVEIRA, J.; SANTOS, J. Gestão e gerenciamento do óleo de frituras para processos de reciclagem no município de Marechal Deodoro – AL. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 474-486.
- OLIVEIRA, T. **Investigando as condições de produção de sabão a partir de óleo usado em uma associação de mulheres da expansão do setor “O” da Ceilândia**. 2011. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- PACHECO, J. A. L.; FARIAS, R. M.; PACHECO, G. F.; PACHECO, A. P. L. Termo-oxidação acelerada em garrafas PET descartadas no meio ambiente. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 159-169.
- PASTORAL DA CRIANÇA. **Quem somos**. 2019. Disponível em: <<https://www.pastoraldacrianca.org.br/quemsomos>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- PEREIRA, F. **A inserção da educação ambiental na política nacional de resíduos sólidos: uma análise no município de Contagem – MG**. In: EL-DEIR, S. G.; AGUIAR, W. J.; PINHEIRO, S. M. G. (Orgs.). Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 269-278.
- PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 322-330.
- PINTO, A. C. L.; REIS, A. H. S. L. R.; GERÓS, A. I. S.; SILVA, A. S. M.; PINTO, A. J. A. R.; MOREIRA, C. S. **Sabão, detergente e glicerina**. 2012. 26 f. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, Porto, 2012.
- REDA, S.; CARNEIRO, P. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, n. 27, 2007.
- REIS NETO, A.; CARDOSO, J.; ARAÚJO, M. **Ecologia de saberes e resíduos sólidos em Itapissuma**. In: EL-DEIR, S. G.; AGUIAR, W. J.; PINHEIRO, S. M. G. (Orgs.). Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 279-289.
- ROSA, R. F. G.; NEPOMUCENO, N. A. S.; OLIVEIRA, U. C.; PEREIRA, A. L. F. F. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos de óleos lubrificantes na cidade de Sobral – CE**. In: EL-DEIR, S. G.; AGUIAR, W. J.; PINHEIRO, S. M. G. (Orgs.). Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 279-289.
- SALGADO, J. B. A.; BENACHOUR, M.; BARBOSA, C. M. B. M.; SILVA, V. L.. **Caracterização de um resíduo proveniente da queima de óleo combustível de termoeletrica localizada em João Pessoa – PB**. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 458-465.
- SANTOS, F. R.; SILVA, A. M. A importância da educação ambiental para graduandos da Universidade Estadual de Goiás: *Campus Morrinhos*. **Interações**, v. 18, n. 2, p. 71-85, 2017.
- SILVA, L. N. A.; BRAZ, C. O.; PINHEIRO, A. S. F. Confecção de sabão caseiro a partir do reaproveitamento do óleo de cozinha como ferramentas de educação ambiental em escolas de Santarém – Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ConGeA, 2017. p. 1-7.

SILVA, R. M. S.; MELO, A. L. M. S.; DUARTE, F. S. **Aditivo incorporador de ar para concreto a base de óleo de cozinha residual coletado na cidade de Palmeira dos Índios – AL**. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 466-473.

SMA. Secretaria de Meio Ambiente (São Paulo). **Coleta de óleo de cozinha**. Disponível em: <<https://www.ambiente.sp.gov.br/coleta-de-oleo-de-cozinha/>>. Acesso em: 07 mar. 2019.

SPINELLI, M. V. P.; ROCHA FILHO, G. B.; SILVA, S. M. Perspectivas para a gestão pública acerca da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos metálicos no Brasil. In: EL DEIR, S. G.; THENÓRIO, I.; FULFARO, M. **Sabão caseiro na garrafa**. Manual do Mundo. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/UT6phnEMkfs>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

VIEIRA, B. C. R.; SOUZA, M. H.; ALFAIATE, M. B.; AMARAL, A. A. Percepção dos alunos de uma escola de ensino médio quanto à reciclagem do óleo de cozinha. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11 n. 22, p. 164-172, 2015.

VOLOCHTCHUK, O. M.; FUJITA, E. M.; FADEL, A. P. C.; AUADA, M. P.; ALMEIDA, T.; MARINONI, L. P. Variações do pH dos sabonetes e indicações para sua utilização na pele normal e pele doente. *Investigação clínica e terapêutica*, v. 75, n. 6, p. 697-703, 2000.

WILDNER, L.; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de educação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 813-824, 2012.

ZANIN, S. M. W.; MIGUEL, M. D; BUDEL, J. M.; DALMAZ, A. C. Desenvolvimento de sabão base transparente. **Revista Visão Acadêmica**, v. 2, n. 1, p. 19-22, 2001.

ZI-ZHE, C.; YONG W. B.; YING-LAI T. B.; KA-MAN C. B.; JIA-WEN Z. B.; DE-PO, Y. **A two step biodiesel production process from waste cooking oil via recycling crude glycerol esterification catalyzed by alcali catalyst**. In: *Fuel Processing Technology*, v. 137, Elsevier, 2015. p.186-193.

1.3 EDUCAÇÃO E RESPONSABILIDADE AMBIENTAL; SENSIBILIZAÇÃO SOBRE MEIO AMBIENTE E RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS – PA

PALÁCIO, Fernanda Maria Lima

Universidade Federal do Pará
nanda.palacio@hotmail.com

GUIMARÃES, Rayane Quaresma

Universidade Federal Rural da Amazônia
eng.rayguimaraes@gmail.com

RESUMO

A educação ambiental é uma ferramenta para despertar a preocupação individual e coletiva para a questão ambiental. O projeto foi realizado em uma escola, no município de Paragominas – PA. Primeiramente, realizou-se o levantamento bibliográfico relacionado à educação ambiental nas escolas, posteriormente, para identificar o grau de conhecimento sobre questões ambientais dos alunos, aplicou-se um questionário, em seguida, foram realizadas oficinas e palestras envolvendo temas: tipos de poluição, resíduos sólidos, conservação dos recursos naturais, visando sensibilizar quanto à importância da separação do lixo e seu reaproveitamento. A última ação foi confeccionar um jardim suspenso, com garrafas PET, com a ajuda dos alunos. Tudo para ampliar o conhecimento que os alunos já tinham sobre o meio ambiente, utilizando métodos interativos para a melhor compreensão dos assuntos. O jardim suspenso proporcionou o contato direto dos discentes com os materiais e as possibilidades de reutilizá-los, tendo como objetivo final passar a mensagem que todos são responsáveis pelo meio em que vivem, e que o mesmo necessita de cuidado diariamente sendo ele dentro ou fora do ambiente escolar. Portanto, o objetivo do projeto foi alcançado, todavia, a educação ambiental precisa ser trabalhada diariamente no ambiente escolar de forma multidisciplinar para que apresente um impacto efetivo.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental, Meio Ambiente, Ambiente Escolar.

1. INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial iniciou-se o processo de urbanização, provocando um êxodo do homem do campo para as cidades. Observou-se, assim, um vertiginoso crescimento populacional, favorecido também pelo avanço da medicina e, conseqüentemente, aumento da expectativa de vida. A partir de então, os impactos ambientais passaram a ter um grau de magnitude alto, devido aos mais diversos tipos de poluição, dentre eles a poluição gerada pelo lixo (SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2013). No Brasil, como em outros países em desenvolvimento, outros malefícios somam-se à questão ambiental, ocasionados por deficiências na gestão dos resíduos sólidos urbanos, como as doenças decorrentes da proliferação de vetores causadores de doenças (ARAÚJO et al., 2018; GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2012).

Neste sentido, o destino ambientalmente correto para os resíduos sólidos é uma necessidade urgente para garantir a conservação dos recursos naturais, que são essenciais para a sobrevivência humana. No entanto, segundo Melo et al. (2011), um dos grandes desafios da sociedade contemporânea está associado à destinação dos resíduos sólidos de origem doméstica, a qual tem demandado altos investimentos dos setores organizados da sociedade nas últimas décadas. Nesse sentido, a opção pela separação dos resíduos sólidos, ou seja, a coleta seletiva faz-se fundamental, pois amplia a possibilidade de reinserção desses materiais na cadeia produtiva, reduzindo a exploração de matéria prima do ambiente natural, e ainda pode contribuir para a redução de custos públicos com a destinação dos resíduos sólidos e oferecer oportunidades de geração de renda para a população, originando empreendimentos sociais como as cooperativas de catadores de reciclados.

Nesta perspectiva, Souza et al. (2013) vê a importância da Educação Ambiental como solução de vários problemas ambientais em nossa vida e novas ideias para a comunidade. Com essa ideia, afirma que o projeto de coleta seletiva nas escolas é muito importante, pois incentiva os alunos desde sua formação inicial a separarem o lixo, levando esse hábito para suas casas. Por isso, o autor destaca que uma das principais alternativas para diminuir o problema do lixo é a reciclagem. Dessa forma, visualiza a Educação Ambiental como um instrumento fundamental para o fortalecimento da gestão ambiental, e que deve ser praticada em todas as etapas da educação escolar.

Portanto, o objetivo deste projeto foi avaliar a percepção ambiental de discentes de uma escola de Ensino Fundamental na cidade de Paragominas – PA e aplicar metodologias de práticas de educação ambiental, visando contribuir para ampliação das ações de educação ambiental e o fortalecimento das políticas públicas sustentáveis nos espaços educacionais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil apresenta grandes avanços quando analisamos os instrumentos legislativos para gestão dos recursos ambientais voltados para o desenvolvimento sustentável do país, no entanto, quando analisamos a aplicabilidade dessas legislações notamos que a prática é deficiente, se faz incipiente, sendo “apenas letra vazia do ordenamento jurídico a ser seguida” (AZEVEDO; RIONDET-COSTA; SANTOS, 2017), mesmo após vinte anos da instituição da Lei nº 9.795/99, de 27 de abril, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) o país ainda não conseguiu inserir as diretrizes estabelecidos pela política nos ambientes educacionais.

A PNEA define educação ambiental como sendo “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (BRASIL, 1999). Cabral, Ribeiro e Hrycyk (2015) reforçam esse conceito, e afirmam que a educação ambiental está relacionada com a sensibilização para as questões voltadas ao meio ambiente, sua conservação e preservação. Já para Paixão (2007) é um conjunto de ensinamentos teóricos e práticos com o objetivo de levar à compreensão e de despertar a percepção do indivíduo sobre a importância de ações e atitudes para a conservação e a preservação do meio ambiente, em benefício da saúde e do bem-estar de todos.

Um dos meios para atingir a população quanto a sua participação nas questões ambientais e suas responsabilidades na geração de resíduos sólidos é o educacional. Pois é um ambiente que proporciona diversas transformações ao indivíduo, que muitas vezes não são resultantes de um grande feito, mas de iniciativas simples e contínuas do dia a dia. Para isso, a escola precisa despertar no aluno a capacidade de compreender e atuar no mundo em que vive (LEITE; ANDRADE; CRUZ, 2018).

A necessidade da atuação dos educadores amplia-se, frente aos graves problemas ambientais que nos atingem em vários níveis. Torna-se cada vez mais necessário incorporar a educação ambiental nos ambientes escolar, bem como a prática desta educação, caracterizado pela multiplicidade de fatores existentes (CAVALCANTE et al., 2017). Dessa forma, a Educação Ambiental passa a ser um instrumento significativo na construção de uma nova mentalidade de desenvolvimento com a utilização sustentável dos recursos naturais, priorizando o crescimento com equidade social e o equilíbrio ecológico (GASQUES et al., 2016).

O aumento considerável na geração de resíduos deve-se ao fato do acesso facilitado a diversos produtos e a obsolescência acelerada, ocasionada pelos avanços tecnológicos constantes, o que leva a população a descartar em maior quantidade e, muitas vezes, precocemente diversos objetos/aparelhos. Nesta perspectiva, o processo acelerado de urbanização tende ao aumento do consumo de bens não duráveis crescendo, assim, também a quantidade de lixo gerado tanto nos grandes quando nos pequenos municípios (MONTEIRO et al., 2017).

O gerenciamento dos resíduos sólidos é um desafio para os gestores públicos e privados que almejam a sustentabilidade. Ações da coletividade e iniciativas por parte do poder público são importantes, porém a atuação individual é necessária para superar os desafios (LANCHEROS; SANTOS, 2017). Os resíduos sólidos urbanos devem ser geridos e controlados para reduzir o seu volume e periculosidade, para minimizar os prejuízos da poluição ambiental e os impactos sobre a saúde pública (ARAÚJO et al., 2018). A reciclagem e a compostagem são as técnicas mais usadas para este controle. Estas técnicas são conhecidas como ferramentas de Educação Ambiental (EA) por terem o poder aplicar ações da logística reversa, reinserindo esses materiais na cadeia produtiva, o que previne a sobre carga de aterros sanitários (MACEDO; RAMOS, 2015). A EA insere-se neste contexto, instruindo e sensibilizando os indivíduos. Não deve, no entanto, resumir-se meramente a expor a problemática, conscientizando sem uma vivência efetiva (SANTOS; SCHMITT; ROSA, 2016).

Com isso, a escolar é o melhor lugar para trabalhar os assuntos relacionados à problemática do meio ambiente de forma continuada, instigando adoção de novos hábitos para fortalecer as práticas sustentáveis, originando alunos com consciência ambiental e que desenvolvam no futuro um papel fundamental tanto na sensibilização e conscientização das pessoas, quanto nas práticas de utilização dos recursos naturais e descarte de resíduos (TEIXEIRA; MARQUES; PEREIRA, 2017), ou seja, quando a educação ambiental é trabalhada na escola efetivamente, os alunos são capazes de construir uma visão, mais crítica, adquirem novos comportamentos perante as suas práticas e atitudes, conseguem se posicionar de forma crítica e reflexiva diante de diversos temas (ANTQUEVES; BOSA; DUBIASKI-SILVA, 2015).

A EA no ponto de vista de Marciel et al. (2010) é uma ação interdisciplinar para ser trabalhada por todas as idades, comunidades e realidades, considerando-se o meio ambiente em sua totalidade. Essa educação deveria preparar o indivíduo, mediante a compreensão dos principais problemas do mundo contemporâneo, proporcionando-lhe conhecimentos técnicos e as qualidades necessárias para desempenhar uma função produtiva, com vistas a melhorar a qualidade de vida e proteger o meio ambiente, prestando a devida atenção aos valores éticos.

Para Travassos (2006) e Reigota (2010) o ambiente escolar é um espaço importante de socialização e troca de experiências, e quanto mais cedo no desenvolvimento infantil a Educação Ambiental for aplicada, maiores as chances de se alcançar uma consciência ambiental efetiva. Além disso, a EA trabalhada nas crianças tem um grande efeito multiplicador dentro das famílias e da comunidade em que elas vivem.

A questão ambiental requer novas formas de abordagem, integrando as várias áreas de conhecimentos e tendo como foco principal o despertar da consciência, principalmente das crianças e dos adolescentes, para que assim novos hábitos possam ser formados, direcionando a espécie humana a utilizar os recursos naturais de forma sustentável. Diante dos fatos, faz-se necessário e urgente o desenvolvimento de programas e ações de caráter educativo que incitem e provoquem uma mudança profunda e progressiva na escala de valores e atitudes dominantes na sociedade atual (SOUZA et al., 2013, p. 120).

Para Azevedo, Riondet-Costa e Santos (2017) com as modificações e alterações ambientais surge à “necessidade de disseminar informações/esclarecimentos para que o desenvolvimento sustentável possa realmente ocorrer”. E o instrumento mais eficiente desenvolvido pela humanidade para transferir informações e difundir conhecimento é o ato de educar, como bem disse Nelson Mandela (1918-2013) a educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado com 30 alunos da turma do 3º ano do ensino fundamental I, pertencente à Rede Pública de ensino do município de Paragominas – Pará.

Essa interação consistiu em três contatos diretos com os discentes:

- ✓ Primeira etapa: levantamento bibliográfico sobre temas envolvendo educação ambiental nas escolas.
- ✓ Segunda etapa: aplicação de um questionário contendo dez perguntas sobre sustentabilidade, resíduos sólidos, coleta seletiva e conscientização ambiental com a turma do 3º ano, para verificar o nível de conhecimento em relação aos temas abordados.
- ✓ Terceira etapa: deu-se por uma conversa com as crianças utilizando de recursos audiovisuais para reforçar a ideia de consciência ambiental. Nas apresentações audiovisuais buscou-se utilizar técnicas que prendessem a atenção das crianças, através de tiras de desenhos animados, vídeos ilustrativos com uma linguagem de fácil compreensão e uma dinâmica em grupo, a qual colocava em prática alguns dos conceitos mais trabalhados, como separação correta do lixo, o tempo de decomposição de alguns materiais, reciclagem e reutilização do que seria considerado “lixo”. A dinâmica envolvia também a criação de temas envolvendo o meio ambiente, jogos de perguntas e respostas voltadas à função de alguns elementos presentes na natureza e assim como reforçava algumas formas de ajudar o planeta e a comunidade em que as crianças vivem, como por exemplo: evitar o desperdício de água e energia, conservar patrimônios habitacionais (que seriam parte da natureza, a qual eles podem ter acesso) e difundir as ideias aprendidas na escola e com o projeto.
- ✓ Quarta etapa: foi realizada a oficina para a construção do jardim suspenso, o qual seria o símbolo do projeto “ações para contribuir com a questão ambiental na escola, uma lembrança dos conceitos repassados nesses três encontros”. Como parte da iniciativa do

projeto, foi proposto aos alunos que formassem duplas a fim de facilitar os cuidados de manutenção do jardim. Assim, cada dupla ficou responsável por cuidar de uma muda diariamente. Essa seria uma forma de demonstrar a eles que para conservar o planeta é necessário o trabalho em equipe.

Construção de um jardim suspenso contendo os seguintes materiais:

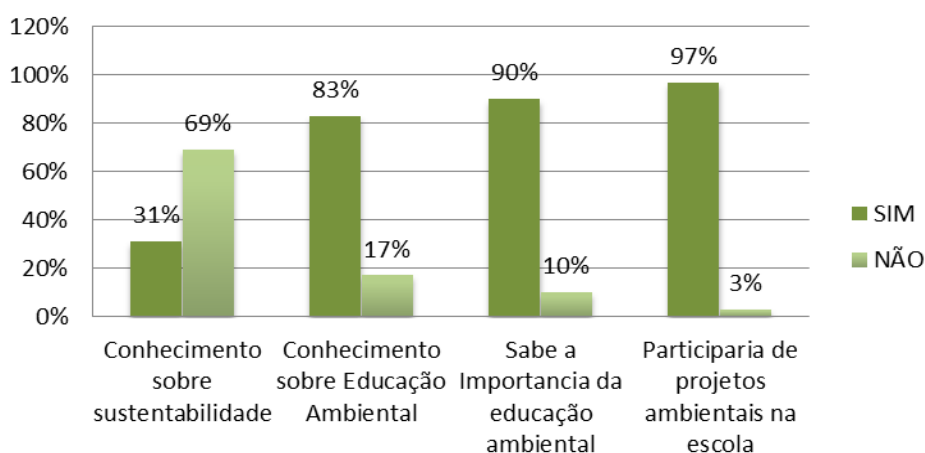
- ✓ Garrafas PETs de 2 L;
- ✓ 15 Mudas de plantas flóreas;
- ✓ Terra preta e adubo orgânico;
- ✓ Alicates, martelo e ripa de madeira;
- ✓ 2 ganchos de ferro;
- ✓ 20 metros de fio de aço;
- ✓ Tesoura, estilete, fita adesiva, papel e caneta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

Para analisar o grau de conhecimento dos alunos sobre a percepção ambiental, foi aplicado um questionário contendo algumas perguntas para uma turma de 30 alunos do 3º ano do Ensino Fundamental I, do turno matutino (Gráfico 1).

Gráfico 1. Dados do questionário aplicado aos alunos da escola, para avaliar o conhecimento sobre percepção ambiental.



Com base nos dados obtidos, pode-se observar que 69% dos alunos entrevistados não sabem o que era sustentabilidade, 85% dos alunos ouviram falar sobre educação ambiental, 90% participariam do projeto para obter mais conhecimento sobre o tema e 97% dos alunos responderam que queriam participar da construção do jardim vertical e que cuidariam diariamente do mesmo.

Em pesquisa semelhante Cavalcante et al. (2017) com alunos do ensino médio, obtiveram resultados divergentes, pois a grande maioria do grupo entrevistado apresentou baixo interesse com o volume de resíduo que geram em seu dia a dia, e afirmaram não se preocupar no momento da aquisição de bens materiais se os mesmos poderão ser reciclados, não consideram no ato de comprar, o volume de sacos plásticos, sendo assim, os autores afirmam a necessidade de práticas voltadas para a sensibilização ambiental dos estudantes, que seja uma prática continuada e que tenha início na base educacional.

Observou-se nos resultados que o projeto auxiliou a escola no processo de educação e conscientização ambiental utilizando uma metodologia voltada para a faixa etária dos alunos. Através dessa metodologia pode-se observar um maior empenho dos alunos no momento da palestra e os questionamentos sobre os assuntos abordados como a problemática ambiental e sustentabilidade. Isso nos permite afirmar que o uso de instrumentos práticos para fortalecer o ensino-aprendizagem faz-se eficiente, pois desperta na criança a curiosidade de realizar a ação e participar do seu desenvolvimento, ou seja, se ver como um ser produtivo e atuante do processo de construção do conhecimento.

No entanto, mesmo os instrumentos apresentarem-se eficiente para o ensino e aprendizagem, há grandes resistências ou dificuldades para um uso permanente por parte dos educadores. Corroboram com esses resultados os trabalhos desenvolvidos por Ruffino (2001) e por Oliveira (2007), ao afirmarem que apesar das escolas estarem consciente da necessidade de se discutir a problemática ambiental, não é fácil nem simples aplicar efetivamente esses conteúdos no cotidiano escolar.

4.2. ANÁLISE DAS PALESTRAS DE CUNHO EDUCATIVO

Nas gincanas e apresentação de vídeos educacionais com temáticas envolvendo coleta seletiva, tempo de vida dos materiais e reciclagem observou-se que os alunos desenvolveram um amplo grau de entendimento após as palestras (Figura 1). O que nos permite afirmar que os mesmos absorveram as informações repassadas, o uso de material midiático como vídeos dinâmicos sobre a temática ambiental mostraram-se eficiente, e isso pode ser avaliado por meio do desempenho dos grupos nas atividades de perguntas e respostas e desenhos sobre: O que é reciclável?, etapas avaliativas que são exemplos da eficiência das técnicas utilizadas. De acordo com Souza et al. (2013) a Educação Ambiental com relação aos resíduos sólidos deve ser difundida tendo como foco os três R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar), sensibilizando e informando a sociedade, com o objetivo de aumentar a consciência ambiental desta.

Figura 1. Palestras sobre reciclagem e resíduos sólidos.



Bizzo (2006) acredita que é possível realizar com os alunos de ensino fundamental, reflexões que os levem a uma visão crítica sobre os atuais padrões de consumo, que podem se refletir no comportamento individual, familiar e da comunidade local. Como o autor afirma essas atividades também estimulam pesquisas mais profundas que se integram aos conteúdos escolares.

4.3. CONSTRUÇÃO DO JARDIM SUSPENSO

A última etapa do projeto foi à construção do jardim suspenso (Figura 2), onde os alunos participaram da confecção de um jardim feito de material reutilizável, neste caso a garrafa PET. A escolha da garrafa PET foi influenciado por está facilmente disponível, pois é uma dos resíduos mais

produzidos. Foi notória a participação assiduamente com bastante entusiasmo por parte dos alunos, provavelmente por não ser uma atividade do cotidiano escolar.

As etapas de participação efetiva na realização de atividade, quando envolve a ludicidade ou construção de algo novo, desperta um maior anseio em fazer parte por parte da criança, são as fases que mais contribui para o aprendizado, e para a manutenção do local o produto, pois a criança sente responsável por cuidar e manter, por valorizar o ato de ter feito parte da produção daquele espaço. Antqueves, Bosa e Dubiaski-Silva (2015) observaram esse comportamento em algumas crianças, quando aplicaram atividade lúdicas para a prática da coleta seletiva de resíduos sólidos, com sendo etapa de uma gincana ecológica.

Figura 2. Última etapa do projeto, construção do jardim vertical com garrafas PET



Essas ferramentas simples, mas ao mesmo tempo inovadora, promovem um comportamento dirigido à transformação, capaz de modificar a realidade, tanto em seus aspectos naturais como sociais, desenvolvendo no educando as habilidades e atitudes necessárias, para a tão solicitada transformação.

5. CONCLUSÕES

As questões ambientais ainda são apresentadas de forma superficial, pragmática e sem uma reflexão mais crítica. Propomos que a Educação Ambiental seja inserida no ambiente escolar estimulando reflexões e ações que envolvam os alunos nesse contexto e façam parte dos projetos educativos das escolas e do planejamento político pedagógico anual. Há a necessidade de ampliar a discussão ambiental, por meio de debates, gincanas e outras atividades e ferramentas educativas que possam estimular o aprendizado e o reconhecimento da importância da Educação Ambiental crítica para a construção de uma sociedade mais participativa e sustentável.

Mas para que a adoção de novas ferramentas educacionais seja inserida nos ambientes escolares, faz-se fundamental trabalhar na capacitação do educador, para que este seja o principal multiplicador desses instrumentos educativos, e que essas ações sejam parte integrante de sua prática educacional, trabalhando de forma multidisciplinar os conteúdos exigidos corriqueiramente nas grades de ensino. “Um adulto dificilmente modificara o outro adulto, mas uma criança fará isso com um altruísmo incomparável”.

REFERÊNCIAS

ANTQUEVES, L. M. C.; BOSA, C. R.; DUBIASKI-SILVA, J. A educação ambiental e atividades lúdicas: um incentivo a mudança de hábitos na geração de lixo. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 183-192, 2015.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande – PB: um olhar fotográfico. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 104-120.

AZEVEDO, L. V.; RIONDET-COSTA, D. R. T.; SANTOS, J. R. Política Nacional de Educação Ambiental: análise de sua aplicação em projetos de pesquisa e extensão de instituições de ensino. **Revista Ciência e Natureza**, v. 39, n. 3, p. 701-722, 2017.

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Editora Ática, 2006. 127 p.

BRASIL. Lei nº. 9.795 de 27 de abril de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 20 maio 2019.

CABRAL, F. F.; RIBEIRO, I. L.; HRYCYK, M. F. Percepção ambiental de alunos do 6º ano de escolas públicas. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 151-161. 2015.

CAVALCANTE, A. F. B. A.; TAVARES, R. V.; SOUZA, A. R. F.; SILVA, E. Práticas ambientais de estudantes da escola de ensino médio Oliveira Lima (São José do Egito, Pernambuco) relacionadas aos resíduos sólidos. In: AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, G.; BEZERRA, R. P. L. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: abordagens práticas em Educação Ambiental**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017, p. 74-82.

GASQUES, A. C. F.; OKAWA, C. M. P.; SANTOS, J. D.; GASQUES, E. G. F.; DELABIO, F. Educação Ambiental: estudo de caso em dois colégios estaduais da cidade de Sarandi (PR). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 123-138, 2016.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O Consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012.

LANCHEROS, N. A.; SANTOS, F. R. Educação Ambiental nas escolas rurais do município de Piracanjuba/Goiás – Brasil. **Revista Latino-Americana de estudos em cultura e sociedade**, v. 3, n. 574, p. 1-12, 2017.

LEITE, A. A.; ANDRADE, M. O.; CRUZ, D. D. Percepção ambiental do corpo docente e discente sobre os resíduos sólidos em uma escola pública no Agreste Paraibano. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 35, n. 1, p. 58-75, 2018.

MACEDO, M. A. A. P. T.; RAMOS, M. C. P. Educação Ambiental e resíduos sólidos urbanos: caminho para um futuro sustentável. **Revista de Educação**, v. 7, n. 2, p. 41-57, 2015.

MARCIEL, J. L.; WACHHOLZ, C. B.; ALMINHANA, C. O.; BITAR, P. G.; MUHLE, R. P. Metodologias de uma Educação Ambiental inclusiva. **Escola de Gestão Pública**, p. 1-11, 2010.

MELO, A. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIRA, W. S.; MELO, V. L. A.; MELO, G. K. R. M. M.; DANTAS MELO, J. A cooperativa de compostagem de resíduos sólidos urbanos da cidade de Esperança – PB, e sua contribuição social e ambiental. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 26, n. 2, p. 65-73, 2011.

MONTEIRO, C.; KARPINSKI, J. A.; KUHL, M. R.; MOROZINI, J. F. A gestão municipal de resíduos sólidos e as ações de sustentabilidade: um estudo realizado em um município do Centro Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, v. 9, n. 1, p. 139-154, 2017.

OLIVEIRA, L. F. C. **Uma análise das intervenções em educação ambiental numa instituição de alunos com necessidades educativas especiais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PAIXÃO, F. Formulação e desenho da Rede Carajás de Educadores Ambientais e Desenvolvimento Sustentável Local. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, n. 2, 2007.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental?** São Paulo: Editora Brasiliense, 2010.

RUFFINO, P. H. P. **Proposta de educação ambiental como instrumento de apoio à implantação e manutenção de um posto de orientação e recebimento de recicláveis secos em uma escola estadual de Ensino Fundamental**. 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SANTOS, M. S.; SCHMITT, J. L.; ROSA, M. D. A Educação Ambiental como potencial para o gerenciamento de resíduos sólidos escolares: o caso da EMEF Boa Saúde, Novo Hamburgo (RS). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 53-66, 2016.

SILVA, J. A. P.; SOUSA, C. R. C.; SANTOS, R. J.; ROCHA, A. L. S. Estudo da destinação dos pneus inservíveis no município de Pau dos Ferros-RN. In: SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018, p. 09-22.

SOUZA, G. S.; MACHADO, P. B.; REIS, V. R.; SANTOS, A. S.; DIAS, V. B. Educação Ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 8, n. 2, p.118-130, 2013.

TEIXEIRA, T. S.; MARQUES, E. A.; PEREIRA, J. R. Educação ambiental em escolas públicas: caminho para adultos mais conscientes. **Revista Ciência em Extensão**, v.13, n. 1, p. 64-71, 2017.

TRAVASSOS, E. G. **A prática de educação ambiental nas escolas**. Porto Alegre, Mediação, 2006.

1.4 INSTITUCIONALIZAÇÃO DA PRÁTICA AMBIENTAL NO ENSINO SUPERIOR COM BASE NO CÁLCULO DA EMIÇÃO DE CARBONO

FERRARI, Bárbara

Universidade do Estado de Santa Catarina
barbaraferrari97@gmail.com

PINHEIRO, Daniel Moraes

Universidade do Estado de Santa Catarina
daniel.pinheiro@udesc.br

RESUMO

Cada vez mais as instituições de ensino superior (IES) são chamadas para, em conjunto com o Estado e outras organizações da sociedade civil, buscarem soluções para a crise ambiental que está posta. Isso porque, apesar de não estarem entre as atividades reconhecidas como poluidoras, os serviços administrativos e educacionais das IES também impactam o meio ambiente, tornando fundamental que possuam um sistema de gestão ambiental para controlar seus impactos e implementem práticas mais sustentáveis em todos os seus âmbitos. O objetivo deste artigo foi demonstrar como o uso de determinados indicadores de sustentabilidade, neste caso a estimativa da emissão de carbono, pode auxiliar o alcance destas metas. O estudo foi realizado no prédio da Reitoria da Universidade do Estado de Santa Catarina e do Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas, durante um semestre, por meio da aplicação de questionários on-line e de levantamento documental. Os resultados demonstraram a importância da atuação das IES na promoção de atividades de conscientização da comunidade acadêmica e externa, visando uma melhor relação do homem com o meio ambiente e contribuindo, através da formação, na qualificação de seus egressos, para que eles incluam em suas práticas profissionais a preocupação com a temática ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Temas relacionados ao meio ambiente, como sustentabilidade, preservação ambiental, pegada ecológica e educação ambiental, estão mais do que presentes na agenda mundial, já que, por muito tempo, os países utilizaram indiscriminadamente os recursos ambientais, sem levar em consideração que esses recursos são esgotáveis e não renováveis. Questionar, discutir e debater esses temas tornou-se essencial na atualidade, já que, com o passar dos anos, o meio ambiente se transformou em uma preocupação coletiva. Diversas ações foram sendo tomadas para despertar a consciência das pessoas acerca de suas atitudes diárias e do impacto que elas causam sobre a vida no planeta (BARBIERI, 2002; CAMARGO, 2005).

Por serem consideradas “espaços de reflexão, geração de conhecimentos, preparo de estudantes para as futuras práticas profissionais e desenvolvimento de pesquisas e tecnologias”, as Instituições de Ensino Superior (IES) são “convidadas a assumir a iniciativa de buscar alternativas e soluções para a problemática” ambiental (SOUZA, 2016, p. 123). Matos et al. (2016, p. 13) explicam que diversos autores acreditam “que as IES deveriam ocupar o vazio deixado por outras instituições, devido ao dever doutrinal para com a comunidade de se traduzirem em modelos sustentáveis na gestão, ensino e investigação”.

De acordo com Silva et al. (2018, p. 188) as organizações, para poderem realizar suas atividades, “são passíveis de causarem algum tipo de impacto ao ambiente” e que há determinados setores que são mais danosos do que outros. As IES não são uma exceção a essa afirmação. Dessa forma, apesar de não estar entre as atividades reconhecidas como extremamente poluidoras dentro da legislação atual, é bem claro que as IES – como uma estrutura que atende centenas, e até milhares, de pessoas todos os dias – também provocam diversos impactos ambientais negativos, principalmente pelo grande consumo de água, energia e produtos industrializados, elevada produção de resíduos sólidos, estímulo à concentração de pessoas morando/trabalhando ao seu redor, efeitos no trânsito e deslocamento das pessoas – que, por sua vez, geram grande impacto na emissão dos gases de efeito estufa (GEE) – modificando a paisagem urbana ou rural em que se insere e provocando externalidades positivas e negativas, tanto para o meio ambiente, quanto para a qualidade de vida da população (CÓFFANI-NUNES, 2012). Em virtude desses impactos, a gestão, a educação ambiental e a preocupação com o desenvolvimento sustentável, transformaram-se em elementos relevantes para gestores, pesquisadores e educadores.

Existem diversos estudos acerca da importância das IES para a ambientalização curricular e o desenvolvimento sustentável, que serão tratados na fundamentação teórica, considerando a afirmação de Marcovitch (1998, p. 23): “a universidade tem ainda o papel de formar a cidadania. Cabe-lhe, e talvez seja essa a sua principal função, desenvolver a inquietude do ser social”. Assim, o que se espera é que cada integrante da universidade seja um agente transformador, não só no meio em que vive, mas no seu ambiente profissional, estando “apto não apenas a conhecer, aplicar e desenvolver tecnologias, mas também a avaliar seus impactos sobre o meio ambiente” (ROTTA; BATISTELA; FERREIRA, 2017).

Inserir a educação e os valores ambientais nas IES públicas torna-se, assim, um desafio, dado que são necessárias mudanças não só nas estruturas acadêmicas, mas também na forma de ensino, para que seja possível se apropriar do saber ambiental (SOUZA, 2016). Mota e Kitzmann (2018, p. 13) ressaltam a importância de se transcender “a ideia de esverdeamento ou maquiagem curricular, ou seja, incorporar transversalmente os princípios e objetivos da EA (educação ambiental) e da sustentabilidade é imprescindível para que a ambientalização se implemente e se potencialize na prática”.

O presente estudo teve como objetivo principal demonstrar de que forma o uso de indicadores de sustentabilidade – neste caso, a estimativa do volume de carbono emitido – podem auxiliar na

elaboração e implementação de práticas mais sustentáveis na universidade. Além desse, definiu-se como objetivos específicos: a) identificar o estágio em que a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) se encontra no sentido de conscientizar sua comunidade acadêmica; b) identificar possíveis práticas e atitudes para reduzir ou neutralizar a quantidade de carbono emitida; c) demonstrar a importância das IES na formação dos seus alunos e funcionários, para que reduzam suas pegadas de carbono dentro e fora da universidade, em sua vida cotidiana.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Educação ambiental

Conforme Silva et al. (2018, p. 184), “a preocupação com as questões ambientais tornou-se prioridade em todos os setores da sociedade”, incluindo as IES, que tem incluído o tema em disciplinas e conteúdo, com o objetivo de formar profissionais “sensíveis com as questões ambientais, bem como às interações de suas atividades com o ambiente, na busca da promoção de um desenvolvimento sustentável”. Campos et al. (2019) também defendem que o principal objetivo das IES deveria ser a formação de pessoas capazes de realizar reflexões críticas sobre os problemas ambientais e sociais pelos quais são afetados, no intuito de exercerem, de forma plena, a cidadania. Assim, “por meio da universalização do conhecimento produzido por elas é que a percepção da problemática ambiental vai se ampliando e promovendo a mudança no comportamental dos cidadãos” (CAMPOS et al., 2019, p. 458).

Segundo Mayor (1998 apud TAUCHEN; BRANDLI, 2006, p. 504), “a educação é a chave do desenvolvimento sustentável e autossuficiente”, devendo, portanto, ser ofertada a todos, de tal forma que cada pessoa tenha reais chances de se instruir durante a vida. Levando em conta que a educação já é considerada um dos desafios da humanidade para o século XXI pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 1998), a introdução de questões ambientais nesse processo se torna um desafio a mais nesse contexto (MARCOMIN; SILVA, 2009).

A educação ambiental ganhou espaço representativo nas conferências sobre o meio ambiente, e desde os anos 70, vem recebendo um status de maior relevância ainda, com a realização de conferências internacionais exclusivas sobre ela. Inúmeros documentos e trabalhos são produzidos nessas reuniões, de forma a orientar políticas e ações de educação ambientais pelos governos nacionais, podendo servir como modelo para as políticas regionais e locais. Assim, uma das principais justificativas para a institucionalização da educação ambiental, é a sua importância para a criação de sociedade mais justas e sustentáveis, que possam garantir um planeta melhor para as futuras gerações (BARCHI, 2016).

No Brasil, a Constituição Federal de 1988, no inciso VI do §1º do artigo 225, dita que é incumbência do poder público “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”, dado que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). Além disso, a Lei 9.795/99, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, diz que “a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 1999), não sendo o ensino superior uma exceção.

Ademais, a educação ambiental é uma das bases do desenvolvimento sustentável, e como tal contribui para o entendimento das relações e interações do ser humano com o ambiente, fomentando “uma ética ambiental pública a respeito do equilíbrio ecológico e da qualidade de vida, despertando nos indivíduos e nos grupos sociais organizados o desejo de participar da construção de sua cidadania” (ZITZKE, 2002 apud TAUCHEN; BRANDLI, 2006, p. 504).

2.2. Ambientalização curricular no ensino superior

Perante o desafio de inserir a temática socioambiental e da sustentabilidade na educação superior, surge uma tendência dos debates acerca da educação que é a elaboração de políticas institucionais de ambientalização curricular nas IES (ROTTA; BATISTELA; FERREIRA, 2017). De acordo com Junyent, Geli e Arbat (2002, p. 21 apud GUERRA et al., 2017, p. 27),

[...] a ambientalização pode ser entendida como um processo contínuo de produção cultural voltado à formação de profissionais comprometidos com a busca permanente das melhores relações possíveis entre a sociedade e a natureza, atendendo aos valores da justiça, da solidariedade e da equidade, aplicando os princípios éticos universalmente reconhecidos e o respeito às diversidades.

Dessa maneira, a ambientalização engloba não apenas o ensino, mas também a pesquisa, a extensão e a gestão do campus, sendo um processo dinâmico e contínuo (GUERRA et al., 2017). “Ambientalizar” o ensino, é, portanto, “inserir a dimensão socioambiental onde ela não existe ou está tratada de forma inadequada” (KITZMANN, 2007, p. 554). Além disso, tem surgido, em nível mundial, um movimento intenso pela ambientalização, destacando a responsabilidade ambiental das IES, de incluir o tema da sustentabilidade nos cursos, currículos e espaços universitários e em todas as atividades acadêmicas e administrativas (ROTTA; BATISTELA; FERREIRA, 2017).

A resolução nº 2, aprovada pelo Conselho Nacional de Educação, que estabelece as diretrizes curriculares nacionais para a educação ambiental – válida também para o ensino superior –, não utiliza diretamente o termo ambientalização (BRASIL, 2012). Entretanto, segundo Guerra et al. (2017), percebe-se uma aproximação com este conceito no artigo 21, que determina que é responsabilidade dos sistemas de ensino promover condições para que as instituições educacionais sejam um espaço que eduque a sua comunidade para a sustentabilidade socioambiental, de forma a integrar, não apenas os currículos, mas também a gestão e as edificações, de forma a existir uma “relação equilibrada com o meio ambiente e tornando-se referência para seu território” (BRASIL, 2012).

A declaração mundial sobre educação superior no século XXI: visão e ação, da UNESCO (1998), afirma que “a educação superior tem dado ampla prova de sua viabilidade no decorrer dos séculos e de sua habilidade para se transformar e induzir mudanças e progressos na sociedade”. Assim, percebe-se que as IES têm um papel fundamental no caminho em busca do desenvolvimento sustentável, já que elas são espaços de “reflexão, formação e difusão de novas concepções de desenvolvimento e sustentabilidade, participando numa perspectiva mais ampla do estabelecimento de sociedades mais justas, solidárias e ambientalmente sustentáveis” (BRASIL, 2007, p. 25).

Para Sousa, Carniello e Araújo (2012, p. 33) as IES, no exercício de sua “função de criar, transmitir e difundir o conhecimento através do tripé ensino-pesquisa-extensão” devem buscar responder aos anseios da sociedade, “formando profissionais multidisciplinares capazes de empreender ações voltadas ao desenvolvimento sustentável no seu campo de interferência”.

Mota, Cousin e Kitzmann (2018, p. 209) defendem que devemos pensar “a universidade como um lugar capaz de permitir a formação de concepções inovadoras, reflexivas e solidárias”. As IES, por meio do processo de formação de profissionais com “competências ambientalmente sustentáveis”, possibilitam o fortalecimento de “um ciclo formativo para além da academia”, que acaba por se refletir na formação de outros indivíduos, “a partir desses agentes que internalizam as questões socioambientais com base no currículo do curso acadêmico” (MOTA; COUSIN; KITZMANN, 2018, p. 209).

No entanto, Silva et al. (2018, p. 184) destaca que, apesar de assumirem responsabilidades com relação à resolução das questões ambientais, “verifica-se que administrativamente e no

cotidiano dessas instituições, as ações ambientalmente corretas não estão incorporadas”. Careto e Vendelirinho (2003 apud TAUCHEN; BRANDLI, 2006, p. 503), enfatizam que “as universidades e outras instituições de ensino superior precisam praticar aquilo que ensinam”.

2.3. As ações de sustentabilidade desenvolvidas na udesc

Conforme exposto por Silva e Pinheiro (2017, p. 29) “a pressão pelo controle dos impactos das atividades e pela preservação ambiental é direcionada não apenas as organizações privadas, mas também ao setor público”. Além disso, “as instituições públicas, principalmente nos setores administrativos, estão sendo orientadas a buscar a mudança de hábitos e atitudes internas, promovendo uma nova cultura institucional de combate ao desperdício” (PASSOS et al., 2018, p. 304).

Dessa forma, as ações da UDESC, sendo uma universidade pública, também precisam ser direcionadas, no âmbito da sua gestão, para o desenvolvimento sustentável. Em seu planejamento estratégico 2010 – 2030 é possível observar, como uma de suas diretrizes gerais, “a responsabilidade social da instituição, considerada especialmente no que se refere à sua contribuição em relação à inclusão social, ao desenvolvimento econômico e social, à defesa do meio ambiente” (UDESC, 2010, p. 28). Além disso, seu reitor, no site institucional da universidade, cita que: “a UDESC busca continuamente praticar e difundir preceitos de sustentabilidade nas atividades internas de caráter acadêmico e administrativo, na sua relação com atores sociais e com a comunidade em seu entorno” (UDESC, 2018).

Desde 2017, ancorando-se no seu plano de desenvolvimento institucional 2017 – 2022, a universidade possui o Programa UDESC Sustentável, que tem por objetivo geral estimular e consolidar a existência de uma cultura de responsabilidade socioambiental dentro da instituição, tendo como alguns de seus objetivos específicos: a) promover o uso racional dos recursos naturais; b) realizar a gestão adequada dos resíduos gerados; c) realizar a sensibilização e capacitação continuada dos servidores em relação aos temas enfocados no âmbito do programa, entre outros (UDESC, 2018).

Esse programa já tem diversos projetos em andamento, sendo um dos principais o relacionado à gestão de resíduos: UDESC Lixo Zero 2022. Apesar de ainda estar em construção, este programa se mostra como um primeiro passo para atingir uma melhoria na consolidação das ações e estratégias voltadas para a preocupação com a sustentabilidade dentro da instituição. No entanto, para a implementação efetiva do programa é necessário que se realize um conjunto de ações de cunho político, administrativo e técnico, construindo, em parceria com a comunidade acadêmica, uma política ambiental para a universidade.

Em seu plano de gestão 2016 – 2020, a UDESC tem como um dos projetos do eixo de sustentabilidade, o projeto carbono zero, cujo objetivo é “desenvolver iniciativas que contribuam para que sejamos mais conscientes ambientalmente e buscar compensar as emissões de dióxido de carbono vinculadas as suas atividades cotidianas, através de práticas sustentáveis” (UDESC, 2016). O projeto possui diversas ações, entre elas: o programa copo zero; a redução no consumo de energia elétrica, papel e água na universidade; a realização de convênios com cooperativas de reciclagem para promover o descarte correto dos resíduos; a implementação de um programa institucional de coleta seletiva; criação de um edital específico para projetos de sustentabilidade; dentre outras (UDESC, 2016).

Mendonça et al. (2018), após analisar documentos institucionais e curriculares, conclui que, apesar de ser de forma fragmentada e isolada, a universidade possui, em todos os níveis, comprometimento com a temática da ambientalização e a da sustentabilidade, “por meio de políticas, ações e práticas internas e externas sustentáveis e de responsabilidade socioambiental, reforçando o compromisso social da universidade em todos os níveis citados” (MENDONÇA et al., 2018, p. 297). No entanto, ressalta a importância de se realizar uma investigação mais profunda para identificar,

caracterizar e avaliar as ações concretas que estão sendo realizadas, tanto no âmbito da gestão, quanto do ensino, da pesquisa e da extensão. Ressalta, também, que o planejamento e a participação coletiva das universidades são importantes para a construção de uma sociedade mais sustentável.

Cunha et al. (2015) analisa a implementação dos indicadores da Rede de Indicadores de Universidades Sustentáveis (RISU), em 11 domínios: política de sustentabilidade, sensibilização da comunidade universitária, responsabilidade socioambiental, docência, pesquisa e transferência, gestão do urbanismo, biodiversidade, energia, água, mobilidade, resíduos e contratação responsável. Seu trabalho permitiu, não só tomar consciência acerca de quais indicadores estão sendo implementados e com qual extensão, mas também identificar aqueles que ainda não estão e aqueles que correspondem a processos de implementação mais complexos, porque dependem de fatores externos a que a UDESC, como instituição pública, se encontra condicionada. A conclusão a que os autores chegaram foi que um dos principais aspectos a se priorizar é a elaboração da Política de Sustentabilidade da UDESC, pois ela “poderá e deverá constituir com a matriz base de planejamento da ação estratégica de sustentabilidade na universidade” (CUNHA et al., 2015, p. 223).

2.4. Geração de resíduos sólidos

O tópico da geração de resíduos merece destaque especial, especialmente pelo seu impacto como uma das maiores fontes de emissão de carbono neste estudo. Passos et al. (2018) apresentaram em seu estudo que as instituições da sociedade civil, entre elas, as IES, contribuem para a geração de resíduos. No entanto, a falta de legislação específica para elas, de fiscalização dos resíduos que são gerados e da forma como são descartados, podem contribuir para o aumento da poluição ambiental. Assim, os autores demonstram, em seus resultados, “a necessidade do campus de inserir os critérios de sustentabilidade em suas atividades e integrá-las as ações sociais e ambientais com o interesse público” (PASSOS et al., 2018, p. 302). Além disso, segundo os autores, as IES têm uma realidade própria quando o tema é a geração e gestão dos resíduos, pois, apesar de possuírem educadores que trabalham a temática da sustentabilidade, a consciência ambiental nem sempre é praticada no dia-a-dia.

Neri, Cardoso e Alexandre (2018, p. 319) também defendem que as IES são fundamentais no processo de formação dos indivíduos e, por isso, são “importantes locais de ação no desenvolvimento de programas que visem à minimização de resíduo, assim como na formação de agentes multiplicadores”. Assim, as IES podem atuar na formação de indivíduos sensíveis à temática ambiental e conscientes de suas responsabilidades com o meio ambiente, por meio de novos projetos de sensibilização sobre a problemática dos resíduos sólidos, buscando sempre garantir o envolvimento da comunidade acadêmica e externa.

Corroboram com estes estudos, o de Campos et al. (2019), que alertam para a necessidade de as universidades elaborarem programas de educação ambiental, no âmbito dos planos de gerenciamento dos resíduos, para que se esclareça e se sensibilize a comunidade acadêmica como um todo, principalmente alunos, professores e terceirizados, sobre a responsabilidade compartilhada que existe para a gestão dos resíduos. Dessa forma, “a construção de valores e mudanças comportamentais da comunidade acadêmica depende, essencialmente, do processo de sensibilização ambiental” (CAMPOS et al., 2019, p. 458).

Além disso, utiliza-se o estudo realizado por Tramontina e Carniatto (2019) na cidade de Toledo, no Paraná, com operários de 13 indústrias distintas do Parque Moveleiro. Os autores demonstraram que, com relação à separação de resíduos reciclados em casa, quanto maior a escolaridade dos trabalhadores, maior o percentual deles que realiza a separação dos resíduos em casa. Já com relação à separação no trabalho, apesar de não se observar esse grau crescente de acordo com a escolaridade, foi possível notar um percentual elevado, de 84%, nas pessoas que possuem Ensino Superior Completo. A conclusão do trabalho foi de que “os dados demonstraram uma tendência dos trabalhadores que possuem maior nível de escolaridade a apresentarem maior

sensibilidade às questões ambientais” (TRAMONTINA; CARNIATTO, 2019, p. 29), confirmando a tese de que as IES têm papel importante nas atitudes futuras de seus egressos.

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo quantitativo, realizado com base em um levantamento de dados, com metodologia inspirada no GHG Protocol, que consiste em uma ferramenta, desenvolvida nos Estados Unidos em 1998, utilizada para entender, quantificar e gerenciar as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além disso, é o método mais utilizado no mundo por empresas e governos para a realização de seus inventários de GEE, por ser compatível com a norma ISO 14.064 e com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2018).

Com intuito de auxiliar os gestores no processo de elaboração desses inventários, o Programa Brasileiro GHG Protocol disponibiliza uma ferramenta de cálculo (planilha Excel) em seu website (<https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>), que calcula as emissões de carbono automaticamente a partir dos dados inseridos. Essa metodologia subdivide as emissões em três grandes escopos: (a) emissões diretas de GEE; (b) emissões indiretas de GEE; e (c) outras emissões indiretas de GEE, derivadas dos principais produtos consumidos e serviços terceirizados (SEMA-PR, 2009).

Considerando a complexidade e abrangência da metodologia do GHG Protocol, que geralmente é utilizada para realização de inventários corporativos em grandes emissores de carbono, ela não se aplica em sua totalidade neste estudo. Dessa forma, optou-se por adaptar essa metodologia para a realidade da Reitoria da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e do Centro de Ciências da Administração e Socioeconômicas (ESAG), realizando-se um recorte apenas nas fontes de emissão existentes na universidade.

O cálculo dessas estimativas foi realizado com base na seguinte fórmula (Equação 1):

$$\text{Emiss}_{\text{CO}_2} = \text{Consumo total} \times \text{FE}_{\text{CO}_2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$\text{Emiss}_{\text{CO}_2}$ = emissões de CO₂ em toneladas por ano;

Consumo total = consumo total gerado pela fonte de emissão;

FE_{CO_2} = fator de emissão do CO₂, para a fonte de emissão em questão.

Os fatores de emissão utilizados para carros a gasolina, flex, diesel e gás veicular natural (GNV) são os disponíveis na ferramenta de cálculo supracitada, já realizados os devidos balanceamentos, considerando que a gasolina e o diesel não são comercializados em suas formas puras. O fator de emissão de energia elétrica foi atualizado para o fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, no ano de 2017, disponível no relatório para inventários corporativos. Os demais fatores de emissão são os mesmos considerados no trabalho de Pinheiro, Padilha e Schulte (2013).

A coleta de dados foi realizada a partir da aplicação de um questionário on-line para alunos, professores e técnicos, que buscou informações acerca do meio de transporte e tipo de combustível utilizado para deslocamento, bem como sobre a frequência com que ele ocorre; e de levantamento documental para a verificação do consumo de água, de energia elétrica e de consumo de papel branco e reciclado. A estimativa da geração de resíduos média por pessoa foi baseada no trabalho de

Scheffer (2018). O número total de técnicos, de professores efetivos e substitutos e dos alunos de graduação e pós-graduação foi disponibilizado pela instituição. A periodicidade de emissão considerada foi de um semestre, considerando as diferenças existentes entre a quantidade de semanas de atividades do grupo de técnicos e professores e do grupo de alunos. O primeiro grupo tem, em média, 24 semanas de atividades, enquanto o segundo tem 20 semanas – quatro semanas de férias escolares.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Tabulação de dados advindos dos questionários

Para o cálculo da emissão de GEE pelos respondentes do questionário, primeiramente efetuou-se a separação por público-alvo e por tipo de emissão. Assim, os técnicos tiveram apenas emissão de escopo 1, relacionados à emissão de CO₂ por transporte com veículos particulares e com veículos coletivos. Já os professores e alunos, além das emissões do escopo 1, também tiveram emissões do escopo 3, devido ao consumo de folhas de papel impressas na central de cópias (terceirizada) ou nas impressoras pessoais dos docentes.

Após a compilação dos dados levantados através dos questionários, teve-se que o total das emissões de carbono no prédio da Reitoria e da ESAG, em um semestre, para o percentual de técnicos, professores e alunos respondentes foi de 79,07 tCO₂ (Tabela 1). O número de técnicos respondentes foi de 42 (19,53%), de professores foi de 20 (22,58%) e de alunos, 187 (11,88%).

Tabela 1. Emissão total a partir dos dados coletados no questionário.

Fontes de emissão	Total de emissões em tCO ₂
a ₁) Veículos particulares – Técnicos	16,95
b ₁) Transporte coletivo – Técnicos	0,07
1) Total Emissão Técnicos	17,02
a ₂) Veículos particulares – Professores	3,19
b ₂) Papel – Professores	0,02
2) Total Emissão Professores	3,21
a ₃) Veículos particulares – Alunos	26,23
b ₃) Transporte coletivo – Alunos	32,50
c ₃) Papel – Alunos	0,11
3) Total Emissão Alunos	58,84
TOTAL DE EMISSÕES	79,07

4.2. Tabulação de dados advindos do levantamento documental

Dado que o prédio em que são realizadas as atividades da Reitoria e da ESAG é um prédio único, as informações necessárias para realização do cálculo da emissão de CO₂ proveniente do consumo de energia elétrica, água, papel e resíduos sólidos neste ambiente são relativas ao consumo de todas as pessoas que circulam no prédio, não sendo possível separar esses dados por público-alvo ou por unidade de consumo. Sendo assim, essa parcela da emissão de CO₂ foi calculada considerando-se o consumo total do prédio. Nesse item há emissões do escopo 2, decorrentes do consumo de energia elétrica e também do escopo 3, derivadas do consumo de água, do consumo de folhas de papel para as atividades administrativas e da geração de resíduos no prédio.

Os resultados obtidos foram: (a) 10,32 tCO₂ emitidos pelo consumo total de energia elétrica; (b) 0,66 tCO₂ pelo consumo de água e (c) 0,68 tCO₂ pelo consumo de papel nos setores administrativos.

Frente a todas as questões expostas na fundamentação teórica e a importância do tema “geração de resíduos” nas IES, cabe-se um destaque nos resultados obtidos por esse tipo de emissão. Assim, para o cálculo da geração de resíduos média por pessoa foram utilizados os dados levantados por Scheffer (2018). De acordo com o autor, a geração de resíduos média é de aproximadamente 0,55 kg por dia, dos quais 53% são resíduos recicláveis (0,29 kg) e 12% são resíduos orgânicos (0,07 kg). Os demais 35% (0,19 kg) foram classificados como rejeitos, sendo descartados deste estudo.

Somando-se o total de técnicos, professores e alunos têm-se o público final de 1.882 pessoas. A Tabela 2 apresenta a geração de resíduos orgânicos e a Tabela 3 a geração de resíduos recicláveis, separados por público, com os dados da geração por dia, semestre e dos kg de CO₂ emitidos. Para o cálculo foram considerados cinco dias na semana, 24 semanas para técnicos e professores e 20 semanas para alunos. Os resultados encontrados foram de 22,85 tCO₂ para resíduos orgânicos e de -27,05 tCO₂ para resíduos recicláveis, já que estes possuem fator de emissão negativo.

Tabela 2. Geração de resíduos no prédio (Orgânico).

Público	Quantidade de pessoas	Orgânico		
		kg por dia	kg por semestre	Emissão em tCO ₂
Técnicos	215	15,05	1.806,0	3,03
Professores	93	6,51	781,2	1,31
Alunos	1574	110,18	11.018,0	18,51
TOTAL ORGÂNICO	1882	131,74	13.605,2	22,85

Tabela 3. Geração de resíduos no prédio (Reciclável).

Público	Quantidade de pessoas	Reciclável		
		kg por dia	kg por semestre	Emissão em tCO ₂
Técnicos	215	62,35	7.482,0	-3,59
Professores	93	26,97	3.236,4	-1,55
Alunos	1574	456,46	45.646,0	-21,91
TOTAL REICLÁVEL	1882	545,78	56.364,4	-27,05

4.3. Emissões de CO₂ na UDESC

Como na maioria dos levantamentos, não foi possível pesquisar todos os integrantes da população estudada. Dessa forma, não houve dados suficientes para calcular a quantidade total de emissões de carbono geradas na universidade. No entanto, a partir dos dados obtidos (Tabela 1), há algumas considerações a serem feitas.

A maior parte das emissões foi proveniente do deslocamento das pessoas até a universidade, especialmente do grupo de alunos, que é o maior deles. Mesmo considerando apenas os respondentes ao questionário, e não a totalidade do público que realiza suas atividades na UDESC, o impacto causado pelo deslocamento é visível. Dessa forma, percebe-se a importância de a universidade priorizar ações coletivas, que permitam uma aproximação entre ela e a comunidade em seu entorno

(como caronas solidárias, uso de transporte público ou de modais sustentáveis, uso de combustíveis alternativos à gasolina, incentivos para a utilização de bicicletas por alunos, funcionários e professores, etc.). Essa aproximação entre as universidades e a comunidade externa, especialmente as instituições públicas de ensino superior que são custeadas com o dinheiro público, é fundamental para que se possa retribuir à sociedade o investimento realizado, buscando gerar uma transformação na realidade social existente. Diversos estudos (MATOS et al., 2016; SOUZA, 2016; ROTTA; BATISTELA; FERREIRA, 2017; MOTA; COUSIN; KITZMANN, 2018; CAMPOS et al., 2019) apontam para o grande potencial transformador das IES e para a sua responsabilidade na busca por uma solução aos problemas ambientais atuais, principalmente por considerarem as IES como espaços de formação de profissionais cidadãos e conscientes, preparados para pensar e construir práticas que sejam capazes de melhorar a qualidade de vida da sociedade como um todo.

Também é importante ressaltar que, em geral, o principal público afetado por ações de educação ambiental é justamente o de alunos, que podem ser grandes propagadores da causa ambiental, levando o conhecimento adquirido na universidade, para fora dela. Isso se apresenta como um estímulo a mais para que a universidade institucionalize as práticas de educação ambiental em sua gestão, educando a sua comunidade acadêmica para a sustentabilidade e para a conscientização ambiental. Considerando o tripé ensino-pesquisa-extensão, no qual as IES são pautadas, os seus Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) devem atuar em todos esses âmbitos. Assim, de forma conjunta às ações de educação ambiental internas, também é possível realizar ações de extensão, com objetivo de trazer a comunidade para dentro da universidade, buscando engajá-la e envolvê-la no processo de conscientização, a partir da identificação dos problemas ambientais que afetam o seu entorno e de possíveis soluções a essas questões, elaborando estratégias para amenizar não apenas os impactos ambientais causados pela universidade, mas também os impactos causados por ela mesma no desenrolar da vida cotidiana.

Ademais, percebe-se a necessidade de realização de ações relacionadas ao tema da geração de resíduos sólidos, buscando conscientizar a população acerca não só da necessidade de reciclar esses materiais, mas também de repensar nossas atitudes diárias, buscando recusar produtos e materiais desnecessários – especialmente aqueles fabricados com plástico, reduzindo o consumo e reutilizando os materiais sempre que possível. Assim, quebra-se a lógica do consumo inconsciente e desenfreado, buscando entender melhor o ciclo da fabricação do produto e o caminho que ele percorre até chegar a nós, percebendo os impactos ambientais gerados ao longo de toda cadeia produtiva. Além desses pontos, os autores deste estudo realizaram uma estimativa da emissão total de carbono no período de um semestre, a partir de uma regra de três simples, sem caráter estatístico e apenas para fins de gerenciamento da emissão de GEEs pela universidade. Esse cálculo demonstrou que, se os demais integrantes da população pesquisada emitissem quantidades de carbono semelhantes às dos respondentes ao questionário, o valor total de CO₂ emitido poderia chegar a quase 605 toneladas por semestre. Desse total, 98,52% seriam advindos dos deslocamentos diários entre a universidade e os locais de residência dos mais de mil frequentadores do centro.

5. CONCLUSÕES

A elaboração de um inventário das emissões de GEE é o primeiro passo para a elaboração de um programa de gerenciamento dessas emissões, em um contexto maior, de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na universidade. A partir da definição de quais são as fontes de emissão existentes e quais delas emitem maior volume de GEEs, é possível planejar quais são as ações necessárias para atingir a redução almejada. Conforme exposto no referencial teórico, no caso específico das IES, essa iniciativa é primordial na formação dos seus estudantes, que podem ser agentes de mudança em suas futuras áreas de atuação. Dessa forma, as IES devem difundir conhecimentos no intuito de formar profissionais capazes de empreender ações voltadas ao desenvolvimento sustentável no seu campo de interferência, de forma a incluir a preocupação com as questões ambientais em suas práticas profissionais.

A partir da utilização de um dos indicadores de sustentabilidade – o cálculo da emissão de carbono, entre os inúmeros que existem e que podem ser utilizados conjuntamente a este – buscou-se demonstrar como esses indicadores podem auxiliar no processo de elaboração e implementação de práticas mais sustentáveis na universidade e na inserção da temática ambiental na instituição, contribuindo para a educação e a conscientização sobre o tema, tanto da comunidade acadêmica, quanto da comunidade externa, visando sempre aproximar a universidade e a sociedade, para que essas ações possam ter um maior índice de efetividade, ao agregar todos em sua execução. Para tanto, realizou-se revisão de literatura, além de verificar e analisar os consumos de energia, água, papel nos setores administrativos, geração de resíduos sólidos e deslocamento dos alunos, professores e técnicos de um dos centros da universidade. Com base nos resultados obtidos foram feitas recomendações para a IES, visando à redução dos seus impactos ambientais.

Conforme demonstrado, a UDESC já busca praticar e difundir os princípios da sustentabilidade, tanto em suas atividades internas administrativas e educacionais, quanto em suas relações com a comunidade em seu entorno. No entanto, ainda não possui um SGA formalizado. Com base nisso, sugere-se como algumas práticas a serem implementadas pela UDESC em busca de uma melhoria no seu aspecto ambiental: (a) realizar o inventário de emissão de GEEs com um maior número de variáveis, por exemplo, incluir a emissão advinda do consumo de combustível e da situação da frota de veículos oficial, emissões das atividades terceirizadas da universidade, viagens de estudos, viagens bancadas pela instituição para apresentação de trabalhos, entre outros; (b) implementar um sistema de monitoramento dos GEE a partir da realização desses inventários; (c) realizar as ações de cunho político, administrativo e técnico, necessárias à implementação de um SGA efetivo; (d) aproximar a universidade da comunidade em que está inserida, construindo com ela uma política ambiental para si; (e) despertar a comunidade acadêmica para o seu papel de destaque no alcance das metas de redução dos GEEs; (f) mostrar à comunidade externa atitudes cotidianas que podem realizar para colaborar com a melhora do meio ambiente e das condições ambientais atuais; (g) incentivar que a comunidade acadêmica se comprometa mais na sua participação em responder os questionários de subsídio para a realização do inventário, para que se possa obter um valor mais confiável e próximo à realidade.

Com base em um resultado mais fidedigno do impacto da IES na emissão de GEE, é possível buscar alternativas para sua compensação e, especialmente, sua redução, visando estimular a adoção de medidas que contribuam para a criação de um ambiente sustentável e para a conscientização dos egressos da instituição. Por meio da implementação de um sistema de monitoramento dos GEE que permita a quantificação de sua emissão para a atmosfera, pode-se controlar de forma mais efetiva tanto o volume produzido, quanto as possíveis formas de minimizar essa produção. Dessa forma, as IES podem contribuir para a problemática ambiental, tanto através da formação de seus egressos, quanto através da implementação de SGAs em seus *campi* universitários, servindo de modelo e exemplo prático para a sociedade de como é possível realizar uma gestão sustentável.

REFERÊNCIAS

Agenda 21. 5ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: as estratégias de mudanças da**

BARCHI, R. Educação ambiental e (eco)governamentalidade. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 3, p. 635-650, 2016.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição Federal, de 5 de outubro de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 24 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília, DF, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm>. Acesso em: 24 maio 2018.

BRASIL. Órgão Gestor da Política Nacional de Educação Ambiental. **Mapeamento da Educação Ambiental em Instituições Brasileiras de Educação Superior**: elementos para políticas públicas. Brasília: MMA/ME, 2007. 34 p. Série Documentos Técnicos, nº 12. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/_arquivos/dt_12.pdf>. Acesso em: 22 maio 2018.

BRASIL. Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012. **Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**. Disponível em: <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/resolucao-no-2-de-15-de-junho-de-2012--educacao-ambiental-mec.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2018.

CAMARGO, A. L. B. **Desenvolvimento Sustentável**: dimensões e desafios. 2ª ed. Campinas: Papirus, 2005.

CAMPOS, A. C. M.; RIBEIRO, A. G. C.; PIRES, M. C.; SOUSA, F. A. Avaliação da influência de atividades de Educação Ambiental na melhoria da coleta seletiva em uma instituição de ensino. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 456-477, 2019.

CÓFFANI-NUNES, K. **Sustentabilidade Ambiental das Universidades**: Avaliação de seis universidades sediadas no estado de São Paulo a partir da análise das informações. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

CUNHA, I. C.; FREITAS, M. J. C.; MENDONÇA, A. W.; BOGO, A. Compromissos de Sustentabilidade na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Brasil: estudo de caso do Projeto Rede de Indicadores de Universidades Sustentáveis – RISU. **Contrapontos**, v. 15, n. 2, p. 204-227, 2015.

GUERRA, A. F. S.; FIGUEIREDO, M. L.; SERPA, P. R.; CORREIA, W. Saberes e fazeres do processo de ambientalização na educação superior. In: FIGUEIREDO, M. L.; GUERRA, A. F. S.; ANDRADE, I. C. F.; LIMA, L. C.; ARRUDA, M. P.; MENEZES, R. M. (Orgs.). **Educação para ambientalização curricular: diálogos necessários**. São José: Editora ICEP, 2017. p. 23-42.

KITZMANN, D. Ambientalização de Espaços Educativos: aproximações conceituais e metodológicas. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 18, p. 553-574, 2007.

MARCOMIN, F. E.; SILVA, A. D. V. A sustentabilidade no ensino superior brasileiro: alguns elementos a partir da prática de educação ambiental na Universidade. **Contrapontos**, v. 9, n. 2, p. 104-117, 2009.

MARCOVITCH, Jacques. **A Universidade Impossível**. 2ª ed. São Paulo: Futura, 1998.

MATOS, A.; CABO, P.; RIBEIRO, M.; FERNANDES, A. As Instituições de Ensino Superior perante a problemática ambiental. **Revista de Educação**, v. 7, n. 2, p. 13-40, 2016.

MENDONÇA, A. W.; FREITAS, M. J. C.; GHIZONI, A. S.; BOGO, A.; CUNHA, I. C. Processo de ambientalização e promoção da sustentabilidade na UDESC: análise dos documentos institucionais e curriculares. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 283-298, 2018.

MOTA, J. C.; COUSIN, C. S.; KITZMANN, D. I. S. A Educação Ambiental estética e as relações de pertencimento no processo de ambientalização curricular. **Revista Pedagógica**, v. 20, n. 45, p. 207-226, 2018.

MOTA, J. C.; KITZMANN, D. I. S. Princípios para a institucionalização da ambientalização curricular na educação superior: da sensibilização à ecocidadania socioambiental. **Ambiente & Educação**, v. 24, n. 2, p. 12-29, 2018.

NERI, J. A.; CARDOSO, M. F. M.; ALEXANDRE, J. I. S. Quantificação e caracterização dos resíduos sólidos do *Campus II* da faculdade ASCES. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 315-330.

PASSOS, C. R. L.; LIMA, E. M.; QUEIROZ, J. M. S.; LIRA, C. W. P. O problema dos resíduos sólidos na administração pública de ensino: estudo de caso do IFPE – *Campus Afogados da Ingazeira* – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 302-314.

PINHEIRO, D. M.; PADILHA, M.; SCHULTE, N. K. A metodologia Carbono Zero no processo de gestão para a sustentabilidade: o estudo piloto em uma instituição pública de educação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL, 4., 2013, Porto Alegre. *Anais... Porto Alegre: SBDS, 2013.* p. 53-62.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **O Programa Brasileiro GHG Protocol.** 2018. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/o-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>>. Acesso em: 31 maio 2018.

ROTTA, M.; BATISTELA, A. C.; FERREIRA, S. R. Ambientalização curricular no Ensino Superior: formação e sustentabilidade nos cursos de graduação. **Aactualidades Investigativas En Educación**, v. 17, n. 2, p. 1-20, 2017.

SCHIEFFER, E. O. **Diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos nas Instituições de Ensino Superior: um estudo de caso na Universidade do Estado de Santa Catarina.** 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental) – Centro de Ciências Humanas e da Educação, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SEMA – PR. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. **Inventário de Emissão de CO₂ da SEMA – PR visando sua redução e neutralização.** Disponível em: <<http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Inventario2009.doc>>. Acesso em: 30 maio 2018.

SILVA, J. I. A. O.; PINHEIRO, A. L. S. Sustentabilidade nas instituições federais de ensino: uma revisão da literatura. In: SILVA, E. E. D.; NÓBREGA JÚNIOR, J. M. P. (Orgs.). **Campo de Pública: Políticas Públicas.** Campina Grande: EDUEPB, 2017. p. 17-55.

SILVA, L. C. C.; GOUVEIA, R. L.; FERNANDES, M. L. B.; SILVA, A. K. P. Auditoria ambiental como ferramenta de gestão para o desenvolvimento sustentável em instituições de ensino superior. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 183-199.

SOUSA, M. G. B.; CARNIELLO, M. F.; ARAÚJO, E. S. O papel das Instituições de Ensino Superior no Desenvolvimento Sustentável. **Revista Cereus**, v. 4, n. 3, p. 24-35, 2012.

SOUZA, V. M. Para o mercado ou para a cidadania? A Educação Ambiental nas instituições públicas de Ensino Superior no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 21, n. 64, p. 121-142, 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: modelo para implantação em *campus* universitário. **Gestão e Produção**, v. 13, n. 3, p. 503-515, 2006.

TRAMONTINA, L. T.; CARNIATTO, I. Influências da Educação Ambiental, do grau de escolaridade e do ambiente de trabalho em práticas ambientais por trabalhadores na indústria. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 29-48, 2019.

UDESC. **Site Institucional.** Disponível em: <<http://www.udesc.br/>>. Acesso em: 22 maio 2018.

UDESC. Universidade do Estado de Santa Catarina. **Plano 20: planejamento estratégico 2010 – 2030.** Disponível em: <http://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/429/vers_o_ioesc_final_corrigida.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.

UDESC. Universidade do Estado de Santa Catarina. **Plano de Gestão 2016 – 2020.** Disponível em: <http://www.udesc.br/arquivos/udesc/documentos/plano_gestaoUdesc__1__0607383001481205237.pdf>. Acesso em: 29 maio 2018.

UNESCO. Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI: Visão e Ação – 1998. In: **Tendências da educação superior para o século XXI** – Conferência mundial sobre o Ensino Superior realizada em Paris de 5 a 9 de outubro de 1998. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Direito-a-Educa%C3%A7%C3%A3o/declaracao-mundial-sobre-educacao-superior-no-seculo-xxi-visao-e-acao.html>>. Acesso em: 25 maio 2018.

1.5 PERCEPÇÃO DE CONSUMIDORES DE SÃO LUÍS – MA QUANTO À LOGÍSTICA REVERSA

SILVA, Andressa Isabela Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão
ddca12@hotmail.com

SOUSA, Daniele Borges
Universidade Estadual do Maranhão
dany.borges@hotmail.com

RESUMO

A produção de resíduos pela população humana ocasiona diversos problemas de saúde e impactos ambientais em larga escala, por isso muitas alternativas têm sido estudadas e discutidas. Uma das soluções é a Logística Reversa (LR) que altera o ciclo de vida do produto. Este trabalho baseou-se no levantamento e na análise da percepção de consumidores da área metropolitana de São Luís – MA. Foram realizadas 39 entrevistas, por meio destas percebeu-se que a LR é pouco conhecida, existe confusão com o termo reciclagem e, muitos, desconhecem empresas locais que realizem tal atividade. Foi apontado pelos consumidores que os mesmos dariam preferência a empresas que realizam a LR. Assim, uma divulgação maior das ações socioambientais realizadas por essas empresas possivelmente geraria resultados positivos.

PALAVRAS-CHAVE: Ecomarketing, Sustentabilidade, Ciclo de vida do produto.

1. INTRODUÇÃO

Muitas atividades e produtos consumidos pelo ser humano geram resíduos sólidos que afetam diretamente o equilíbrio do meio ambiente. E alguns destes produtos necessitam de um descarte diferenciado, por não se encaixarem nas realidades dos aterros sanitários e da reciclagem. Assim os resíduos sólidos e a possibilidade de implementação da Logística Reversa (LR) precisam ser discutidos pela sociedade, pela indústria e pelo governo. A LR pode ser definida como um conjunto de procedimentos que viabilizam a coleta de resíduos e produtos para que seja realizado o reaproveitamento dos mesmos. Estas ações permitem um rearranjo de seu ciclo, podendo retornar ou participar do ciclo de outros produtos. Assim, garante-se uma destinação final ambientalmente adequada. Além disso, ao servir como meio mitigador de problemas ambientais pode atuar como Ecomarketing.

O Ecomarketing, por sua vez, pode ser definido como a vertente publicitária que permite a exploração dos comportamentos e das atitudes conhecidas como “ecologicamente corretos”, ou seja, aquelas que defendem a preservação do meio ambiente. Assim, a empresa pode tornar-se conhecida como amiga ou parceira da natureza. Desse modo, para orientar esta investigação temos as seguintes hipóteses: Muitos consumidores desconhecem a LR; há confusão entre logística reversa e reciclagem; a LR pode ser um meio de ecomarketing com retorno positivo; é possível expandir ações pontuais, criando um possível programa municipal.

Este trabalho objetivou levantar as percepções de consumidores quanto à logística reversa e a sua importância. Assim como, fornecer sugestões de implementação de políticas públicas municipais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Resíduos sólidos

A população do ambiente urbano é a principal consumidora de produtos industrializados, gerando resíduos sólidos que ocasionam impactos ambientais (GOLDEMBERG, 2003; MUCELIN; BELLINI, 2008) resultantes principalmente pela disposição inadequada dos mesmos (XAVIER, 2016). Para Slifko, Smith e Rose (2000), a “saúde do ambiente” é o fator determinante da saúde dos indivíduos. Muitas parasitoses, por exemplo, possuem como principal via para a sua transmissão a veiculação hídrica. Pode-se notar ainda que existe um aumento na incidência de doenças infecciosas e parasitárias nas periferias urbanas com saneamento deficiente (CONFALONIERI, 2005; SILVA FILHO, 2019).

Nesse viés, os resíduos sólidos são considerados problemas de saúde pública (SISINNO; OLIVEIRA, 2006), pois afetam desde a saúde individual até a coletiva (FERREIRA; ANJOS, 2001). Assim, o seu descarte deve ser feito de forma adequada e isto vem sendo amplamente discutido em diversas esferas da sociedade.

Devido ao alto consumo atual, à alta taxa de geração de resíduos e a finitude dos recursos naturais, a Ecologia Industrial vem estudando a possibilidade da conciliação entre a atividade industrial e os sistemas naturais. Isto se dá pela eficiência dos ecossistemas biológicos ao realizar a ciclagem de matéria e energia. Assim, visa a “*reestruturação dos processos produtivos e no design de produtos*” (AYRES; AYRES, 2002).

E assim, surge a Economia Circular (EC), como solução para a Economia Linear (EL). Esta última é o modelo tradicional, no qual explora-se os recursos naturais, que geram produtos, que posteriormente tornam-se resíduos que são destinados ao meio ambiente. Já a primeira permite uma reciclagem dos produtos, e assim, os resíduos retornam como matéria-prima, no mesmo ou em outros ciclos. E segundo Sehmen (2018), a EC enquadra empresas dos seguintes setores, incluindo: produtos de consumo e eletrônicos, alimentos e bebidas e manufatura.

Para garantir o devido controle dos recursos finitos, propõe-se a desmaterialização, que consiste na “*entrega de produtos e serviços de forma virtual que demandem menor tempo*” (FARIA, 2018). Bilik e Heemann (2016) trazem um exemplo eficaz de desmaterialização, a inserção de conteúdo digital em substituição ao consumo de material didático tradicional em papel. É válido ressaltar que, embora o ciclo de vida de produtos eletrônicos também se caracterize como um problema ambiental mundialmente significativo, essa estratégia de desmaterialização não prevê a produção de novos aparelhos eletrônicos para esta finalidade, mas sim o aproveitamento dos aparelhos que já são utilizados pelos usuários (BILIK; HEEMANN, 2016). Além disso, a reciclagem também deve ser encarada como uma medida econômica, social e ambientalmente viável, apesar de serem complexos devido à presença de substâncias perigosas, os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) apresentam grande possibilidade de valorização (RODRIGUES; GUNTHER; BOSCOV, 2015).

A Gestão de REEE é amplamente estudada nos países desenvolvidos e um dos aspectos notórios do sucesso desses sistemas de gerenciamentos é a obrigatoriedade, por lei, da adoção de princípios que influenciam os produtores a desenvolver equipamentos a partir do conceito do ecodesign, adotar a logística reversa e realização de investimentos em pesquisas de reciclagem dos materiais (FRANCO; LANGE, 2011). No Brasil a lei mais importante referente a gestão de REEE é a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual institui a obrigatoriedade da LR para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de equipamentos elétricos e eletrônicos. Essa exigência possibilita uma redução dos impactos dos REEE no meio ambiente, uma vez que existe uma pressão governamental sobre quem insere esse tipo de produto no mercado (CALLEFI; BARBOSA, 2016).

Os REEE possuem duas principais origens, as instituições públicas e privadas e os domicílios. Os REEE domiciliares são de difícil estudo, pois não possuem um tempo pré-determinado para seu descarte, podendo ser armazenados, antes de serem descartados, já os REEE de origem institucional, em sua grande maioria, possuem uma certa periodicidade e regularidade em sua substituição, o que possibilita uma melhor gestão (RODRIGUES; GUNTHER; BOSCOV, 2015).

2.2. Destinação final ambientalmente adequada e logística reversa

A definição, o descarte e a classificação dos elementos que compõem os resíduos sólidos estão definidos em legislação específica (Lei de saneamento, Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos). Os resíduos sólidos encontram-se definidos no Art. 3º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, como:

(...) material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Ainda na mesma lei, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto a sua origem ou periculosidade. Na primeira forma de classificação temos: o Lixo Doméstico ou Residencial; Comercial; Público; Domiciliar especial; e Fontes especiais. Quanto à periculosidade classificamos como perigosos ou não perigosos. Na NBR 10004 (ABNT, 2004) ainda subdivide os considerados não perigosos em Inertes e Não Inertes.

Ainda no artigo 3º, da mesma lei, é determinado a destinação final ambientalmente adequada, sendo estas: “a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes” (BRASIL, 2010). Todas estas

ações visam o impedimento de possíveis danos ou riscos à saúde pública, assim como promover a segurança e a minimização dos impactos ambientais.

Assim, dois procedimentos para a destinação correta dos resíduos são previstos pela lei, a coleta seletiva que consiste na coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição; e a logística reversa é definida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Ambas as destinações são processos importantes e diferentes entre si. A coleta seletiva, geralmente, direciona seus produtos para a reciclagem. Enquanto a LR altera o ciclo de vida do produto, garantido o seu reuso (LEITE, 2009). Este último possui estudos mais recentes (SILVA et al., 2017; DICKEL et al., 2018; FONSECA; MAINTINGUER, 2019; SILVA et al., 2019).

2.3. Ecomarketing

Os desastres naturais, a escassez dos recursos primários, a exploração excessiva do meio ambiente, e o consumismo em massa têm originado consequências irreversíveis e que afetarão a humanidade. Este é o motivo, pelo qual tem havido a busca de novos valores e ações proativas que favoreçam o meio ambiente. (LOPES; PACAGNAM, 2014).

O consumidor tem buscado também “adquirir artigos verdadeiramente saudáveis e agregados de responsabilidade social, para o planeta e para a sociedade” (RECH; SOUZA, 2009). Isto reflete na imagem das empresas na atualidade. E assim, “as questões socioambientais ganharam um destaque em discussões mundiais e com isso o surgimento de termos como: Desenvolvimento Sustentável, Economia Verde, Ecomarketing, Marketing Ecológico e muitos outros” (IBIAPINA; LIMA; PERINOTTO, 2017). Mendonça Júnior e Vilela (2018) revela um aumento expressivo no interesse pelo tema Marketing Verde.

O Eco-marketing permitirá explorar comportamentos e atitudes ecologicamente corretos, de rejeição do progresso como argumento de preservação do ambiente, que caracterizam muitos grupos de ambientalistas, ecologistas ou o simples consumidor “verde”. Esta tendência criará um grande potencial para o desenvolvimento de empresas e produtos “verdes” (p.e. vestuário, alimentos, combustíveis, turismo), perspectivando-se um futuro promissor e um desenvolvimento sustentável para a eco-indústria (Torres, 2015, p. 9).

Segundo Lima-Filho et al. (2017) existem muitas dificuldades por parte das organizações como: conseguir implantar em suas políticas as estratégias de marketing verde, conseguir divulgar para seus consumidores seus novos valores e gerar fidelidade a seus clientes, mas aos poucos buscam esse novo cenário.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é uma pesquisa básica, cuja abordagem é quali-quantitativa, com caráter exploratório e descritivo, sendo fundamentado em uma discussão da bibliografia correlata ao tema estudado.

3.1. Amostragem e coleta de dados

Para este trabalho foi adaptado a metodologia de Rodrigues, Gunther e Boscov (2016), no qual foi construído um questionário semiestruturado por meio do aplicativo Google Forms disponível pelos desenvolvedores Google Drive^{Inc.}. Tais questionários foram disponibilizados via rede social (Facebook, WhatsApp, Instagram). A escolha do aplicativo baseou-se no trabalho de Heidelmann e Moreno (2016) no qual sugerem a mesma ferramenta para construção de questionários por ser de fácil uso e por se destacar de outros aplicativos com a mesma função.

Para a captação de entrevistados foi realizada a divulgação em redes sociais e foi pedido a cada participante que encaminhasse o questionário para alguns contatos, potencializando o alcance do mesmo. Essa parte da metodologia assemelhou-se com a técnica *snowball* (“bola de neve”) proposta por Baldin e Munhoz (2011). Os pré-requisitos adotados para participação da pesquisa foram: Concordar em participar da pesquisa, possuir idade igual ou maior que 18 anos e residir em São Luís.

O questionário foi composto por 13 perguntas, sendo destas 5 fechadas e 8 abertas, que permitiam realizar a caracterização do entrevistado sem identificá-lo, além de levantar a sua percepção quanto ao tema proposto. Deste modo, tratou-se assim de um questionário semiestruturado. Este encontra-se disponível no link: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScv4Z5XFADm_F2R3XNdKNO4zVV3V2sLn-HxtCb8cOhhdMC1Cw/viewform?usp=sf_link.

O tamanho amostral foi determinado de acordo com a metodologia de Fontanella et al. (2011) baseada na saturação teórica, que consiste em interromper a coleta dos dados assim que se constata uma certa redundância ou repetição, não sendo produtivo persistir nas coletas.

3.2. Análise de dados

Para a análise dos dados, o aplicativo gera uma planilha no aplicativo Microsoft Excel. Assim, a fase da análise de dados utilizou método quali-quantitativo. A análise qualitativa baseou-se na formação de categorias que foram descritas e analisadas quantitativamente por meio de estatística descritiva. Para este trabalho, foram preservados a escrita de cada entrevistado. Além disso, não foram revelados o nome ou qualquer outra informação que pudesse identificá-los.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

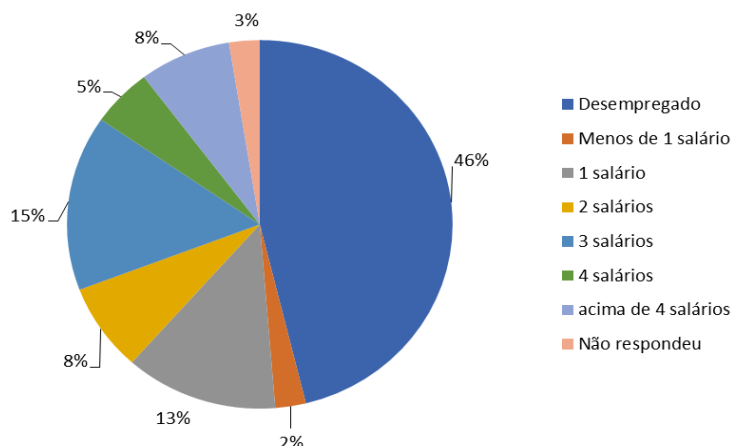
Foram respondidos no total de 39 questionários, sendo todos moradores da Região Metropolitana de São Luís. Destes, 16 foram do sexo masculino e 23 do feminino. As idades variaram entre 18 e 44 anos, a maior prevalência da faixa de etária foi registrada entre 23 e 27 anos, representando 51,2% do total.

Os entrevistados exerciam as seguintes atividades profissionais: Estudante Universitário, Administrador, Operador de Telemarketing, Enfermeira, Bióloga, Analista Administrativo, Agente Administrativo, Farmacêutico, Bibliotecária, Professor, Servidor Público, Técnico de Informática, Advogado, Engenheiro, Técnico Administrativo, Intérprete de Libras e Corretor imobiliária. Tais atividades caracterizam pessoas que possuem com as seguintes escolaridades: Ensino Médio ou Superior.

Quanto à renda mensal, 17 dos entrevistados encontram-se desempregados representando 43,58% da amostra, no entanto, ainda sim, ocorreu uma variedade de sete categorias para as rendas

mensais representadas pela amostragem (Figura 1). Assim, a amostragem mesmo pequena representou uma variedade significativa da população ludovicense.

Figura 1. Representação da renda mensal dos entrevistados desta pesquisa.



Quando indagado “Você sabe o que é logística reversa?”, 72% entrevistados relataram desconhecer o tema, enquanto apenas 11 (28%) reconheciam o termo e o definiram, vejamos alguns exemplos:

“É quando as empresas que vendem determinados produtos se comprometem em receber também o resíduo que esse produto gerou, a fim de não poluir o meio ambiente. Por exemplo, receber de volta pilhas e baterias que já não servem mais.” (Mulher, estudante, 24 anos).

“A prática de coleta e reaproveitamento dos resíduos de produtos na cadeia produtiva” (Mulher, Técnica Administrativa, 36 anos).

“É o meio pelo qual as reaproveitam os ‘resíduos’ sólidos.” (Homem, empresário, 39 anos).

“É a parte da logística que cuida do fluxo dos produtos.” (Mulher, corretora de imóveis, 25 anos).

Aqui percebemos que os poucos consumidores entrevistados que conhecem o termo “logística reversa”, o associam ao reaproveitamento do produto utilizado, esta definição condiz com Leite (2009, p. 16 e 17) que defende este procedimento como sendo uma área da logística convencional que visa “planejar, operar e controlar fluxos materiais e intangíveis”. Ou seja, este processo pode alterar o ciclo de vida do produto, permitindo o retorno dos bens consumidos (pilhas, baterias, pneus) e aqueles que adquiriram defeitos durante a sua produção ou transporte. Para a próxima pergunta foi apresentado a definição de LR do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR):

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (MMA, 2017).

Assim quando indagado quais tipos de empresas deveriam realizar a LR, percebeu-se que mesmo que a maioria dos entrevistados não soubesse definir o significado para termo logística reversa apenas 20% dos entrevistados recusaram-se a responder e 7,69% alegaram não saber. Além

disso, foi apresentada uma diversidade de tipos de empresas representativa, no entanto poucas respostas (25%) foram específicas. As empresas cujo nome foi citado faziam referência apenas às empresas do ramo educacional ou aquelas consideradas como multinacionais. Destas, somente quatro estavam sediadas em território Maranhense, sendo elas: Vale, Alumar, Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

Quando indagado se conheciam alguma empresa que realizasse LR, 20% dos entrevistados conheciam, enquanto a maioria (80%) desconheciam. Os entrevistados que responderam positivamente também citaram alguns exemplos de empreendimentos e instituições, que foram respectivamente: Apple (37,5%), AmBev, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC), B2W digital, Federal Express (FedEx), DHL Express, Aérea Cargas, Companhia Energética do Maranhão (CEMAR), C&A e Philips.

Mais uma vez, poucas empresas e instituições sediadas no Maranhão (cinco) foram citadas. E neste trabalho, também não foram apresentadas as ações da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP) que, segundo Amorim, Souza e Araújo Filho (2014), realiza uma ação conjunta com Secretaria Municipal da Saúde (SEMUS) visando a coleta, armazenamento e destinação ambientalmente adequada para pneus inservíveis. O projeto da Prefeitura e as indústrias que trabalham exclusivamente com produção pneus não foram citadas, no entanto este foi apresentado como um dos exemplos de produtos podem fazer parte da política de logística reversa. Isto pode ser devido ao pouco investimento na divulgação destas iniciativas, pois Ribeiro et al. (2018) atribui o insucesso de LR por franquias da Boticário em São Luís à baixa divulgação.

Quanto as respostas referentes aos tipos de produtos que podem se adequar a logística reversa, apenas 7,69% dos entrevistados não souberam e 5,12% recusaram-se a responder. E ainda, as respostas listam 33 tipos de produtos. Entre estes, existem iniciativas anteriores à Plano Nacional de Resíduos Sólidos para a devolução de resíduos, os produtos que participam são: Pneus inservíveis; Embalagens de agrotóxicos; Óleo lubrificante usado ou contaminado (oluc); e, Pilhas e baterias. Todos estes foram listados pelos entrevistados. Segundo o SINIR (MMA, 2017), no Brasil, o Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, criou o Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de LR - COMITÊ ORIENTADOR. Este comitê junto com o Grupo Técnico de Assessoramento – GTA (instituído pelo Decreto Nº 7.404/2010) tem criado acordos setoriais com a meta de “implementar a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos”. Para isso, foram criados os seguintes grupos temáticos: Embalagens plásticas de óleos lubrificantes; Lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; Produtos eletroeletrônicos e seus componentes; Embalagens em geral; e Resíduos de medicamentos e suas embalagens.

No entanto, as respostas incluem materiais utilizados para a reciclagem e produtos utilizados em logística reversa, sendo os primeiros mais representativos. O reconhecimento de produtos, geralmente, destinados para a reciclagem é devido a grande divulgação do projeto ECOCEMAR promovido pela Companhia Energética do Maranhão (CEMAR), no qual os consumidores entregam materiais no ponto de coleta e recebem desconto na conta de energia elétrica, como podemos visualizar abaixo (Figura 2).

Figura 2. Materiais recebidos nos Ecopontos da Companhia Energética do Maranhão.

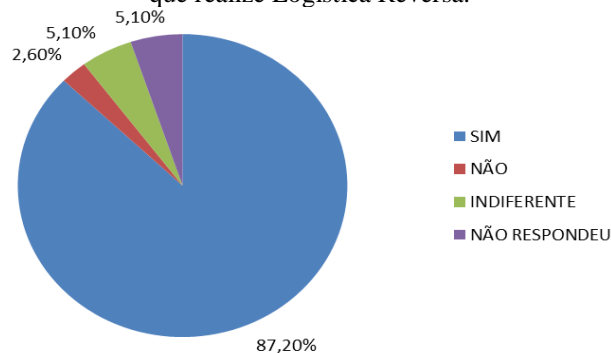


Fonte: CEMAR (2017)

Os conceitos de LR e os materiais recicláveis apresentados pelos entrevistados tem relação com a percepção deles quanto a importância da Logística Reversa. Quando indagados sobre qual a importância da LR, obteve-se as seguintes categorias de respostas: Praticar os R's da Sustentabilidade (26%), Preservar e cuidar do meio ambiente (26%), Dar uma finalidade adequada aos resíduos (20%), Não Respondeu (10%), Garantir recursos para a manutenção da economia (10%), Não sei (8%). Percebe-se aqui uma incerteza conceitual em algumas respostas, aonde se associa a LR com a reciclagem, porém em todas as respostas o cuidado com o meio ambiente é elencado como função principal do processo.

No entanto, mesmo com o reconhecimento da importância da conservação do meio ambiente, Souza (2008) revela que as empresas evitam a realização da logística reversa, executando em sua maioria somente “quando são obrigadas por lei, quando existe risco de danos a sua imagem ou, em raros casos, quando conseguem diminuir parte dos custos na linha de produção ao reutilizar algum dos componentes de seus produtos, principalmente as embalagens”. Este último é o caso das garrafas retornáveis (SILVA; HATAKEYAMA; FELIZARDO, 2009). Em seguida foi indagado se, enquanto consumidor, o mesmo prefere/preferiria comprar/negociar com uma empresa que realize LR. Para esta pergunta foi obtido a seguinte resposta (Figura 3).

Figura 3. Respostas dos entrevistados se os mesmos preferem/prefeririam comprar/negociar com uma empresa que realize Logística Reversa.



No gráfico percebe-se que a maioria dos entrevistados prefeririam comprar ou negociar com empresas que realizassem a LR. Além disso, a Companhia Vale é a empresa mais citada. A mesma reutiliza, recicla e investe fortemente em Marketing, vendendo sua imagem como sustentável. Isto é consequência da “maior conscientização do consumidor e consequente procura por produtos e práticas que gerem melhoria para o meio ambiente ou comunidade, valorizando aspectos éticos ligados à cidadania” (ASHLEY, 2003). Assim, mesmo com os desastres ambientais recentes, a empresa investe na venda de sua imagem como empresa sustentável.

Assim, percebe-se que a LR não deveria ser evitada pelas empresas. Silva, Leite e Dechandt (2014) ressaltam este fato ao mencionar que o uso deste tipo de logística agregaria valor à marca, resultando em uma vantagem competitiva. Lacerda (2002), por sua vez, apresenta três motivos para as empresas realizarem tal processo:

- a) Questões ambientais: prática comum em alguns países, notadamente na Alemanha, e existe no Brasil uma tendência de que a legislação ambiental caminhe para tornar as empresas cada vez mais responsáveis por todo ciclo de vida de seus produtos. Isto significa ser legalmente responsável pelo seu destino após a entrega dos produtos aos clientes e do impacto que estes produzem ao meio ambiente;
- b) Diferenciação por serviço: os varejistas acreditam que os clientes valorizam mais, as empresas que possuem políticas mais liberais do retorno de produtos. Aliás, é uma tendência reforçada pela legislação de defesa do consumidor, garantindo-lhe o direito de devolução ou troca. Isto envolve uma estrutura para recebimento, classificação e expedição de produtos retornados e;
- c) Redução de custo: iniciativas relacionadas à logística reversa têm trazido retornos consideráveis para empresas. Economias com a utilização de embalagens retornáveis ou com o reaproveitamento de materiais para a produção têm trazido ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas de fluxo reverso (LACERDA, 2002)

Mais recentemente, as empresas têm acumulado mais fatores que as influenciam a adotarem a LR. Segundo Amorim, Sousa e Araújo Filho (2014) são estes: Fatores competitivos; Aumento da conscientização ambiental por parte da população em geral; Benefícios econômicos e ambientais; Custos com descartes em aterros cada vez mais dispendiosos; Imagem da empresa; Legislação ambiental mais rigorosa em relação aos resíduos sólidos. Consequentemente, percebe-se que a adoção da LR representa uma vantagem competitiva por agregar valor à marca (SILVA, 2014), pois a mesma respeita as questões ambientais e legais do país, e ainda, reduz seus custos com descartes dos resíduos, a utilização de embalagens retornáveis e reaproveitamento de materiais para a produção (LACERDA, 2002; SILVA; HATAKEYAMA; FELIZARDO, 2009; AMORIM; SOUSA; ARAÚJO FILHO, 2014).

Silva et al. (2019) apresentam os benefícios obtidos em consequência da adoção da LR por três empresas Brasileiras para o Resíduo garrafa PET (Politereftalato de Etileno), ambas reduziram, em média, 91% os custos em seus processos de produção. Carneiro e Martins (2019) também apresentam o caso de supermercados varejistas que mesmo não obtendo ganhos financeiros, inicialmente apresentava ganhos ecológico, legal e logístico. Segundo Rocha (2010) investir em projetos ligados às questões ambientais e sociais é uma resposta das empresas aos apelos da própria sociedade civil e da opinião pública brasileira. Posicionamento, que reflete na conclusão de Oliveira et al., (2017):

Assim, ao analisar as potencialidades da logística reversa e mostrar a sua capacidade e seus benefícios na sociedade e ao meio ambiente, nota-se que o fato de uma empresa não desenvolver um projeto desses, demonstra sua total falta de compromisso socioambiental (OLIVEIRA et al., 2017).

Lima e Maciel Filho (2018) expõem a preocupação de várias empresas do setor de Eletroeletrônicos que atuam no Brasil que possuem a preocupação da realização da LR, todas tem um fator em comum: Buscaram parcerias para possibilitar o descarte correto, adequado e seguro dos produtos que participam desta cadeia. E esta busca por possibilidades tem somado financeiramente ao setor.

5. CONCLUSÕES

Atualmente, os resíduos sólidos são considerados problemas de saúde pública e ambiental. Sendo que, o seu principal problema é o descarte incorreto. Este trabalho mostrou que a maioria dos entrevistados desconhece a logística reversa, confunde o processo e quais resíduos participam da LR com a reciclagem. No entanto, quando conhecem o conceito, associam o termo à preservação ambiental e reconhecem que preferem negociar com empresas que realizem ações sustentáveis, incluindo a logística reversa. Assim, a LR apresenta-se como uma estratégia que possui um forte argumento de implantação, tanto ambiental quanto socioeconômico.

Além disso, há a necessidade que as empresas realizem investimento em iniciativas sustentáveis e marketing por parte das empresas que já possuem tais práticas. Mesmo com o mercado competitivo, parcerias podem sanar as dificuldades de implementação de programas de LR. E estas, podem ser realizadas entre o setor público, privado, incluindo ainda o terceiro setor.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- AMORIM, A. J. E.; SOUSA, J. S.; ARAÚJO FILHO, P. M. Logística reversa e sustentabilidade ambiental: a coleta e destinação de pneus inservíveis em São Luís – MA. **Acta Brazilian Science**, v. 01, 2014.
- ASHLEY, P. A. **Ética e responsabilidade social nos negócios**. São Paulo: Saraiva, 2003.
- AYRES, R. U.; AYRES, L. W. **A Handbook of Industrial Ecology**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2002.
- BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Educação Ambiental comunitária: uma experiência com a técnica de pesquisa snowball (bola de neve). **Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental**, v. 27, p. 46-60, 2011.
- BILIK, T.; HEEMANN, A. A desmaterialização como estratégia de ecodesign: observação de um centro educacional. **Mix sustentável**, v. 2, n. 2, p. 44-50, 2016.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- CALLEFI, M. H. B. M.; BARBOSA, W. P. Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em Maringá/PR. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 13, n. 2, p. 112-131, 2016.
- CARNEIRO, A. G.; MARTINS, M. F. Logística reversa na gestão dos resíduos sólidos no varejo supermercadista em Campina Grande – PB. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: os Desafios da Gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019, p. 652-666.
- CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 221-236, 2005.
- DICKEL, P. R. G.; LONGARAY, A. A.; MUNHOZ, P. R. S.; MACHADO, C. M. S. Uso da logística reversa para descarte de lâmpadas fluorescentes à luz da PNRs: o caso do Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica de Engenharia de Produção e Correlatas**, v. 18, n. 1, p. 265-284, 2018. ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.
- FARIA, Á. M. **Economia circular: reinvenção das formas de negócio**. 2018. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Caderno de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

- FONSECA, M. J. M.; MAINTINGUER, S. I. Aplicação da logística reversa na construção civil como mecanismo ambiental sustentável em políticas públicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 140-149, 2019.
- FONTANELLA, B. J. B.; LUCHESI, B. M.; SAIDEL, M. G. B.; RICAS, J.; TURATO, E. R.; MELO, D. G. Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 27, n. 2, p. 388-394, 2011.
- FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 73-82, 2011.
- GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. São Paulo: Edusp, 2003.
- HEIDELMANN, S. P.; MORENO, E. L. Tecnologia e educação: aplicativos para a docência em Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2016. p. 1-8.
- IBIAPINA, M. M.; LIMA, T. M. P.; PERINOTTO, A. R. C. Ecomarketing na Web como estratégia competitiva de empresas turísticas em Parnaíba (PI). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 10, n. 2, p. 196-209, 2017.
- LACERDA, L. **Logística Reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Centro de Estudos em Logística, 2002.
- LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2009.
- LIMA, J. R. B.; MACIEL FILHO, J. A. C. L. Logística reversa e sustentabilidade: um estudo do setor de eletroeletrônicos. **Revista Razão Contábil & Finanças**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2018.
- LIMA-FILHO, D. O.; MAIA, R. L. G.; QUEVEDO-SILVA, F.; TOGNINI, M. P. N.; ANJOS, A. C. Percepção do consumidor sobre práticas de gestão ambiental em supermercados. **Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, v. 20, n. 3, p. 319-327, 2017.
- LOPES, V. N.; PACAGNAM, M. N. Marketing verde e práticas socioambientais nas indústrias do Paraná. **Revista de Administração**, v. 49, n. 1, p. 116-128, 2014.
- MENDONÇA JÚNIOR, D; VILELA, N.G.S. Marketing Verde: um estudo bibliométrico na Web of Science no período de 2007 a 2016. **Revista Eletrônica Ciências da Administração e Turismo**, v. 6, n. 1, p. 01-15, 2018.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Sistemas Implantados**. 2014. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/sistemas-implantados>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no
- OLIVEIRA, E. F.; CAMPOS E. S. C.; LIMA, V. S. de L.; CAMPOS, V. G. C. Logística reversa: importância econômica, social e ambiental. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 8., 2017, Curitiba. *Anais...* Curitiba: 2017.
- RECH, S. R.; SOUZA, R. K. R. Ecoluxo e sustentabilidade: um novo comportamento do consumidor. **DAPesquisa**, v. 4, n. 6, p. 602-608, 2009.
- RIBEIRO, K. B. N.; ARAÚJO, K. S.; SANTOS, K. S.; RIBEIRO, K. S. P.; RODRIGUES, M. K. S.; LIMA, E. V. Marketing Verde: um estudo de caso em uma franquia O Boticário localizada em São Luís – MA. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n. 66, 2018.
- ROCHA, M. E. M. **A nova retórica do capital: a publicidade brasileira em tempos neoliberais**. São Paulo: EDUSP, 2010.

RODRIGUES, A. C.; GUNTHER, W. M. R.; BOSCOV, E.G. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20 n. 3, p. 437-447, 2015.

SEHNEM, S. Modelos de negócios circulares: mapeamento exploratório inicial. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 21., 2018, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FGV, 2018.

SILVA FILHO, C. P.; NUNES, Z. M. P. **Percepção socioambiental demoradores sobre o descarte de resíduos sólidos no entorno do rio Cereja, em Bragança – PA.** In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. Resíduos sólidos: os Desafios da Gestão. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019, p. 105-113.

SILVA, D. S.; ROLIN, G. O.; MARANHÃO, R. C. A.; GONÇALVES, P. A. Contribuição da logística reversa na responsabilidade social empresarial. **Revista Mangaio Acadêmico**, v. 2, n. 1, p. 52-57, 2017.

SILVA, F. S.; LINS, E. A. M.; MELO, D. C. P. de; FIRMO, A. L. B. **A logística reversa do politereftalato de etileno; estudo de caso em Suape – PE.** In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G.; Resíduos sólidos: os Desafios da Gestão. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019, p. 227-239.

SILVA, G. H. S.; LEITE, C. E.; DECHANDT, S. G. Logística reversa: uma comparação de sua utilização no Brasil e na Suíça. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: AEDB, 2014. p. 1-13.

SILVA, M. C. G.; HATAKEYAMA, K.; FELIZARDO, J. M. **Logística reversa: tendência das empresas focadas na sustentabilidade.** In: ENCONTRO PARANAENSE DE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO EMPRESARIAL, 6., Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: EPEGE, 2009.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006.

SLIFKO, T. R.; SMITH, H. V.; ROSE, J. B. Emerging parasite zoonoses associated with water and food. **International Journal for Parasitology**, v.30, p. 1379-1393, 2000.

SOUZA, J. C. Logística para reciclagem e logística reversa principais similaridades e principais diferenças. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE INGENIERIA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE, 15., Cartagena das Indias. *Anais...* Cartagena das Indias: MIT, 2008. p. 203-220.

TORRES, A. Pós-modernidade e consumo: desafios ao Neo-Marketing. **European Journal of Applied Business Management**, v. 1, n. 2, p. 1-17, 2015.

XAVIER, L. H. **Manual para a destinação: orientação ao consumidor sobre como e onde destinar os resíduos sólidos em Pernambuco.** Recife: Editora Massangana, 2016.

1.6 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL URBANA E DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMUNITÁRIA

BARROSO, Daniel Fernandes Rodrigues
Instituto Federal do Maranhão
daniel.rodrigues@ifma.edu.br

SILVA, Geovania Figueiredo da
Instituto Federal do Maranhão
geovania.silva@ifma.edu.br

CAVALCANTE-NETO, Adeval Alexandre
Instituto Federal do Maranhão
adeval@ifma.edu.br

PARENTE, Iberê Pereira
Instituto Federal do Maranhão
ibere.parente@ifma.edu.br

RESUMO

O presente relato de experiência teve como objetivo o reaproveitamento de resíduos sólidos para a produção de artesanato como instrumento de gestão ambiental urbana e de educação ambiental comunitária. A produção artesanal a partir de resíduos sólidos urbanos diversos foi parte integrante das disciplinas Práticas Sustentáveis e Educação Ambiental do Curso de Formação Inicial e Continuada em Agente de Desenvolvimento Socioambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão (IFMA), *Campus* Presidente Dutra. Todo o material produzido foi exposto para a comunidade durante a I Mostra Ambiental e I Workshop Ambiental do IFMA no município de Presidente Dutra, estado do Maranhão. A reutilização de resíduos sólidos para a produção de artesanato se mostra como um instrumento de gestão ambiental urbana na medida em que incentiva a coleta seletiva, reduz o volume de resíduos para a destinação final e dissemina a valorização econômica dos resíduos. A exposição dos objetos confeccionados apresenta-se como recurso pedagógico de educação ambiental comunitária ao disseminar conceitos dos 3Rs, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Artesanato, Conscientização Ambiental, Práticas Sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

O interesse e a preocupação da sociedade atual acerca de assuntos relacionados à preservação do meio ambiente são crescentes em todo o mundo (CARTAXO et al., 2018; SILVA; DAMO, 2014), devido as atividades humanas que provocam degradação ambiental em larga escala. No tocante à questão dos resíduos sólidos, a grande preocupação deve-se ao enorme volume e a disposição inadequada de resíduos gerados diariamente no planeta.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), em 2017, o Brasil produziu 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos com o aumento de 1% em relação ao ano anterior. Deste total, cerca de 41% foram dispostos de forma inadequada em lixões, o que corresponde a um montante de 29 milhões de toneladas (ABRELPE, 2018). Ressalta-se que todas as regiões brasileiras ainda dispõem resíduos sólidos inadequadamente e isso provoca impactos ao meio ambiente que podem ter reflexo direto na saúde humana, tais como a contaminação do solo, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a poluição do ar, a proliferação de maus odores, a atração de animais como ratos, moscas, baratas e urubus. Neste sentido, é necessário procurar alternativas que busquem minimizar os efeitos dos resíduos sólidos sobre o meio ambiente.

Neste contexto, este trabalho apresenta experiências de práticas sustentáveis através de reaproveitamento de resíduos sólidos, pelos alunos do curso de Formação Inicial e Continuada em Agente de Desenvolvimento Socioambiental do IFMA, *Campus* Presidente Dutra. Ao mesmo tempo, teve o objetivo de oportunizar, gestão ambiental urbana e educação ambiental comunitária, valorização econômica dos resíduos e sensibilização social para com as questões ambientais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Almeida et al. (2016), nas últimas quatro décadas têm crescido as preocupações ambientais por parte das autoridades governamentais e pela sociedade civil decorrentes da degradação do meio ambiente. Os atuais problemas ambientais têm causado desequilíbrio ecológico e, em alguns casos, há ameaças à vida humana (SILVA; REIS, 2009). Pott e Estrela (2017) ao analisarem o histórico de políticas públicas ambientais no mundo notam os desastres ambientais que provocam degradação ambiental e perdas humanas como fator de mobilidade social e de tomada de decisão para solucionar essas questões.

A busca de soluções para a preservação ambiental depende da atuação do Estado, que deve inibir ações que favoreçam apenas os interesses locais e de poucos e proteger o interesse social coletivo (SILVA; REIS, 2009). No contexto brasileiro, Moraes e Turolla (2004) listam quatro grandes problemas ambientais: a poluição atmosférica, devido a queima de combustíveis fósseis pelos veículos e pelas indústrias; o descarte inadequado de resíduos sólidos; a poluição das águas causada pela disposição de esgotos domésticos e industriais e resíduos sólidos; e, por último, o desmatamento.

No tocante a questão dos resíduos sólidos, os grandes centros urbanos são grandes geradores, tanto em quantidade quanto em diversidade, devido ao desenvolvimento econômico, ao crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica, que alteram o estilo de vida e os modos de produção e consumo da população (GOUVEIA, 2012). Quando os resíduos são descartados de forma inadequada, contribuem para gerar vários impactos ambientais e afetam a qualidade do meio ambiente (CARDOSO et al., 2018). Segundo Vieira e Beltrame (2019), a disposição inadequada de resíduos sólidos é um problema antigo, e ao mesmo tempo atual, e atinge muitos municípios brasileiros, que é agravado pelo crescimento populacional nos centros urbanos, falta de educação ambiental da população e ausência de planejamento das cidades.

Entende-se por resíduos sólidos urbanos, os resíduos domiciliares originados das atividades domésticas das residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana oriundos dos serviços de varrição, limpeza de logradouros e de vias públicas e outros serviços urbanos (BRASIL, 2010).

Conforme Gouveia (2012), diariamente, a produção de resíduos sólidos no Brasil chega entre 70 a 250 mil toneladas, apresentando aumento médio de 7% ao ano e produção per capita próxima a 1 Kg/hab.dia⁻¹. Segundo este mesmo autor, a produção somada à destinação incorreta é outro agravante, apesar de ter havido melhora nos indicadores de disposição em aterro sanitário nos últimos anos. Toda via, boa parte dos municípios brasileiros ainda dispõe seus resíduos em lixões e aterros controlados.

O manejo adequado dos resíduos é muito importante para a preservação do meio ambiente, assim como para a promoção e a proteção da saúde (GOUVEIA, 2012) e neste contexto, o Brasil criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei Federal 12.305 de 2 de agosto de 2010, que estabelece o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações para o gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Um dos princípios da PNRS, é o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, capaz de gerar renda e trabalho (BRASIL, 2010). Klein, Gonçalves-Dias e Jayo (2018) frisam que a gestão integrada de resíduos sólidos é baseada em diversos princípios que possibilitam a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Segundo o Resumo Executivo do Sistema de Estimativas de Emissões e Reduções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), a gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil é caracterizada pela baixa valorização biológica, física e energética, pois grande parte do material coletado é encaminhado para disposição final em aterros ou lixões, observando-se insignificantes índices de contribuição de alternativas de valorização como, por exemplo, a reciclagem dos resíduos orgânicos (compostagem) ou dos secos (SEEG, 2018).

Com a intenção de minimizar os impactos provocados pela produção de resíduos sólidos, a coleta seletiva foi criada, no âmbito nacional, que permite o reaproveitamento de alguns materiais descartados, de modo a recolocá-los em circulação, impedindo dessa forma que novos recursos naturais sejam utilizados sem necessidade (ALMEIDA, op. cit.). O reaproveitamento de materiais por meio da coleta seletiva busca diminuir as perdas, uma vez que grande parte do material que compõe os resíduos sólidos urbanos é reaproveitável, podendo inclusive de gerar trabalho, renda e lucro para catadores e cooperativas (GUAMBA, 2019).

Dentre as formas de reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos, a compostagem deve ser utilizada para aproveitar a fração orgânica desses resíduos. De acordo com Pires e Ferrão (2017) é a alternativa ambientalmente mais adequada para este tipo de resíduo. A compostagem se caracteriza como processo simples, prático, barato e eficiente, que precisa ser amplamente disseminada para promoção da sustentabilidade ambiental e social, na perspectiva da redução e aproveitamento de resíduos orgânicos, como ferramenta de educação ambiental, alertando sobre o risco de proliferação de doenças e contaminação da água e do solo, como um processo de biorremediação pode auxiliar na promoção da conservação da qualidade do solo, na recuperação de áreas sujeitas a erosão e na proteção de encostas, bem como na oportunidade de geração de trabalho e renda (VITAL et al., 2018).

Outro ponto importante da PNRS é a logística reversa como instrumento de implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, de maneira a viabilizar um conjunto de ações que visam a coleta e a restituição dos produtos e resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada, de forma a minimizar o envio de materiais para disposição (ABRELPE, 2018).

Sob a impulsão da PNRS e da Resolução nº 416 de 30 de setembro de 2010 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), que determinou a obrigatoriedade de pontos de coletas de pneus inservíveis em municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes, diversos setores têm encaminhado ações para a implementação de sistemas de logística reversa de produtos e embalagens pós-consumo, com vistas a priorizar a reciclagem destes, constituindo-se num novo ciclo de gestão e de gerenciamento de resíduos, conforme reporta a Abrelpe (op. cit.). Com isso, a destinação de resíduos sujeita à logística reversa vem aumentando no território brasileiro a cada ano, porém, estudos aponta, que em grande parte do país, esse passivo ambiental ainda representa ameaças à qualidade do meio ambiente e à saúde pública (PESSOA; PESSOA, 2017).

Um dos principais elos no sistema de gestão de resíduos sólidos é o cidadão (ABRELPE, op. cit.) que tem pouco ou nenhum conhecimento sobre a coleta seletiva. Neste aspecto, Santos e Rovaris (2017) sugerem que, para se instaurar novas concepções sobre a gestão e destinação de resíduos sólidos, é necessário, de um lado, a educação socioambiental e do outro, a mobilização populacional. Soma-se a ideia de Gouveia (2012), que recomenda ainda, a formulação de políticas públicas que objetivem eliminar os riscos à saúde e ao ambiente, que colaborem na mitigação das mudanças climáticas relacionadas à ação humana e, ao mesmo tempo, garantam a inclusão social efetiva de parcelas significativas da população.

A educação ambiental como instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos tem um papel fundamental para a formação de uma nova consciência ambiental, frente à cultura do consumo e do descarte, características do cenário contemporâneo (AGUIAR; MAIA, 2015) e neste aspecto, Rolim e Teixeira (2014) ressaltam a importância de se trabalhar junto à população questões referentes ao consumo responsável e a redução dos resíduos, que são pontos preconizados na Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Por outro lado, Almeida et al. (2016) enfatizam que ações socioeducativas devem ser pauta nas mídias de grande alcance para viabilizar mudanças cruciais no padrão cultural e incitar a população às mudanças de hábitos no seu dia-a-dia. Oportunamente, Fontanela e Souza (2016) apontam essas ações como peças fundamentais para a preservação do meio ambiente, pois através dela é possível trabalhar várias atividades capazes de desenvolver a consciência ambiental da população.

Ainda no contexto da educação socioambiental, Silva e Nascimento (2019) avaliaram o nível de conscientização de estudantes e comerciantes no município de Abreu e Lima (PE) e ao mesmo tempo em que realizaram ações educativas sobre os cuidados no descarte de óleos residuais e suas possibilidades de reaproveitamento. A ação socioeducativa realizada nesse trabalho, foi importante para introduzir informações para a compreensão da população acerca do descarte correto desses resíduos.

3. METODOLOGIA

A experiência em questão foi realizada a partir de um projeto de Extensão desenvolvido pelo IFMA, *Campus* Presidente Dutra, com sede provisória na Unidade Integrada (U.I.) Joana Lima de Macedo. Esta é uma escola localizada na Rua Adalberto de Macedo, no Bairro Paulo Falcão, no município de Presidente Dutra – MA, e atende alunos do Ensino Fundamental, incluindo, a modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) nos três turnos: matutino, vespertino e noturno e recebe ainda os alunos do ensino médio e subsequente e dos cursos de extensão do instituto.

Com uma área de 771,574 km² e uma população estimada de 47.567 habitantes em 2018, a densidade demográfica de Presidente Dutra é de 61,65 hab/Km². O município possui IDH de 0,624 e a sede municipal fica distante cerca de 360 Km da capital, São Luís. Na economia, o município se destaca pelos setores da agropecuária e do comércio e serviços. Presidente Dutra apresenta o maior rebanho bovino da microrregião.

No contexto de resíduos sólidos, é desconhecido a existência do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos em Presidente Dutra. No entanto, a sede municipal é coberta por

serviços de coleta de resíduos e a destinação final é feita num lixão localizado próximo da rodovia BR 226. A falta dos planos municipais de gestão de resíduos incentivou o Governo do Maranhão, por meio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) a realizar em 2017, o I Seminário do Programa Estadual para o Fortalecimento da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos no Maranhão com o objetivo de capacitar gestores e técnicos da área para as questões da Política Nacional de Resíduos Sólidos no que diz respeito a elaboração dos planos municipais, incentivar a criação de cooperativas de catadores e implementar a coleta seletiva nos municípios do estado (MARANHÃO, 2017).

O reaproveitamento de resíduos sólidos foi parte integrante das disciplinas “Práticas Sustentáveis” e “Educação Ambiental” do curso de Formação Inicial e Continuada (FIC) em Agente de Desenvolvimento Socioambiental do IFMA, *Campus* Presidente Dutra. O curso de 160 horas foi dividido em seis disciplinas, teve duração de cinco meses e atendeu 40 alunos.

Diante das exigências das disciplinas, os alunos do curso dividiram-se em grupos e produziram vários objetos a partir de resíduos sólidos diversos como: diferentes tipos de plásticos, metais, papel/papelão, vidro, pneus, óleo de cozinha usado, gordura animal e resíduos orgânicos. O período de confecção dos objetos ocorreu durante os meses de fevereiro a agosto de 2018.

Os resíduos sólidos foram coletados pelos próprios alunos do Curso FIC e por toda equipe do projeto, que trouxeram de casa através de doações de vizinhos e estudantes da escola e pelos alunos do IFMA. Já os pneus foram coletados em borracharias, oficinas de carros e estabelecimentos de venda desse produto. Após a coleta, os pneus foram higienizados com água e sabão e transformados em artefatos pelos alunos do curso com a ajuda de um artesão.

A confecção de objetos ocorreu no período de fevereiro a agosto de 2018. Os objetos confeccionados foram expostos para a comunidade escolar e para a sociedade presidutrense durante a I Mostra Ambiental e I Worskop Ambiental do IFMA *Campus* Presidente Dutra, ocorridos nos meses de março e de agosto de 2018, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos metodológicos descritos acima, são apresentados a seguir os resultados e as implicações deles em relação ao objetivo deste trabalho. Os objetos foram confeccionados a partir de resíduos sólidos diversos: resíduos de vidro, de papel/papelão, de plásticos, de metal, gorduras usadas, gordura animal, resíduos orgânicos e pneus inservíveis (Quadro 1).

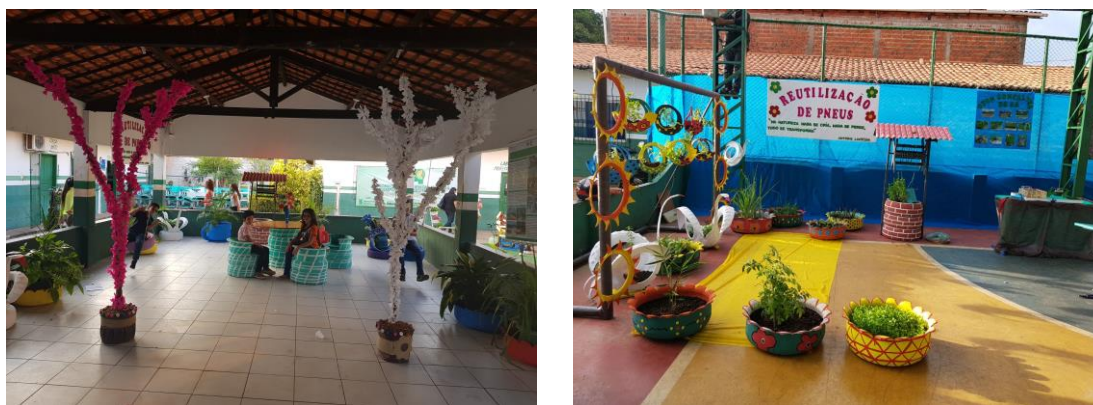
Quadro 1. Produção de artesanato por tipo de resíduo sólido.

Resíduos Sólidos	Produtos gerados
Vidros	Artesanatos diversos
Papel/Papelão/Jornais	Portas-canetas, sapateira, bolsas
Plásticos	Artesanatos diversos e canteiros de hortaliças
Metal	Artesanatos diversos
Pneus	Mesa com poltronas, Canteiros de Hortas, Vasos para plantas ornamentais, Objetos de decoração, balanço para criança
Gordura de cozinha e sebo bovino	Sabão (líquido e em barra) e sabonetes
Resíduo orgânico	Composto orgânico

A produção artesanal com reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos gerou diversos produtos, dentre os quais podem ser destacados: os objetos confeccionados a partir de pneus

inservíveis, tais como um conjunto de móveis compostos de mesa e quatro poltronas, um poço como objeto de decoração, um balanço, um pavão e canteiros para plantas ornamentais e para hortaliças em diversos formatos (Figura 1).

Figura 1. Peças artesanais diversas feitas com pneus inservíveis.



Observa-se diariamente, no município, o descarte de pneus inservíveis, em frente aos estabelecimentos comerciais, oficinas e borracharias e alguns casos, ocorre a queima desses materiais como forma de reduzir o volume de resíduos a ser descartado.

Costa et al. (2013) descreveram que os pneus usados têm se tornado um problema ambiental a nível mundial, devido ao seu descarte inadequado que cresce a cada ano em todo o planeta. Monteiro et al. (2001), listam vários problemas causado pelo descarte de pneus: se deixados em ambiente aberto, sujeito a chuvas, os pneus acumulam água, servindo como local para a proliferação de mosquitos; se encaminhados para aterros de lixo convencionais, provocam "ocos" na massa de resíduos, causando a instabilidade do aterro; se destinados em unidades de incineração, a queima da borracha gera enormes quantidades de material particulado e gases tóxicos, necessitando de um sistema de tratamento dos gases extremamente eficiente e caro.

Porém, é possível dar alternativas que proporcionem aumentar a vida útil desse material ao ponto de evitar ou retardar o seu descarte inadequado no meio ambiente. A produção de artefatos de pneus inservíveis está cada vez mais comum no Brasil e apresenta como vantagens a destinação adequada somadas à geração de renda e à inclusão social (MONTEIRO; MATTOLI; FERREIRA, 2011) e para a prática da educação ambiental, através da produção de objetos de decoração de jardins (COSTA et al., 2013).

Por outro lado, Parra, Nascimento e Monteiro (2010), apontam instrumentos legais como alternativa para minimizar o problema ambiental causado pelo descarte incorreto de pneus. Apesar disso, a realidade brasileira demonstra ineficiência da logística reversa como instrumento de destinação adequada desses resíduos pelo fabricante, conforme aponta a pesquisa de Pessoa e Pessoa (2017) no município de Humaitá – AM. Ao avaliarem esse instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os autores verificaram que os pneus representam passivos ambientais e trazem consigo sérios riscos à saúde e ao meio ambiente. Assim, a destinação final dos pneus tornou-se um desafio para os fabricantes, que devem buscar alternativas ambientalmente adequada, devido aos problemas ambientais que podem causar (GOBBI, 2002).

Metais, vidros, plásticos, papel e papelão, foram usados para a confecção de peças de artesanatos: portas-canetas, jarros, brinquedos, porta-retratos, dentre outros (Figura 2). A indústria de embalagens desses produtos contribui, de um lado, para o aquecimento da economia, de outro, para danos ambientais pelo descarte inadequado pós-consumo (GUELBERT et al., 2007). Por outro lado, a produção de artefatos a partir desses materiais pode gerar renda com a venda dos materiais em feiras de artesanatos e ajudar na preservação ambiental (BARBALHO et al., 2015), na medida em que o reaproveitamento e a reciclagem permitem reduzir o volume de resíduos nos aterros sanitário (GUELBERT et al., 2007).

Figura 2. Artesanatos feitos com resíduos recicláveis: vidro, metal, plástico e papel/papelão.



Scomação e Metri (2013) constataram a importância da educação ambiental no contexto escolar para mudança de posturas e hábitos em relação ao meio ambiente e ratificam a importância da disseminação dos conceitos dos 3R's (reciclar, reduzir e reaproveitar) como ações práticas habituais para a preservação do meio ambiente.

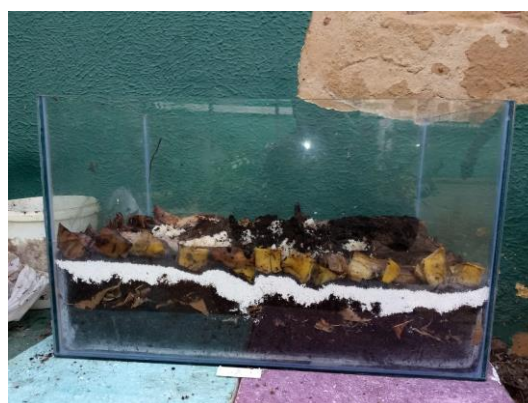
A gordura de cozinha e o sebo bovino foram reaproveitados para a produção de sabão em barra, sabão líquido e sabonetes (Figura 3). Um dos problemas do descarte da gordura diretamente na rede de esgoto é a incrustação da parede tubular e obstrução da rede, causando prejuízos econômicos (MACHADO; CIRINO, 2014), além disso, os resíduos de óleo são insolúveis em água e ao atingirem os mananciais superficiais, formam barreiras capazes de impedir a entrada de luz no ambiente aquático, dificultando os processos biológicos de produção de oxigênio, provocando, por consequência, a morte de peixes e outros organismos aquáticos (SILVA et al., 2012). Diante disso, a produção de sabão a partir de gorduras usadas é uma alternativa para reduzir os prejuízos ambientais causados por esses resíduos quando descartados de forma inadequada (SILVA et al., 2012), além da possibilidade de geração de renda com a venda deste produto para a comunidade (ALBINO, 2016) e agregação de valor econômico ao resíduo (PEREIRA; LEWANDOWISK, 2012).

Figura 3. Produção de sabão artesanal a partir de gordura de cozinha usada e sebo animal.



O composto orgânico (Figura 4) foi produzido a partir da coleta de restos alimentares, tais como: cascas de frutas e verduras, resíduos de café sem açúcar, palhadas, casca de ovos, dentre outros. Esses resíduos foram coletados em casa pelos alunos e professores e na U.I. Joana Lima de Macedo, dispostos em uma composteira de vidro e produzidos compostos orgânicos.

Figura 4. Produção de compostos orgânicos a partir de resíduos sólidos orgânicos.



A compostagem se caracteriza pela decomposição aeróbia da matéria orgânica realizada por um grupo de microrganismos capazes de transformar os resíduos em composto orgânico para adubação agrícola (WARTCHOW; GEWHR; SILVA, 2011).

Do ponto de vista agrônômico, a compostagem promove a valorização dos resíduos, enquanto matéria-prima, rico em nutrientes que retornam ao solo em forma de minerais e materiais orgânicos, capazes de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2014).

Na ótica socioeconômica e ambiental, a compostagem oferece vantagens na redução do volume de resíduos nos aterros sanitários com aumento de sua vida útil; redução da poluição ambiental causado pela lixiviação do material orgânico no solo em decorrência de descarte inadequado e redução de emissão de gases para a atmosfera (WARTCHOW; GEWHR; SILVA, 2011).

Lopes e Pompeu (2014), retratam a importância da presença de uma usina de reciclagem e de compostagem na cidade de Prata – MG como instrumento de gestão ambiental nos municípios e de inclusão social por meio da inserção de trabalhadores no mercado de trabalho através de cooperativas, além de servir como objeto de conscientização ambiental (BENTO; HOELLER, 2013) e educação ambiental (SANTOS; FEHR, 2007).

5. CONCLUSÕES

A reutilização de resíduos urbanos apresenta-se como um instrumento de gestão ambiental, uma vez que, incentiva a coleta seletiva, possibilita a redução do volume de resíduos para o descarte e destinação final, dissemina a valorização econômica dos resíduos como matéria-prima para a produção de artesanatos comercializáveis e consequentemente, gerador de trabalho e renda e inclusão social.

Além da gestão ambiental urbana, a exposição de artesanatos confeccionados com diversos resíduos sólidos urbanos, apresentou-se como um instrumento pedagógico de Educação Ambiental comunitária, disseminando os conceitos dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), preconizados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Considerando o tempo indeterminado de decomposição de pneus e da ineficiência da logística reversa, é de extrema importância buscar alternativas de reaproveitamento de pneus usados para evitar o descarte desses materiais no meio ambiente e, com isso, evitar degradação ambiental causadas por esse material.

Os dispositivos legais no Brasil, referentes a gestão de resíduos sólidos, por si só não atingem o objetivo final para um gerenciamento ambientalmente adequado, que alie a valorização dos resíduos, a geração de trabalho e, consequentemente, de renda e a inclusão social, mas ações concretas a partir de experiências práticas entre instituições de ensino, empresários, poder público e comunidade podem surtir efeitos a curto e médio prazo, na medida que colaboram para a transformação de uma nova consciência ambiental.

A participação das instituições escolares nos eventos supracitados, em que foram expostos os artesanatos a partir de resíduos, foi um grande passo para disseminar prática sustentáveis, uma vez que, algumas escolas aderiram as práticas de reaproveitamento de resíduos, em especial de pneus para a confecção de novos objetos artesanais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. J.; MAIA, F. J. F. O papel da Educação Ambiental na Política Nacional de Resíduos Sólidos: reflexões a partir de uma experiência em escolas públicas. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2., 2015, Campina Grande. *Anais...* Campina Grande: Editora Realize, 2015. p. 1-9.

ALBINO, C. S. S. **Produção de sabão líquido a partir de óleo alimentar usado para a utilização na faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa**. 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

ALMEIDA, V. G.; ZANETI, I. C. B. B.; RODRIGUES FILHO, S. P.; MOTA, J. A. Meio Ambiente, população e gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU): estudo de caso de Perus/SP. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 5, n. 1, p. 186-212, 2016.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: 2017**. Edição Especial. São Paulo: ABRELPE, 2018.

BARBALHO, I. L. P.; BARBALHO, E. P. C.; REBOUÇAS, M. J. J. B. S.; ARAÚJO, R. C. A.; GONDIM, P. C. A. O aproveitamento de materiais recicláveis como fonte de renda. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 17., 2015, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015. p. 1-14.

BENTO, G. A. P.; HOELLER, S. C. Conscientização ambiental através da compostagem no espaço escolar. **Cadernos PDE: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Curitiba: Secretaria de Educação, v. 1, p. 1-24, 2013.

BRASIL. Lei n 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n.º 9605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 30 abr. 2019

CARDOSO, Jailson Jorge; PACHECO, Andréa Daniele Cieniuk; BARROS JUNIOR, Antonio Pacheco de; REIS-NETO Afonso Feitosa. Resíduos sólidos domiciliares e suas consequências por famílias rurais paranaenses. In: MELO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 319-330.

CARTAXO, A. E.; SOUSA, C. R. C.; SANTOS, R. J.; ROCHA, A. L. Gerenciamento de resíduos semissólidos oriundos de oficinas mecânicas da cidade de Pau dos Ferros – RN. In: MELO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 303-318.

COSTA, R. P.; GUEDES, A. L.; SILVA, N. M. P.; SANTOS, K. D. C. Reaproveitamento de pneus inservíveis: uma alternativa para a decoração de jardins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais...* Salvador: IBEAS, 2013. p. 1-4.

FONTANNELA, A.; SOUZA, C. R. A Educação Ambiental como instrumento de gestão ambiental em parques urbanos. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 8, n. 5, p. 55-70, 2016.

GOBBI, A. J. D. **Reaproveitamento de pneus inservíveis como fonte de energia e matéria-prima**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectivas de manejo sustentável e inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**. v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GUAMBA, J. M. E. Projeto piloto de coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos estudo de caso: reciclagem de resíduos sólidos no bairro Hulene. In: TULLIO, L. (Org.). **Gestão de resíduos sólidos 3**. Ponta Grossa: Antena Editora, 2019. p. 88-99.

GUELBERT, T. F.; GULBERT, M.; CORREA, M.; LESZCZYNSKI, S. A. C.; GUERRA, J. C. C. A embalagem PET e a reciclagem: uma visão econômica sustentável para o planeta. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007. p. 1-11.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; JAYO, M. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso do TIC no acesso à informação governamental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 10, n. 1, p. 140-153, 2018.

LOPES, A. F. A.; POMPEU, D. S. S. Benefícios sociais e ambientais da usina de reciclagem e compostagem na cidade de Prata – MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e Saúde**, v. 10, p. 74-85, 2014.

MACHADO, L. C.; CIRINO, M. M. Reciclagem de óleo de cozinha e fabricação de sabão caseiro. **Cadernos PDE: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor**. Curitiba: Secretaria de Educação, v. 1, 2014.

MARANHÃO. **Seminário de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2017. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/meio-ambiente/seminario-de-gestao-inte-gr-a-dados-residuos-solidos>>. Acesso em: 09 maio 2019.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

MONTEIRO, M. A.; MATTIOLI, L. M. L.; FERREIRA, R. H.. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Inservíveis**. 2ª ed. Belo Horizonte: FEAM: Fundação Israel Pinheiro, 2011. 56 p.

MORAES, S. R. R.; TUROLLA, F. A. Visão geral dos problemas e da política ambiental no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 7-13, 2004.

PARRA, C. V.; NASCIMENTO, A. P. B.; FERREIRA, M. L. Reutilização e reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua utilização incorreta. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10., 2010, São José do Campos. *Anais...* São José dos Campos: Univap, 2010. p. 1-5.

PEREIRA, C. S. S.; LEWANDOWISK, H. Fábrica comunitária de sabão ecológico: ganhos ambientais e sociais. **Revista Ambientia**, v. 9, n. 3, p. 663-672, 2013.

PESSOA, J. O.; PESSOA, J. O. Avaliação do sistema de logística reversa de pneus inservíveis no sul do Amazonas. **Revista Foco**, v. 10, n. 1, p. 221-237, 2017.

PIRES, T. C. G.; FERRÃO, G. E. Compostagem no Brasil sobre a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p. 1-18, 2017.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, 2017.

ROLIM; R. S.; TEIXEIRA, K. M. D. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: o trabalho dos catadores de uma cooperativa na região metropolitana de Recife. In: EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2014. p. 147-154.

SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para a produção de compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014.

SANTOS, H. M. N.; FEHR, M. Educação Ambiental por meio da compostagem de resíduos sólidos orgânicos em escolas públicas de Araguari. **Caminhos da Geografia**, v. 8, n. 24, p. 163-183, 2007.

SANTOS, T.; ROVARIS, N. R. S. Cenário brasileiro da gestão dos resíduos sólidos urbanos e coleta seletiva. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 6., 2017, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SINGEP, 2017. p. 1-16.

SCOMAÇÃO, I. B.; METRI, C. B. Consumo consciente: ações para a redução, reutilização e reciclagem de resíduos. **Cadernos PDE: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor**. Curitiba: Secretaria de Educação, v. 1, 2013.

SILVA, I. L.; NASCIMENTO, I. C. B. Sensibilização dos moradores de Abreu e Lima – PE sobre os cuidados no descarte de óleo vegetal. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 487-496.

SILVA, J. P.; DAMO, J. Reaproveitamento de pneus: plano de negócios para implantação de uma usina recicladora de pneus. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., 2014, Resende. *Anais...* Resende: 2014.

SILVA, M. V.; DIAS, M. F.; MACEDO, P. F.; BOAS; S. R. V.; BOTÊLHO, P. S.; JOSÉ, I. C. Reciclagem de óleos residuais para a produção de sabão no município de Itapetinga – BA. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, v. 9, n. 3, p. 106-120, 2012.

SILVA, S. S.; REIS, R. P. Problemas ambientais e o papel do Estado: que tipo de intervenção é necessária? In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SOBER, 2009. p. 1-20.

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Reduções de Gases de Efeito Estufa. **Emissões do Setor de Resíduos: documento de análise 2018 (Resumo Executivo): SEEG, 2018**. Disponível em <[http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorios-SEEG-2018-Residuos-FI N AL-v2.pdf](http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/Relatorios-SEEG-2018-Residuos-FI%20N%20AL-v2.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2019.

VIEIRA, P. L.; BELTRAME, L. T. C. Educação Ambiental: a resposta para os problemas de resíduos sólidos. In: TULLIO, L. (Org.). **Gestão de resíduos sólidos 3**. Ponta Grossa: Antena Editora, 2019. p. 13-23.

VITAL, A. F. M.; BARBOSA, I. S.; SANTOS, A. M.; ANJOS, P. M.; RAMOS, H. C. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos e produção de biofertilizante enriquecido. **Revista Ciência e Saúde Online**, v. 7, n. 2, p. 339-351, 2018.

WARTCHOW, D.; GEWEHR, A. G.; SILVA, J. S. A importância ambiental e econômica da compostagem: estudo de caso: município de Ijuí/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26, 2011, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABES, 2011.

CAPÍTULO 2. IMPACTOS AMBIENTAIS

2.1 ANÁLISE DOS RISCOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE OCUPAÇÕES IRREGULARES EM UMA ENCOSTA DO MUNICÍPIO DE OLINDA – PE

NASCIMENTO, Lucas Albuquerque do
Universidade de Pernambuco
lnascimento.ec@gmail.com

SILVA, Thiago Augusto da
Universidade de Pernambuco
tas3@poli.br

SANTOS, Michele Joyce Pereira dos
Universidade de Pernambuco
mjps2@poli.br

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Universidade de Pernambuco
klafayette@poli.br

RESUMO

A utilização de ferramentas para gerenciamento de riscos ambientais pode contribuir com a redução dos passivos ambientais, por meio de medidas preventivas e corretivas. Desse modo o presente estudo se propôs a investigar uma encosta localizada no município de Olinda, que foi impactada pela ocorrência de um deslizamento de terra. A análise se deu por meio da avaliação dos níveis de risco associados a área com a aplicação da *Failure Modes and Effect Analysis*. Para viabilização do estudo foram realizadas visitas, para coleta de dados, e registros fotográficos da área. Foi verificado que os impactos ambientais para a localidade variam entre médio e alto grau, sendo a deposição irregular de resíduos e a supressão vegetal, os impactos que desencadeiam alto nível de risco. Em conclusão, foi percebida a importância da educação ambiental e o desafio de manter a proteção de áreas suscetíveis a desastres naturais.

PALAVRAS-CHAVE: Assentamentos irregulares, Gerenciamento de riscos, Avaliação ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades, ou seja, ausente de planejamento, gera desequilíbrio entre ambiente natural e o construído (ALBUQUERQUE, 2016). A interferência humana nas condições naturais do solo, também conhecida como ação antrópica, pode intensificar ou promover a ocorrência de desastres, como o movimento de massas. Essa situação é verificada, principalmente, em áreas próximas a encostas, as quais estão quase sempre suscetíveis a riscos. A análise de risco se torna fundamental para o planejamento territorial e manutenção da participação ativa de atores políticos (RIOUSSET; FLACHSLAND; KOWARSCH, 2017). Para esse tipo de análise, encontram-se disponíveis diversas metodologias e técnicas que visam facilitar a tomada de decisões e estabelecimentos de prioridades na mitigação de problemas ambientais, como a *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA).

No Brasil, diversas regiões passaram pelo processo de expansão urbana, não planejada, na qual uma parcela da população ocupou áreas próximas a taludes ou formação de barreiras, intensificando os processos erosivos do solo e favorecendo acontecimentos como o deslizamento de terra (SCHLEE, 2013). Em Pernambuco/BR, é possível verificar que desastres naturais afetam constantemente o território do estado. Em 2016, um deslizamento de terra atingiu o bairro de Águas Compridas, mais precisamente na Ladeira do Giz, pertencente ao município de Olinda. Esse incidente, com três vítimas fatais, foi agravado por fortes chuvas (G1, 2016).

Em 2017, também foi registrado um deslizamento em Pernambuco que resultou em perdas de vidas, tendo este ocorrido no bairro Dois Unidos, situado na cidade de Recife. Santos, Silva e Lafayette (2019), ao investigar as possíveis causas desse desastre, perceberam a existência de pontos de disposição irregular de resíduos sólidos e que o acúmulo desses, próximos às bermas das encostas, influenciou no movimento de massa.

Uma vez que desastres dessa natureza atinjam a determinada região, deixam um rastro de destruição com perdas de humanas e materiais, sendo estimado altos valores para sua recuperação (VARSHNEY; RAJESH, 2014). Nesse contexto, o presente estudo objetiva aplicar e avaliar os potenciais riscos ambientais na encosta da Ladeira do Giz, em Olinda – PE, a partir da aplicação de uma ferramenta de gerenciamento, de modo a apresentar ações mitigatórias para os passivos ambientais, e identificar quais impactos se apresentam com os mais elevados índices de risco.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OCUPAÇÕES IRREGULARES

Os movimentos de massa são fenômenos que atingem o capeamento natural do solo, tendo as chuvas uma grande significância na deflagração dos mesmos (SESTINI, 2000). Esses eventos podem acontecer em função de mecanismos naturais (características intrínsecas do solo, ação das chuvas, etc.), e/ou por intervenção antrópica (supressão da camada vegetal, ocupações irregulares/desordenadas, etc.) (PINHEIRO; PROCÓPIO, 2008). As regiões de relevo elevado, quando ocupadas sem o amparo de técnicas de engenharia e controle urbanístico, são palco atrativo para a ocorrência desses deslizamentos (CARDOSO et al., 2015; ASSIS et al., 2017). De acordo com Zambon e Salvatti (2018) a incidência desse modelo irregular de exploração, de áreas de encosta, é geralmente encontrado em países em desenvolvimento, que em algum momento sofrerão com um grande crescimento demográfico.

Com grandes demandas por moradia nas grandes cidades e os elevados preços, a população de menor poder aquisitivo tenderá a ocupar áreas mais afastadas do centro, essas regiões periféricas por consequência, despertarão menor interesse da administração pública, abrindo espaço para o desenvolvimento desordenado e muitas vezes inseguro, do ponto de vista da engenharia (FREITAS; PEREIRA, 2017; AMARAL et al., 2018; SOUZA et al., 2018).

A ocupação urbana desordenada de encostas e taludes adicionam carga extra ao solo e, a consequente supressão da vegetação natural faz com que esse solo fique exposto a ação do intemperismo físico e a ocorrência de desastres naturais (ALMEIDA; BAYER; FERREIRA JÚNIOR, 2016; CUNHA; BACANI, 2016). Mesmo diante à disponibilidade de técnicas de mitigação dos movimentos de massa, os deslizamentos de terra ainda causam um número significativo de mortes e perdas econômicas significativas em todo o mundo (COROMINAS et al., 2014). Segundo Bandeira, Nunes e Lima (2016) a problemática das ocupações irregulares tem cada vez mais ganhado destaque na academia, principalmente em função das perdas humanas e materiais atreladas. Em se tratando do Brasil essas perdas estão concentradas muitas vezes em áreas de encosta (Caldas-Barbalha, Rio de Janeiro, Recife, Olinda, Maceió, etc.) devido em grande parte à falta de recursos apropriados (CARDOSO et al., 2015; SILVA et al., 2018; ANDRADE; CALHEIROS; CONCEIÇÃO, 2018; SANTOS; SILVA; LAFAYETTE, 2019). Assim como ocorreu no Rio de Janeiro, em abril de 2019, onde foram registrados vários deslizamentos de terra decorrentes de chuvas intensas, resultando em várias mortes, na Zona Sul e Leste da cidade (G1, 2019).

Cabe ressaltar que esses deslizamentos de terra, em grande parte, são classificados como escorregamentos por terem a chuva como principal agente deflagrador. Os escorregamentos associam-se ao tipo de material movimentado, podendo ser solo e rocha e até mesmo lixo doméstico (PINTO; PASSS; CANEPARO, 2012). Segundo Martini et al. (2006) uma das principais condições predisponentes para a ocorrência desse desastre é o lançamento de lixo nas encostas. As cidades de Recife e Olinda, ambas situadas no litoral do estado de Pernambuco, também registram vários problemas com deslizamentos ao longo do ano. Nessas cidades é verificada a ocupação irregular de encostas, geralmente, por pessoas com poucos recursos financeiros, estando estas em situações de vulnerabilidade e risco (ANDRADE; CALHEIROS; CONCEIÇÃO, 2018). Desse modo, é necessário o gerenciamento urbanístico e ambiental adequado para essas áreas, pelo poder público, a partir da análise de risco, com o intuito de mitigar a ocorrência de novos desastres.

a. ANÁLISE DE RISCO

A análise consiste em uma estimativa dos níveis de risco para indivíduos, população, propriedade ou meio ambiente, sendo composta pela identificação, avaliação e elaboração do inventário dos elementos com potencial perigo além de mensurar a vulnerabilidade do meio para possíveis desastres (COROMINAS et al., 2014). Há um número crescente de estudos que analisaram o efeito das mudanças no uso da terra na avaliação da suscetibilidade a deslizamentos. Para modelos físicos, é muito importante a elaboração e análise de mapas temporais de uso da terra. Assim, a avaliação de risco deve incluir considerações sobre a importância dos riscos estimados e as consequências sociais, ambientais e econômicas associadas, a fim de identificar uma gama de alternativas para gerenciar a tomada de decisões (COROMINAS et al., 2014).

Com os mapas temporais de uso da terra e a análise de risco é possível obter uma descrição detalhada dos fatores potencializadores de desastres, tais como chuvas, mudanças na hidrologia, geometria da encosta e/ou erosão, além de ações dinâmicas relacionadas, deterioração de rocha/solo e degradação, devido a atividade humana (CROSTA et al., 2012). A *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) ou Modos de Falha e Análises de Efeito é uma ferramenta de gerenciamento de risco que vem sendo utilizada para identificação de problemas potenciais, causas e efeitos. A técnica auxilia na avaliação de produtos e processos, contribuindo para a redução da taxa de falhas e, ainda, é um método analítico que pode ser aplicado em diversos segmentos de projetos (WENCESLAU; ROCHA, 2012; SENNA et al., 2013).

Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada em diversas áreas do conhecimento. Para análise de riscos ambientais, a ferramenta se constitui em um método simples de priorizar os aspectos e impactos ambientais, segundo uma escala de avaliação do grau de importância, permitindo quando possível e pertinente, o estabelecimento direto de medidas preventivas ou corretivas (Quadro 1) (BARCELOS et al., 2011; WENCESLAU; ROCHA, 2012).

Quadro 1. Atividades para aplicação FMEA (Análise do Tipo e Efeito de Falha)

Ordem	Atividades
A	Definição dos ambientes a serem considerados.
B	Levantamento dos aspectos e impactos ambientais dos diversos ambientes definidos na fase de planejamento.
C	Identificação dos aspectos e impactos ambientais dos demais ambientes.
D	Elaboração da tabela FMEA que fixa os índices de criticidade.
E	Identificação das causas dos aspectos/impactos ambientais.
F	Identificação dos controles atuais de detecção das falhas ou causas.
G	Determinação do Índice de Risco Ambiental (IRA).
H	Determinação da ordem de prioridade nas ações.

Fonte: Wenceslau e Rocha (2012).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

A Ladeira do Giz, área de estudo, faz parte ao bairro de Águas Compridas situado no município de Olinda, que é uma cidade importantíssima da Região Metropolitana do Recife (RMR). A área está situada na zona oeste da cidade e integra a Região Política Administrativa 2 (RPA 2), onde se identificam várias comunidades de baixa renda, sendo esta uma característica comum aos outros quatro bairros dessa RPA (FIGUEIREDO, 2010; OLINDA, 2019). No bairro de Águas Compridas, apenas 17.9% dos domicílios urbanos se encontram localizados em vias públicas com urbanização adequada, presença de sistema de drenagem de águas pluviais, calçadas dotadas de meio-fio e pavimentação asfáltica das vias locais (IBGE, 2010). Para a área de estudo, as vias que seguem o contorno de três vias (Rua Primeira Amanhecer, Rua Tijuca e Rua Maria Pereira de Oliveira) (Figura 1), a realidade encontrada é a mesma para a grande maioria do bairro, que é condicionada pela presença de aparatos públicos decifientes e falta de intervenções constantes do poder público.

Figura 1. Localização da Ladeira do Giz, bairro de Águas Compridas, Olinda – PE.



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Em relação aos aspectos socioeconômicos, a população de Olinda possui um salário médio mensal de 1,7 salários mínimos, situação refletida de forma alarmante no bairro do estudo (IBGE, 2010). O clima do município é predominantemente tropical-úmido e os índices pluviométricos se situam entre 1250 mm e 2000 mm, com temperatura média de 25°C. Os meses de maior precipitação de chuva se concentram entre abril e julho, período suscetível à desastres para quem reside nas proximidades de encostas (FREITAS, 2019).

A encosta possui vários pontos que já sofreram intervenções por parte da prefeitura, sendo possível encontrar resquícios de medidas não estruturais de reduzir a instabilidade dos pontos críticos da encosta. A Ladeira do Giz está a 1,5 km da Reserva Florestal Mata do Passarinho, trecho remanescente de mata atlântica, com 14 hectares. No local, verifica-se que as espécies como Jacarandá, Pau Sangue, Oiti, Sucupira e Visgueiro compõem a flora local, além de coqueiros e bananeiras, capim em quantidade considerável, arbustos, entre outros (OLINDA, 2013).

3.2 Parâmetros para aplicação da metodologia fmea

Para realizar uma análise dos riscos ambientais, utilizando o FMEA, foram consideradas as seguintes variáveis: índice de gravidade, ocorrência e detecção impactos ambientais e abrangência o impacto. A determinação do Índice de Risco Ambiental (IRA) é obtida por meio dos pesos estimados para cada uma das 4 variáveis adotadas (Quadro 2), fornecendo uma escala hierarquizada da relevância de cada aspecto/impacto (WENCESLAU; ROCHA, 2012).

Quadro 2. Variáveis para elaboração da tabela de análise.

Grau	Baixo	Médio	Alto
Peso	1	2	3
Ocorrência de impactos ambientais (O)	Semestralmente ou anualmente	Mensalmente	Diariamente
Índices de gravidade (G)	Impacto ao ambiente em longo prazo - anos	Impacto ao ambiente em curto prazo - meses	Impacto imediato ao ambiente e a saúde das pessoas
Detecção de impactos ambientais (D)	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de tecnologias sofisticadas	O impacto ambiental é percebido com a utilização de medidores simples (mapas temporais, ensaios <i>in situ</i>)	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente
Abrangência dos impactos ambientais (A)	O impacto ambiental é localizado	O impacto ambiental afeta os limites da região	O impacto ambiental afeta regiões vizinhas

Fonte: Adaptado de Wenceslau e Rocha (2012).

O Índice de Gravidade mensura a gravidade do efeito do dano ambiental, assumindo que o tipo de dano ocorra. A abrangência dos impactos ambientais tem sua classificação de acordo com a localidade na qual o impacto pode ocorrer, quanto maior a área que envolve, maior o peso atribuído. Para a detecção do impacto, considera-se a capacidade de percepção do mesmo, assim quanto maior a percepção, menor a pontuação atribuída a este fator de risco. E a ocorrência de impactos está associada a possibilidade do acontecimento e conseqüentemente do gerenciamento que o mesmo requer (NOGUEIRA; PERES; CARVALHO, 2011; WENCESLAU; ROCHA, 2012). Para viabilizar a avaliação dos riscos ambientais, foram realizadas visitas às ruas do Giz, nas quais registrou-se fotograficamente as edificações, as caneletas para coleta de água das chuvas, calçamentos, taludes, a vegetação local, acessos e vias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de levantamento de risco ambiental foi realizado de maneira única, durante a visita “*in situ*”. As análises estão dispostas na Tabela 1, de acordo com os impactos avaliados.

Para facilitar a discussão, foram criados subtópicos individuais para os impactos ambientais que obtiveram o maior Índice de Risco Ambiental (Supressão Vegetal e Deposição Irregular de Resíduos Sólidos). Os impactos que receberam peso menor que 10 (Invasão de Áreas Protegidas, Construções Próximas a Rios e Lagos, Mudanças na Consistência do Solo, Processos Erosivos) foram discutidos em um mesmo subtópico.

Tabela 1. Análise para o *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA).

Parâmetros dos Impacto Ambientais				Resultados e Soluções					
Impactos Ambientais	Efeitos	Causas	Medidas de Controle Atual	O	G	D	A	Σ	Controles ambientais - ações recomendadas
Supressão vegetal	Solo desprotegido/exposto	Novas construções ; abertura de vias de acesso	-	3	2	2	3	10	Instrução ambiental para população (Riscos de Deslizamentos de terra);
Deposição irregular de resíduos sólidos	Acúmulo de resíduos nas bermas da encosta; Obstrução de galerias e drenos; poluição de águas	Coleta pública ineficiente; carência na educação ambiental	Legislações Ambientais	3	3	1	3	10	Instrução para população residente; Campanhas de incentivo à reciclagem; Coleta de lixo regular
Invasão de áreas protegidas	Supressão da mata; redução da biodiversidade	Expansão das áreas urbanas	Legislações Ambientais	1	1	2	3	7	Instrução ambiental para população residente; Fiscalização dos órgãos públicos; Punição dos infratores
Construções próximas a rios e lagos	Assoreamento do rio/lago; contaminação da água	Falta de fiscalização dos órgãos públicos; falta de instrução dos moradores	Legislações Ambientais	1	1	1	3	6	Fiscalização dos órgãos públicos; Instrução sobre os níveis de risco
Mudanças na consistência do solo	Redução da capacidade do solo em suportar cargas	Fundações; serviços de terraplenagem	-	1	2	2	1	6	Fiscalização dos órgãos públicos; Instrução ambiental para população (Riscos de Deslizamentos de terra); Instrução ambiental para população (Riscos de Deslizamentos de terra);
Processos erosivos	Movimento de massa do solo	Alterações na estrutura do solo; solo exposto	Aplicação de lonas plásticas	1	2	1	2	6	Instrução ambiental para população (Riscos de Deslizamentos de terra); Medidas estruturais (Muro de arrimo, etc.)

4.1 Supressão vegetal

Identificaram-se vários pontos com resíduos de podas de árvores e terrenos com solo exposto, indicativos fortes de que a vegetação nativa foi suprimida, característica essa que serve de indicador de que a região vem passando por constantes processos de invasão urbana ao longo dos anos e, como resultado, se encontra facilitando o processo de crescimento de vegetação secundária. Esses fatores de impacto agravam os níveis de risco ambiental da região, além aumentar e muito as possibilidades de deslizamento de terra pois, segundo Stephan (2010) e Fernandes (2015), o solo desprotegido de cobertura vegetal se torna suscetível à incidência direta da chuva sobre a superfície do terreno e apresenta-se incapaz de comportar a infiltração da água, sofrendo com o escoamento superficial.

O Índice de Risco Ambiental (IRA) para a supressão vegetal obteve peso 10, sendo 12 o peso máximo. Estes valores elevados para o risco ambiental conferido pela supressão vegetal é um resultado muito comum para regiões com a tipologia socioeconômica da Ladeira do Giz pois, segundo Lima et al. (2018), em grande parte dessas regiões, caracterizadas por ocupações irregulares, o uso intensivo e extensivo do solo é fator determinante para o desenvolvimento. Várias comprovações dessa prerrogativa são facilmente encontradas nas grandes cidades do Brasil, sendo a RMR palco para várias ocupações dessa natureza. Nos estudos de Dantas, Dantas e Torres (2014) e Santos, Silva e Lafayette (2019), que foram realizados numa comunidade nos arredores de uma unidade de proteção ambiental de Dois Unidos na cidade do Recife, os níveis de supressão encontrados foram bastante similares aos observados no presente trabalho.

4.2 Deposição irregular de resíduos sólidos

Foram observados diversos pontos de deposição irregular de resíduos, em geral, esses eram próximos às margens das vias e em locais onde havia vegetação. Esses locais tinham distribuição bastante randômica, não sendo necessariamente provenientes de uma única residência e muitas vezes sendo identificados como resíduos de construção e demolição, o que atesta a falta de conscientização por parte dos residentes. Aliados a esse fato, é perceptível o descaso na gestão dos resíduos sólidos por parte das entidades públicas, que não consegue suprir as demandas da região. O índice para os impactos do descarte irregular de resíduos sólidos obteve peso 10, significando que essa variável, junto com a supressão vegetal, são as mais impactantes para a área de estudo, devido a ocorrência ser diária e a probabilidade desses efeitos serem percebidos em regiões vizinhas.

As consequências dessa gestão ineficiente acarreta, serve como gatilho para degradação do meio natural, contribuindo para o surgimento de doenças e fragilizando a saúde dos residentes da localidade que segundo relatórios do Ministério do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (MMA, 2010) facilitam a proliferação de vetores como ratos e insetos, além de atrair a presença de animais peçonhentos. Santos, Silva e Lafayette (2019) avaliaram os impactos ambientais provocados pelo descarte irregular de resíduos sólidos no bairro Dois Unidos, em Recife/PE, e concluíram que a localidade estudada apresentava indicadores de impacto com grau máximo e que a origem da problemática detectada estava associada fatores como: a supressão vegetal, deposição de resíduos sólidos e construções irregulares.

4.3 Invasões de áreas protegidas, construções próximas de rios e lagos, mudanças na consistência do solo, processos erosivos.

Como a Ladeira do Giz se encontra próxima a uma área de conservação ambiental, os impactos decorrentes da Invasão de Áreas Protegidas e Construções Próximas a Rios e Lagos foram identificados, pois os efeitos devastadores dessa tipologia de intervenção podem ser percebidos em regiões vizinhas, como na área estudo de caso. A pontuação atribuída a esses impactos ambientais foi de 6 e 7, respectivamente. Os pesos se configuram como impactos de média gravidade, e, portanto, contribuem para a elevação dos níveis de risco ambiental na localidade.

Os processos erosivos foram facilmente percebidos em diversos pontos da encosta, nos quais verificou-se a atuação da prefeitura com a colocação de lonas plásticas sobre os taludes, em uma tentativa de minimizar os efeitos danosos do impacto ambiental. No entanto, nota-se que não há manutenção da medida corretiva, estando as lonas em estado de degradação visível (Figura 2).

Figura 2. Formação de barreiras na Ladeira do Giz, bairro de Águas Compridas, Olinda – PE.



Constou-se que para a construção das residências foi necessário alterar a formação original do terreno, com a execução de cortes no relevo, mudanças visuais na consistência do solo, fazendo com que surjam áreas propensas a deslizamento de terra. Tanto o impacto ambiental dos Processos Erosivos e das Mudanças na Consistência do Solo receberam peso 6, sendo este a metade do peso máximo. O IRA 6 (médio) para esses impactos ambientais pode ser justificado devido os efeitos desses impactos ocorrerem dentre os meses que se registam altas precipitações de chuvas, no geral, e por não haver registro que identifique a frequência de ocorrência desses. De acordo com Tavares et al. (2018), para as áreas que são potenciais em fontes de impactos ambientais é necessário licenciar, fiscalizar, monitorar e acompanhar seus riscos. Além disso, técnicas de avaliação de impactos ambientais são importantes para garantir a qualidade do ambiente que a medida, que as ações impactantes sejam tratadas, minimizando seus efeitos (LINS et al., 2018).

5. CONCLUSÕES

O presente estudo realizou uma análise de risco ambiental a qual está sujeita a Ladeira do Giz, região pertencente ao bairro de Águas Compridas, Olinda – PE. Assim é possível concluir que:

- De acordo com a Tabela de Análise para o *Failure Modes and Effect Analysis* (Tabela 3), os Índices de Risco Ambiental (IRA), para os impactos avaliados, variaram entre 6 e 10, ou seja, risco médio e alto, respectivamente;
- Verifica-se a importância de conscientização da comunidade local sobre os passíveis ambientais atrelados a disposição irregular de resíduos sólidos, e dos riscos ambientais aos quais estão sujeitos devido as construções em áreas com formação de barreiras;
- A necessidade de criação ou melhoria do gerenciamento de áreas de risco por parte do poder público, este que pode empregar ferramentas como a apresentada neste estudo.

Diante dessas assertivas, verifica-se a necessidade maior incentivo a educação ambiental para a população local sobre a forma que os impactos identificados, nessa região de ocupações irregulares, podem elevar os riscos ambientais e físicos dessa localidade.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. A. **Análise de uma encosta em área de risco no município de Jaboatão dos Guararapes – PE**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.
- ALMEIDA, R. F. B.; BAYER, M.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Compartimentação morfométrica da Bacia do Rio Coco como subsídio a análise de fragilidade ambiental. **Revista de Geografia da UFC**, v. 15, n. 4, 2016.
- AMARAL, C.; ESTRELLA, L.; MOTTA, M.; ROMERO, J.; BELLOTI, T.; MAGALHÃES, J. O Recente Deslizamento de Rocha no Morro Boa Esperança, em Itaipu, Niterói. **Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 5, 2018.
- ANDRADE, E. L.; CALHEIROS, S. Q. C.; CONCEIÇÃO, D. N. Áreas críticas à ocupação urbana sujeitas a deslizamento de terra na bacia hidrográfica do riacho Reginaldo, Maceió – AL. **Revista Contexto Geográfico**. v. 3, n. 5, p. 1-11, 2018.
- ASSIS, H. Y. E. G.; CESAR, P. H.; RODRIGUES, J. G. V.; SANTOS, E. G.; TARGINO, C. K. D.; FREIRE, E. M. X.; MOREIRA, S. A. Análise de políticas socioambientais implicadas no caso de deslizamento de terra no bairro Mãe Luiza em Natal/RN. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, 2017.
- BANDEIRA, A. P. N.; NUNES, P. H. S.; LIMA, M. G. S. Environmental risk management in municipalities of the metropolitan area of Cariri, Ceará, Brazil. **Ambiente & Sociedade**. v. 19, n. 4, p. 81-100, 2016.
- BARCELOS, M. N.; PERES, A. P.; PEREIRA, I. O.; CHAVASCO, L. S.; FREITAS, D. F. Aplicação do método FMEA na identificação de impactos ambientais causados pelo descarte doméstico de medicamentos. **Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 4, p. 62-68, 2011.
- CARDOSO, M. A.; MOTA, P. D. M.; SILVA, L. C.; MONTEIRO, S. C.; FERREIRA, J. F. O despejo de resíduos sólidos nas ocupações irregulares no Canal do Jandiá (Macapá – AP). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 19, 2015.
- COROMINAS, J.; VAN WESTEN, C.; FRATTINI, P.; CASCINI, L.; MALET, J. P.; FOTOPOULOU, S.; PITILAKIS, K. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 73, n. 2, p. 209-263, 2014.
- CROSTA, G. B.; AGLIARDI, F.; FRATTINI, P.; SOSOI, R. **Safe Land Deliverable 1.1: landslide triggering mechanisms in Europe – overview and state of the art. Identification of mechanisms and triggers**. 2012. Disponível em: <<http://www.safeland-fp7.eu/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Come Onça, Água Clara/MS. **Acta Geográfica**, v. 10, n. 22, p. 193-205, 2016.
- DANTAS, C. B. S. O.; DANTAS, A. O.; TORRES, M. F. A. Degradação ambiental em unidade de conservação: avaliação da mata de Dois Unidos, Recife – PE In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 7., 2014, Vitória. Vitória. *Anais...* Vitória: CBG, 2014. p. 1-12.
- FERNANDES, L. P. **Avaliação da erodibilidade de um perfil de solo típico da área do campo de instrução de Santa Maria – RS**. 150 p. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- FIGUEIREDO, A. K. C. **Perfil de denúncias recebidas pela vigilância sanitária durante o ano de 2009 em Olinda-PE**. 40 p. 2010. Monografia (Especialização em Gestão de Sistemas e Serviços de Saúde) - Departamento de Saúde Coletiva, Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz. Recife, 2010.
- FREITAS, E. **Clima brasileiro**. Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/clima-brasileiro.htm>>. Acesso em 14 abr. 2019.

FREITAS, J. C.; PEREIRA, A. C. Ocupações irregulares em São Paulo. **Revista de Pós-graduação Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. 113-120, 2017.

G1. **Chuva forte deixa quatro mortos no Recife e em Olinda**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pe/olinda/noticia/2016/05/chuva-de-200-milimetros-deixa-quatro-mortos-no-recife-e-em-olinda.html>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

G1. **Maior chuva em 22 anos no Rio causa 10 mortes, deixa bairros submersos e provoca destruição**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2019/04/09/bombeiros-registram-deslizamento-no-morro-da-babilonia-rio.ghtml>>. Acesso em: 30 abr. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/olinda/panorama>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

LIMA, A. M. T.; ATAÍDES, A. G.; SOUSA, E. P. B.; SEIBERT, C. S.; MUCARI, T. Área de (des) Proteção Ambiental Serra do Lajeado – TO: degradação ambiental identificada por análise de cobertura vegetal e crimes registrados no período de 2001 a 2016. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 1, 2018.

LINS, E. A. M.; SOUZA, J. M.; LINS, A. S. B. M.; NUNES, T. N. M. Análise de riscos ambientais no cemitério de Santa Paula: estudo de caso na cidade de Escada – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 53-65.

MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; DE OLIVEIRA, M. A. T. Avaliação da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa: decisão multicriterial suportada em sistemas de informações geográficas. **Geologia USP, Série Científica**, v. 6, n. 1, p. 41-52, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO (SRHU). **Manual para implantação de sistema de gestão de resíduos de construção civil em consórcios públicos**. Brasília, DF, 63 p., 2010.

NOGUEIRA, A. C.; PERES, A. P.; CARVALHO, E. M. Avaliação do risco ambiental utilizando FMEA em um laticínio na região de Lavras – MG. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, p. 194-209, 2011.

OLINDA, Prefeitura. **A Cidade**. 2019. Disponível em: <<https://www.olinda.pe.gov.br/a-cidade/olinda-em-dados/>>. Acesso em: 31 abr. 2019.

OLINDA, Prefeitura. **Plano de Manejo para Mata do Passarinho é lançado**. 2013. Disponível em: <<https://www.olinda.pe.gov.br/plano-de-manejo-para-mata-do-passarinho-e-lancado/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

PINHEIRO, A. C. D; PROCÓPIO, J. B. Áreas urbanas de preservação permanente ocupadas irregularmente. **Revista Direito Público**, v. 3, n. 3, p. 83-103, 2008.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, Estado do Paraná. **Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 4, n. 1, p. 3-27, 2012.

RIOUSSET, P.; FLACHSLAND, C.; KOWARSCH, M. Global environmental assessments: Impact mechanisms. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 260-267, 2017.

SANTOS, M. J. P.; SILVA, T. A.; LAFAYETTE, K. P. V. Impactos ambientais causados por resíduos sólidos numa encosta no município de Recife – PE. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 83-92.

SCHLEE, M. B. Ocupação de encostas urbanas: algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade. **Cadernos Metrôpole**, v. 15, n. 29, p. 241-264, 2013.

SENNA, J. T.; ALVES, R. R.; SANTOS, N. R. Z.; COSTA, F. L. Em busca de uma universidade mais sustentável: Identificação e análise dos aspectos ambientais de uma unidade de uma instituição federal

multicampi de Ensino Superior. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. *Anais...* Salvador: ConGeA, 2013. p. 1-10.

SESTINI, M. F. **Variáveis geomorfológicas no estudo de deslizamentos em Caraguatatuba–SP utilizando imagens TM-LANDSAT e SIG.** 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

SILVA, F. M. A.; BANDEIRA, A. P. N.; RIBEIRO, S. C.; BRITO, D. S. Risco geomorfológico em encostas úmidas no semiárido: Caso do núcleo urbano do distrito do Caldas – Barbalha – CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 20, n. 2, p. 94-105, 2018.

SOUZA, R. M.; MARCELINO, L.; BORGES, L.; VARELLA, M. Cartografia social nas ocupações urbanas em Paranaguá – o caso da ocupação Jardim Social. **Revista Científica Interdisciplinar INTERLOGOS**, v. 3, n. 1, p. 42-53, 2018.

STEPHAN, A. M. **Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaio de Inderbitzen.** 165 p. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2010.

TAVARES, N. S. G.; OLIVEIRA, M. V. G.; CORDEIRO, R. B.; CARDOSO, M. F. M. Avaliação dos impactos ambientais de uma indústria de plástico no município de Gravatá – PE. In: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais.** Recife: EDUFRPE, 2018. p. 34-52.

VARSHNEY, A., RAJESH, E. A comparative study of built-up index approaches for automated extraction of built-up regions from remote sensing data. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 42, n. 3, p. 659-663, 2014.

WENCESLAU, F. F.; ROCHA, J. M. A ferramenta de análise FMEA como suporte para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em uma agroindústria de arroz. **Tecno-Lógica**, v. 16, n. 1, p. 56-66, 2012.

ZAMBON, I.; SALVATI, L. Demographic dynamics, economic expansion and settlement dispersion in southern Europe: contrasting patterns of growth and change in three metropolitan regions. **Management Research & Practice**, v. 10, n. 2, p. 41-62, 2018.

2.2 DIAGNÓSTICO DO POTENCIAL POLUIDOR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DE LAVA-JATOS EM POMBAL – PB

SILVA, Kardelan Arteiro da
Universidade Federal Rural de Pernambuco
kardelanok0@gmail.com

ARAÚJO, Ithalo Henrique de Sousa
Ithalo.hsa@gmail.com

MARQUES, Mirella Maria Nóbrega
Universidade Federal Rural de Pernambuco
mirellanmarques@outlook.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
Universidade Federal Rural de Pernambuco
epersol.pe@gmail.com

RESUMO

A gestão inadequada dos recursos hídricos tem resultado, ao longo dos anos, na deterioração dos rios, lagos e represas. Ademais, as atividades antrópicas decorrentes do lançamento de resíduos líquidos e/ou sólidos sem tratamento têm contribuído com o aumento dos índices de poluição ambiental nos cursos d'água. Objetivou-se com este estudo diagnosticar o potencial poluidor dos impactos ambientais positivos e negativos do lançamento de efluentes originados nos empreendimentos de lava-jatos da cidade de Pombal-PB. A realização deste estudo seguiu as seguintes etapas: caracterização da área de estudo, identificação dos impactos ambientais e sociais decorrentes das atividades de lava-jato e por fim apresentação de medidas de controle ambiental para minimizar os impactos identificados. A metodologia adotada teve como base pesquisas bibliográficas científica e técnica, visitas de campo e consultas a órgãos e setores públicos responsáveis por esses serviços, tais como: Secretaria Municipal de Infraestrutura, dentre outros. A partir dos resultados, foi possível conhecer os impactos ambientais e também as medidas de controle ambiental necessárias para contribuir com a sustentabilidade do empreendimento em estudo e, conseqüentemente, para a melhoria na qualidade de vida da população local.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Recursos Hídricos, Ação Antrópica.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o número de veículos tem aumentado, mundialmente, de forma exponencial. No Brasil, a taxa de crescimento no setor chegou a atingir mais de 10 vezes a do aumento populacional, enquanto a população cresceu em 13%, a produção e venda de veículos motorizados cresceu em 138,6% (INCT, 2013). De acordo com dados do Departamento Nacional de Trânsito, em todo o Brasil, no ano de 2014 existiam cerca de 48 milhões de automóveis. A taxa de motorização brasileira, proporção de automóveis por cada 100 habitantes, passou de 14,4 em 2001 para 29,7 em 2016 (DENATRAN, 2016).

O elevado número de veículos automotores tem despertado preocupação com a demanda de água para o processo de lavagem deste, bem como com os impactos ambientais negativos frente aos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, devido a sua má utilização (contaminação e desperdício). Sabe-se que a maioria dos lava-jatos não faz nenhum tipo de tratamento dos efluentes gerados pelas suas atividades. O que faz aumentar a quantidade de resíduos capazes de poluir e degradar os recursos hídricos.

O empreendimento de lava jato, deve ser implantado em locais que apresentem solos impermeáveis sendo necessária a utilização de caixas de areia como unidades de pré tratamento dos efluentes gerados, tendo como resultado a retenção de materiais mais pesados (LEPPA, 2015).

Os parâmetros de exigências ambientais e a consciência ecológica e social desse tipo de empreendimento, assim como de vários outros empreendimentos que possam vir a causar alterações adversas ao meio ambiente precisa estar em consonância com a legislação, e procurar se adequar para manter o desenvolvimento de forma sustentável. Assim, faz-se necessário um estudo sobre as práticas sociais, que segundo Jacobi (2015), em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, cria uma necessária articulação com a produção de sentidos sobre a educação ambiental.

O crescimento populacional vem ocasionando sérios impactos ao meio ambiente (MESQUITA; SANTOS; ALVES, 2019). Para Silva et al. (2010), este problema juntamente a intensificação das atividades agrícolas e ao desperdício dos variados usos humanos gera um déficit na qualidade e quantidade da água. Isto resulta em vários problemas para o homem, animais e ao meio ambiente, tornando-se evidente a necessidade da sua preservação, uma vez que a redução da sua qualidade prejudica a saúde dos seres vivos e a sua falta poderá levar a morte das espécies que habitam a Terra (OLIVEIRA; MIRANDA, 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa analisar a situação de empreendimentos de lava-jatos localizados na cidade de Pombal – PB, com relação aos impactos ambientais e sociais gerados, de forma a levantar dados dos seus potenciais poluidores e por fim apresentar medidas de controle ambiental para os devidos impactos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A relação insustentável entre o homem e o meio ambiente ao longo dos anos, tem como efeito a crise ambiental, provocando o esgotamento dos recursos naturais tanto em qualidade quanto em quantidade. Entre estes recursos, destaca-se a água, que a cada dia apresenta acesso cada vez mais precário (SANTOS, 2016).

No Brasil, a região mais afetada pela crise hídrica é o Nordeste, principalmente o semiárido nordestino, uma vez que se destacam os baixos índices pluviométricos e uma má distribuição hídrica (CALDAS; CAMBOIM, 2017). A distribuição hídrica está diretamente relacionada com a evolução de territórios urbanos, onde em regiões que apresentam abundância de água é frequente a expansão de empreendimentos industriais, em contradição a regiões com carência de água (PEIXINHO, 2010).

Frente à exaustão dos recursos naturais, a sociedade busca mudanças no sistema produtivo dos empreendimentos para minimizar ou sanar os danos causados ao meio ambiente (ALUSTAU, 2016). A preocupação com a produção de resíduos e a questão ambiental, social e econômica faz do gerenciamento de resíduos uma ferramenta importante no controle e na minimização destes problemas, sendo um dos pontos principais em discussões entre as empresas, poder público e coletividade, visto que esse fator cresce exponencialmente em decorrência da expansão de civilizações (SANTOS et al., 2019).

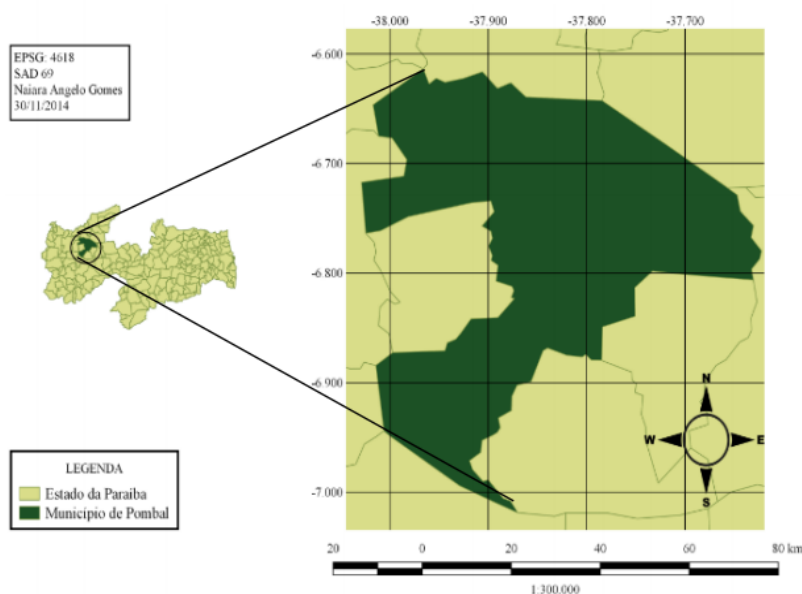
Neste cenário mundial prejudicial ao meio ambiente, percebe-se a necessidade imediata de travar discussões, pesquisas e principalmente ações sustentáveis, que impulsionem mudanças (MESQUITA; SANTOS; ALVES, 2019). O meio acadêmico vem ao longo dos anos, incentivando pesquisas acerca dos impactos causados pelas principais atividades que aquecem o sistema econômico, no entanto, outras atividades de menor importância são pouco estudadas, o que impede a transmissão de dados sobre os danos causados no meio ambiente, como é o caso dos lava-jatos (ASEVEDO; JERÔNIMO, 2012). O seguimento voltado para a lavagem de veículos pode ocasionar a contaminação dos recursos hídricos, por conter em seus efluentes uma quantidade considerável de petróleo e surfactantes que ao entrar em contato com os corpos d'água, gerando impactos sérios no ambiente aquático (SOEIRO, 2014).

3. METODOLOGIA

3.1. Localização da área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Pombal – PB (Figura 1), localizada a Oeste do estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, Mesorregião Sertão Paraibano e Microrregião Sousa. Limita-se ao Norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, a Leste com Condado; ao Sul com São Bento de Pombal, Cajazeiras, Coremas, e São José da Lagoa Tapada, e a Oeste, com Aparecida e São Francisco. Está situada nas coordenadas geográficas $06^{\circ}46'12''$ S e $37^{\circ}48'07''$ W e a 388 km da capital do estado, João Pessoa. Possui uma área total de 889 km², sendo a segunda maior cidade da Paraíba em extensão territorial. A população do município de Pombal estimada no ano de 2014 foi de aproximadamente 32.684 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 1. Localização do município de Pombal – PB.



Fonte: GOMES et al. (2017).

3.2. Identificação dos impactos ambientais e sociais decorrentes das atividades de lava jato

A identificação dos impactos ambientais foi realizada mediante visitas técnicas à área de estudo e complementada com pesquisas bibliográficas para fundamentação metodológica, para isso dentre os 15 lava-jatos cadastrados na cidade de Pombal foram selecionados os de médio e grande porte, cuja rotina é mais frequente.

Na identificação estão descritos os principais impactos ambientais nas fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento de lava jato.

3.3. Medidas de controle ambiental

As medidas de controle ambiental foram indicadas de acordo com pesquisas em literatura especializada, principalmente por EIA/RIMA's de empreendimentos semelhantes, levando em consideração a especificidade dos impactos ambientais diagnosticados. As medidas propostas estão indicadas conforme o potencial de controle dos impactos (Quadro 1).

Quadro 1. Proposição de medidas de controle ambiental

Medida	Tipo de impacto ambiental
Compensatória	Negativo, com baixo ou nenhum potencial de mitigação
Potencializadora	Positivo, com potencial de maximização
Mitigadora	Negativo, com potencial de mitigação

Fonte: Fogliatti, Fillipo e Goudard (2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Impactos ambientais e sociais decorrentes das atividades de lava-jato

Assim como qualquer outra atividade humana, o serviço prestado em lava-jato representa uma fonte de poluição ambiental, sobretudo em regiões desprovidas de adequados sistemas de coleta e tratamento de efluentes, como a região em estudo. Os resíduos gerados nestas atividades são dispostos nos solos provocando contaminação destes e das águas superficiais e subterrâneas.

Outro impacto resultante desta atividade, diz respeito ao elevado consumo de água, devido ao mau uso durante o processo de lavagem dos veículos e pelo uso indiscriminado de mangueira (Figura 2). No entanto, vale salientar que alguns lava-jatos utilizam dispositivos poupadores que promovem a redução do consumo de água, porém, boa parte dos estabelecimentos não utilizam dispositivos de redução de consumo.

Figura 2. Mangueira para lavagem de carros.



A partir de levantamentos realizados através de visitas a alguns lava-jatos pode-se constatar que a maioria dos estabelecimentos possuem fossas sépticas destinadas a recolher os dejetos oriundos dos vasos sanitários (águas negras), porém a água proveniente dos demais usos escoam por entre várias ruas em canais onde também recebe as águas pluviométricas, uma delas é o cruzamento entre a BR-230 e a rua Epitácio Pessoa (Figura 3).

Figura 3. Águas cinza escoando a céu aberto.



Os efluentes da cidade de Pombal – PB são despejados em canais que foram projetados para o escoamento de águas pluviais, provocando a contaminação dos corpos hídricos e o acúmulo de lixo (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4. Canal para escoamento de águas pluviais.



Figura 5. Canal para escoamento de águas pluviais.



O expressivo consumo de água e o prolongado período de estiagem na região despertam insegurança nas pessoas que dependem deste serviço para o seu sustento e da sua família, pois as empresas que não buscarem se adequar e adotar medidas sustentáveis poderão perder espaço para empresas que adotam práticas sustentáveis, isto é, estas empresas perdem oportunidade para aquelas que adotam práticas adequadas, tais como o uso de dispositivos poupadores e reuso de água, além disso, com o agravamento da crise hídrica, a continuidade destes serviços torna-se ameaçada, uma vez que a Política Nacional de Recursos Hídricos através da lei nº. 9.433/97 preconiza o abastecimento humano como uso prioritário, o que já deveria ser implantado na região, onde percebe-se a entrada de legislação que discipline o serviço de lava-jato.

Constatou-se que por semana são lavados 19 carros equivalendo a 76 por mês. De acordo com o proprietário do empreendimento o consumo mensal de água é de 15 m³ (15.000 L), desta forma, cada carro consome aproximadamente 0,19 m³ de água para ser lavado, média considerada alta quando comparada a um estudo realizado por Marques et al. (2015), o mesmo considera que para cada carro lavado deve-se ter um gasto médio de 0,14 m³ de água.

Ademais, devido ao prolongado período de estiagem na região Nordeste, várias cidades têm buscado alternativas para garantir o abastecimento de água sendo frequentes os relatos de que várias cidades estão sendo atendidas por carro pipa. Assim, por um lado registra-se o abastecimento de água para consumo humano feito muitas vezes de forma precária (Figura 6) e do outro, um alto consumo de água no setor de lavagem de veículos. Tornando-se imperativo e de extrema relevância, o desenvolvimento de novas tecnologias, relacionadas ao uso racional e ao reuso de águas cinzas nesses estabelecimentos.

Figura 6. Abastecimento de água por carro pipa.



Foram identificadas as principais atividades e seus respectivos impactos na fase de planejamento de empreendimento no setor de lava-jato (Quadro 2).

Quadro 2. Impactos ambientais e sociais causados pelas atividades de lava-jato na fase de planejamento.

Atividades	Impactos
Seleção da área	Alteração no uso do solo Oscilação nos valores dos terrenos
Estudo da viabilidade econômica	Aumento de conhecimentos sobre a viabilidade econômica do projeto
Divulgação do empreendimento	Aumento da expectativa da população

Fonte: Adaptado de Arruda (2016).

As atividades e os seus respectivos impactos ambientais e sociais nas fases de implantação e operação estão apresentados, respectivamente, nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3. Atividades e seus respectivos impactos na fase de implantação de empreendimento de lava jato

Atividades	Impactos
Isolamento da área para construção	Redução de riscos de acidentes
Instalação de equipamentos	Aumento de ruído Poluição atmosférica
Contratação de pessoal temporário	Aumento de emprego e renda Aumento da demanda de bens e serviços Alteração da paisagem natural Alteração do microclima local Aceleração dos processos erosivos
Desmatamento	Intrusão visual Assoreamento dos corpos hídricos Exposição temporária do solo Alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo Perda de espécies vegetais Perda de abrigo, alimentação e reprodução prejudicando a fauna local Alteração na drenagem natural local Alteração da drenagem local
Impermeabilização do solo	Aumento dos alagamentos Alteração das características físicas, químicas e biológicas do solo Diminuição da diversidade da fauna terrestre Compactação do solo Desestruturção do solo Aumento de erosão acelerada Poluição atmosférica
Construção civil	Aumento de ruídos Assoreamento de corpos hídricos Alteração da qualidade das águas Aumento do risco de acidentes Alteração da fauna Alteração da flora Intrusão visual Alteração dos microrganismos do solo
Construção de sistema de tratamento de efluentes líquidos	Redução do risco de contaminação do solo Redução do risco de contaminação da água Redução da proliferação de insetos e vetores

Fonte: Adaptado de Arruda (2016).

Quadro 4. Atividades e impactos ambientais e sociais causados na fase de operação de empreendimento de lava jato.

Atividades	Impactos
Contratação de trabalhadores	Aumento do número de empregos
Geração de resíduos sólidos	Aumento da poluição de recursos hídricos, solos, água e ar
Geração de efluentes	Contaminação de solos e água
Lavagem de veículos	Redução da oferta de água Aumento do risco de doenças
Utilização de produtos tóxicos	Contaminação do solo, água e ar

Fonte: Adaptado de Arruda (2016).

4.2. Medidas de controle

As medidas de controle foram indicadas no intuito de mitigar, compensar ou minimizar impactos significativos identificados anteriormente (Quadro 5).

Quadro 5. Medidas de controle.

Impactos	Medidas de controle
Redução de riscos de acidentes	Utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI)
Aumento de ruído	Usar protetores auditivos
Aceleração dos processos erosivos	Controle da supressão da vegetação
Alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo	Controle da supressão da vegetação
Perda de abrigo, alimentação e reprodução prejudicando a fauna local	Controle da supressão da vegetação
Alteração na drenagem natural local	Implantação e manutenção da rede de drenagem
Alteração da drenagem local	Implantação e manutenção da rede de drenagem
Aumento dos alagamentos	Implantação e manutenção da rede de drenagem
Diminuição da diversidade da fauna terrestre	Controle da supressão da vegetação
Desestruturação do solo	Impermeabilizar somente as áreas necessárias para a construção do lava jato
Aumento de erosão acelerada	Implantar o programa de Prevenção e Controle dos Processos Erosivos
Alteração da qualidade das águas	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de efluentes
Alteração da fauna e da flora	Controle da supressão da vegetação
Alteração dos microrganismos do solo	Impermeabilizar somente as áreas necessárias para a construção do lava jato
Redução do risco de contaminação do solo e da água	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
Redução da proliferação de insetos e vetores	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
Aumento da poluição de recursos hídricos, solos, água e ar	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
Contaminação de solos e água	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
Redução da oferta de água	Adoção de práticas de controle e reuso da água
Aumento do risco de doenças	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos
Contaminação do solo, água e ar	Adoção de Práticas adequadas de Gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos

Fonte: Adaptado de Arruda (2016).

5. CONCLUSÕES

Com o presente estudo, constatou-se um consumo médio mensal de 15m³ (15.000 L) de água nas atividades de lava-jato, da cidade de Pombal – PB e um consumo médio de 198 litros por lavagem de veículos. Porém, pode-se perceber que nesta atividade os impactos positivos são constantes e o alto consumo de água, contaminação de solos e corpos hídricos, alteração no uso do solo e aumento no número de empregos foram os principais impactos decorrentes das atividades de lava-jatos. As medidas de controle ambiental foram indicadas com o objetivo de reduzir os efeitos adversos, sendo a principal medida a adoção de práticas adequadas de gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos. Diante do exposto, faz-se necessário que os órgãos ambientais realizem visitas técnicas periódicas aos estabelecimentos que fazem uso de uma quantidade significativa de recursos naturais, tomando conhecimento da realidade encontrada nos empreendimentos como o alto consumo de água e a falta de sistemas de tratamento de efluentes.

REFERÊNCIAS

- ALUSTAU, A. R. **A insustentabilidade dos recursos naturais frente às ações criminosas praticadas pelo homem, a partir da análise da Lei 12.305/10**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito) – Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2016.
- ARRUDA, R. M. **Identificação e análise de impactos ambientais da indústria têxtil: um estudo de caso no município de Itaporanga – PB**. 2016. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2016.
- ASEVEDO, K. C. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Diagnóstico ambiental de postos de lavagem de veículos (lavajatos) em Natal – RN. **Revista Scientia Plena**, v. 8, n. 11, p. 1-11, 2012.
- CALDAS, J.; CAMBOIM, W. L. Aproveitamento da água dos aparelhos condicionadores de ar para fins não potáveis: avaliação da viabilidade de implantação em um bloco do UNIPÊ. **Revista InterScientia**, v. 5, n. 1, p. 166-188, 2017.
- DENATRAN. Departamento Nacional de Trânsito. **Frota Nacional**. 2016.
- FOGLIATTI, M. C.; FILLIPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- GOMES, N. A.; LEITE, J. C. A.; FARIAS, C. A. S.; SILVA, A. P. O.; ISMAEL, F. C. M. Diagnóstico ambiental qualitativo no “lixão” da cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 61-67, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010.
- INCT. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia. **Evolução da frota de automóveis e motos no Brasil**. 2013.
- JACOBI, P. Meio Ambiente, Riscos e Aprendizagem Social. **Cadernos de Pesquisa: Pensamento Educacional**, v. 10, n. 26, p. 346-364, 2015.
- LEPPA, A. S. **Sistema de separação de água e óleo em atividades automotivas**. Centro de Educação Profissional – UNIVATES GERAIS. Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015.
- MARQUES, A. J. L.; SILVA, S. B.; CRUVINEL, K. A. S.; FERREIRA, E. M. Uso racional da água em concessionária de veículos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 21, p. 751 – 759, 2015.
- MESQUITA, J. B.; SANTOS, W. S.; ALVES, A. O. Elaboração de brinquedos a partir de resíduos sólidos na escola estadual João Cavalcanti Petribu, Paudalho – PE. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 174-184.
- OLIVEIRA, R. S.; MIRANDA, A. L. Logística reversa como estratégia empresarial na gestão dos resíduos sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 209-226.
- PEIXINHO, F. C. Gestão sustentável dos recursos hídricos. **Águas Subterrâneas**, p. 1-16, 2010.
- SANTOS, S. C. **Educação Ambiental para consumo racional da água: uma abordagem socioambiental crítica para sensibilização dos alunos do 9º ano de uma escola de Ensino Fundamental em Chapadinha – MA**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2016.
- SANTOS, W. S.; MESQUITA, J. B.; ALMEIDA, D. C.; ALVES, A. O. Impressões a cerca do descarte de resíduos perfuro cortantes em salões de beleza na cidade de Paulista – PE (2019). In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 132-144.

SILVA, W. M. et al. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.

SOEIRO, E. C. **Tratamento de efluentes oleosos de lava a jato via processo oxidativo avançado**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás) – Universidade Potiguar, Natal, 2014.

2.3 DIAGNÓSTICO DOS IMPACTOS FÍSICOS-AMBIENTAIS, UTILIZANDO A MATRIZ GUT NO CAMPO DA UNIÃO EM RECIFE – PE

NASCIMENTO, Carlos Fernando Gomes do
Universidade Católica de Pernambuco
carlosfernando.gn@gmail.com

SILVA, Flaviana Gomes Alves da
Universidade de Pernambuco
flavianags@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Universidade de Pernambuco
klafayette@poli.br

SANTOS, Michele Joyce Pereira dos
Universidade de Pernambuco
mjps2@poli.br

RESUMO

O desenvolvimento urbano e os processos construtivos em algumas áreas vêm crescendo nos últimos anos, trazendo consigo o aumento da degradação ambiental. A geração de resíduos é considerada um dos principais problemas ambientais, decorrentes do crescimento populacional. O objetivo desse estudo foi avaliar os impactos ambientais na comunidade do Campo da União/ Recife – PE, mediante a utilização do método GUT (gravidade, urgência e tendência), onde o levantamento foi realizado através de inspeção em campo. Foram observados problemas decorrentes da poluição do ar, da contaminação do solo e do lençol freático, obstrução dos pontos de coleta de resíduos, redução da fauna local, problemas de drenagem urbana e entre outros. Assim, fica evidente que alguns pontos avaliados na Matriz GUT devem conter iniciativas que mitiguem os impactos ambientais, causados pelo descarte incorreto dos resíduos que afetam diretamente a saúde local e as condições mínimas de um ambiente mais agradável. Assim, é importante que a educação e a consciência ambiental façam parte do protagonismo social, visando a melhoria do meio ambiente. Em suma, é necessário que haja projetos para melhoria dos impactos ambientais com planos de ações adequados e práticos na comunidade fazendo com que a mesma participe dos processos e do desenvolvimento socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais decorrentes das ações humanas são temas de discussão em escala mundial. Segundo Ferreira, Bonet e Santos (2018), as organizações com caráter sócio-político levam à tona suas responsabilidades sociais, econômicas e ecológicas como aspectos relevantes nas ações tomadas na sociedade, no que diz respeito ao gerenciamento adequado dos resíduos (COSTA et al., 2017). A cidade do Recife/PE sofre com problemas de deposição irregular de resíduos sólidos, onde, de acordo com os dados relatados pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSU) é de aproximadamente 847.000 t/ano e uma geração per capita de 1.449 Kg hab./dia, levando em consideração a população estimada de 2015.

A coleta convencional abrange uma percentagem de 100% da área urbana do município do Recife/PE. Conforme dados oficiais, os resíduos domésticos úmidos (orgânicos) não apresentam o sistema de coleta diferenciada. Entretanto, os resíduos domiciliares “secos” são recolhidos pelo sistema de coleta seletiva em menores percentuais. Por meio do sistema porta-a-porta e/ou sistema de entrega voluntária chamados de ecopontos, esses resíduos coletados são condicionados em recipientes plásticos descartáveis até os caminhões compactadores, que transportam para a deposição final em aterro sanitário privado conforme as ações definidas pelas condições sustentáveis (RECIFE, 2014).

Os resíduos ao serem gerados em grandes quantidades, não respeitando os padrões de consumo e sem o devido tratamento, podem provocar a poluição do ar, degradação do solo, contaminação da água, dos lençóis freáticos e a intensificação das enchentes, causando transtornos para os moradores locais. Além disso, propicia a incidência das doenças causadas por vetores provenientes do acúmulo de lixo (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012; SILVA; PELÁ; BARRETOS, 2013; PEREIRA et al., 2014; SILVA, 2016; KIST et al., 2017; COSTA et al., 2017). O descarte inadequado dos resíduos sólidos ocasiona incômodo a população, gerando poluição visual, entupimento de sistemas de drenagem urbana, além da diminuição da vida útil desses componentes (DEUS; BATTISTELLE; SILVA, 2015; SILVA et al., 2018). Sabe-se que esses problemas ambientais são ocasionados, em partes, pela falta de gestão de políticas públicas e, nesta perspectiva, a linearidade é uma tendência na região, que não observam a possibilidade de reuso ou descarte sustentável (AZEVEDO; LOPES; MACIEL, 2016; GUTERRES, 2018; SANTOS, 2018).

As tarefas definidas conforme a gestão integrada de ações sustentáveis, visa hierarquizar objetivos que minimizam a geração de resíduos, reduzem os impactos dos mesmos, desenvolvem diretrizes para reutilização, tratamento e destinação final adequada (BESEN et al., 2014; SOUZA et al., 2017). Essas diretrizes devem estar pautadas nos objetivos propostos entre Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e os planos definidos pela gestão municipal, relacionadas aos serviços de limpeza e a manipulação adequada dos resíduos sólidos. De acordo com Jacobi e Besen (2011), os projetos de gestão integrada de resíduos sólidos são essenciais para definir a finalidade da destinação desses rejeitos, utilizando conteúdo que fomente o plano de ação, a caracterização dos resíduos e a destinação final buscando soluções que auxiliam a tomada de decisão dos gestores na otimização dos processos ambientais (FIDELIS; CÂNDIDO, 2006).

A falta de planos e tomada de ações por parte dos gestores podem ser evidenciadas em diversas localidades do país, como no Campo da União/Recife – PE. No local em estudo, a falta de gerenciamento dos resíduos sólidos é percebida ao verificar o descarte inadequado em áreas que são consideradas críticas, havendo assim, aumento dos problemas ambientais, sociais e de saúde. Nessa perspectiva, as ferramentas de qualidade como a matriz GUT contribuem na compreensão de alguns processos, com intuito de transformar informações em ações ambientais, pois são instrumentos que definem melhores alternativas para tomadas de decisões levando em consideração as análises críticas pautadas na discussão dos resultados, tendo em vista os objetivos definidos no planejamento (HÉKIS et al., 2013). Assim, o objetivo desta pesquisa foi utilizar a ferramenta de priorização na resolução de

problemas ambientais, levando em consideração as ações e gestão dos resíduos sólidos em alguns pontos de descarte inadequado no Campo da União/Recife – PE, buscando alternativas para mitigar os problemas ambientais estudados nesse artigo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Impactos ambientais e as premissas nas ações antrópicas

Algumas pesquisas revelam que a consciência ambiental, nos países que se desenvolveram nos últimos anos e o interesse pelos assuntos voltados ao meio ambiente, está cada vez mais crescente (ARAÚJO et al., 2018). No Brasil, a população de modo geral, atribui a contextualização do significado meio ambiente a fauna e flora, excluindo, por sua vez, o homem como protagonista principal dos principais desastres ambientais (RIBEIRO; NASCIMENTO; VAN BELLEN, 2009). De acordo com Mucelin e Bellini (2008), as ações cotidianas, muitas vezes, mascaram os problemas que ocorrem no meio ambiente por falta de informações, as tornando imperceptíveis. Mesmo contemplando casos de agressões ao ambiente, os hábitos cotidianos concorrem para que o morador urbano não reflita sobre as consequências causadas no ambiente. Assim, deve-se evitar e/ou minimizar a elevada quantidade de resíduos gerados pelas ações antrópicas que comprometem a melhoria e a logística do meio ambiente (ARAÚJO et al., 2018). As atividades cotidianas realizadas pelas ações antrópicas, como descarte incorreto dos resíduos sólidos em pontos críticos ocasionam a degradação e contaminação ambiental nas áreas urbanas.

Os impactos ambientais do descarte incorreto de resíduos causam poluição visual. No entanto estes problemas tornam-se cotidianos e passam a ser considerados normais (MUCELIN; BELLINI, 2008; CONKE, 2018). Esta questão reflete na educação socioambiental, cabendo ressaltar que a aplicabilidade das diretrizes estabelecidas para minimizar os impactos ambientais são dificultadas por não haver a interação sócio-política entre esferas sociais. As diretrizes e políticas públicas contidas no PNRS são voltadas às ações minimizadoras ou mitigadoras de impactos ambientais e levam em consideração estratégias que estabelecem instrumentos para controle de tratamento de resíduos sólidos urbanos, análise do ciclo de vida e a conscientização dos bens de consumo duráveis (YOSHIDA, 2012; DEMAJOROVIC; AUGUSTO; SOUZA, 2016).

Com intuito de garantir a efetividade das diretrizes e a atuação da prefeitura frente as condições básicas ambientais, devem ser adotadas algumas estratégias como implantar a coleta de lixo em todos os domicílios, com frequência adequada; fiscalizar a implantação da coleta de resíduos domiciliares; monitorar os serviços de coleta domiciliar; implantar programa de fiscalização para a execução dos serviços de limpeza urbana. A educação ambiental é um tema delicado a ser discutido, entretanto a realização de projetos motivacionais educativos através de atividades sociais e debates sobre a reciclagem e preservação do meio ambiente na comunidade, é essencial para integrar a mesma no contexto da gestão de resíduos sólidos e políticas públicas propagando a melhoria social, política e econômica do local oriundo da integração antrópica ambiental.

2.2. FERRAMENTAS DE QUALIDADE (MATRIZ GUT)

A matriz GUT é uma ferramenta de qualidade e tem como objetivo priorizar as ações para soluções de problemas de acordo com as alternativas observadas nas análises mais complexas (NASCIMENTO; SANTOS; ALMEIDA, 2018). Estudo realizado por Costa et al. (2017), evidencia que essa ferramenta é necessária para desenvolvimento de ações que melhorem as falhas em algum sistema, por exemplo, atuação pública através de um planejamento funcional. De acordo com Fáveri e Silva (2016) e com Alves et al., (2017) essa matriz apresenta característica que melhoram e auxiliam a hierarquização dos riscos de algum problema observado, onde o mesmo pode ser estudado e avaliado conforme diretrizes estratégicas. Além disso, buscam identificar os processos críticos referente a ordem de prioridade e classificadas para determinadas ações mitigadoras.

O método foi desenvolvido pelos pesquisadores Charles Kepner e Benajamin Tregoe, em 1981, onde a principal finalidade dessa ferramenta é qualificar e priorizar conjuntos de ações racionais levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência (Quadro 1) como parâmetros nas tomadas das ações e no auxílio de estratégias (FERNANDES, 2015).

Quadro 1. Variáveis consideradas na Matriz GUT.

SIGLA	CLASSIFICAÇÃO	CONCEITO
G	GRAVIDADE	Representa o impacto do problema caso ele venha a acontecer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. Verifica-se sempre seus efeitos a médio e longo prazo, caso o problema em questão não seja resolvido.
U	URGÊNCIA	Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver um determinado problema analisado. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver esse problema. É recomendado que seja feita a seguinte pergunta: “A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?”
T	TENDÊNCIA	Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade de o problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: “Se eu não resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?”.

Fonte: Adaptado de Periard (2011).

Na matriz GUT, é necessário a identificação dos problemas e, que os mesmos, sejam analisados atribuindo-se valores de 1 a 5 para as características: gravidade, urgência e tendência. Os pontos da escala GUT atribuídos a cada problema são multiplicados, dando origem a um valor resultante. Assim, as ações de gerenciamento podem ser pautadas segundo os valores máximos obtidos (MARTINS et al., 2017; FÁVERI; SILVA, 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O Campo da União está localizado no Bairro da Macaxeira, na zona norte da cidade do Recife, no estado de Pernambuco. De acordo com os dados obtidos no site da Prefeitura do Recife, essa região possui aproximadamente 21.000 habitantes ocupada por aproximadamente 5.810 domicílios, sendo uma média de moradores de 3,5 pessoas por residência e uma renda média mensal de R\$ 1.300,00. A área em estudo tem aproximadamente 0,09 Km². A coleta domiciliar é um serviço oferecido pela Prefeitura do Recife, através da Emlurb, para recolhimento dos resíduos sólidos residenciais, o chamado "lixo doméstico". A coleta é limitada em 100 litros por dia por residência e é feita através de caminhões compactadores, conforme os dias e horários estabelecidos para cada bairro da cidade.

De acordo com a Lei nº. 14.903 (RECIFE, 1986), explica que os resíduos corretamente acondicionados, deverão ser colocados em frente às residências até 1 (uma) hora antes do horário fixado para o início da coleta regular. A coleta é diurna ocorrendo em 3 dias distintos, mas essa realidade não ocorre em todos os pontos do bairro e, sobretudo, na comunidade. As ações comunitárias podem contribuir com o gerenciamento dos resíduos em comunidades, ao fornecerem informações sobre a reutilização do lixo e/ou do descarte em locais adequados, pois a conscientização para a preservação do meio ambiente é evidenciada através da atuação direta dos moradores, os tornando atores de seus atos ao reconhecer seu papel na sociedade.

Essas ações, através de um programa social instituído pela prefeitura do Recife – PE, são realizadas frente a uma pesquisa na comunidade de quais ruas contribuem com os pontos críticos de lixo, para levar a informação dos pontos corretos de descartes, conforme o tipo de resíduos e os

horários de recolhimento do lixo doméstico. Nesse contexto, realizadas visitas ao Campo da União, com o objetivo de levantar os problemas ambientais, utilizando-se de recursos fotográficos, inspeção visual e através dessas análises foi possível buscar apoio nas bases teóricas como artigos científicos, monografias, dissertações, teses, entre outras fontes bibliográficas sobre o tema estudado, a fim de diagnosticar e priorizar a resolução dos avanços dos impactos ambientais, além de sua origem e causa.

3.2 Aplicação da matriz gut

Foi aplicado o método GUT, atribuindo a pontuação de acordo com o (Quadro 2), obedecendo aos critérios de gravidade “G”, urgência “U” e tendência “T” de cada problema encontrado, efetuando a multiplicação dos fatores determinísticos ($G*U*T$). A partir dessas pontuações, foi possível catalogar as incidências ambientais e descartes inadequados em uma matriz de priorização, facilitando a análise dos dados obtidos e as tomadas de decisões corretivas e preventivas.

Quadro 2. Pontuação do método GUT.

PONTOS	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
5	Prejuízos extremamente graves	É necessária ação imediata	Se nada for feito, agravamento imediato

Fonte: Adaptado de Martins, Pessoa e Nascimento (2017).

A análise qualitativa, além das observações *in loco*, foi embasada no referencial teórico consultado. As etapas de desenvolvimento metodológico são atribuídas em três principais focos:

- O primeiro é determinado pelo Diagnóstico Ambiental, onde foi identificado os impactos ambientais diretos referentes as ações antrópicas locais;
- O segundo, é constituído pela aplicação da Matriz GUT, onde classificou-se os impactos ambientais, causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos, mediante o grau de importância;
- O terceiro, tem a finalidade de propor planos de ações para mitigar os impactos ambientais, dos quais foram relacionados com as propostas, mediante os planos de melhorias ao ambiente e a comunidade local.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as observações *in loco*, verificou-se que o descarte inadequado dos resíduos sólidos, é um dos problemas mais preocupantes para o meio ambiente. Assim, no (Quadro 3), estão alguns desses levantamentos oriundos dos pontos observados em estudo analisados separadamente.

Quadro 3. Resumo do diagnóstico dos resíduos sólidos realizados *in loco*.

Pontos analisados	Problemas ambientais observados	Discussões
1	Pontos críticos de lixo	Através da análise do local, observou-se o descarte inadequado de resíduos de construção e demolição, podagem e resíduos domésticos, sendo estes um dos pontos críticos que deve ser analisado, pois é constituído de outros resíduos que não facilita a

		reciclagem desses materiais que são recolhidos pelo sistema de coleta público da cidade.
2	Resíduos de construção civil	Os resíduos sólidos denominados “resíduos de construção civil” geram grandes problemas ambientais, pelo descarte inadequado e pela falta de gestão para reutilização dos mesmos. O volume gerado pelas ações antrópicas desintegra o sistema de drenagem, onde a deposição inadequada é oriunda da falta de informações dos pontos de confinamento da comunidade.
3	Resíduos sólidos nas escadarias, rua e vielas	Outro problema ambiental observado, foi o descarte inadequado dos resíduos sólidos nas interligações de acesso, onde dificulta a passagem dos moradores e irradia na a proliferação de vetores além de provocar a permeabilização superficial causada por mofo, bolor e pela água contaminada tornando uma realidade local.
4	Resíduos sólidos nas drenagens superficiais	A conscientização ambiental é um fator importante em prol do desenvolvimento ambiental. Levando em consideração o descarte inadequado dos resíduos sólidos próximos as drenagens superficiais de esgoto, observa-se que podem obstruir a passagem causando o aumento do nível de água contaminada nas ruas, odor, infertilidade do solo e etc.
5	Resíduos sólidos nas encostas e morros	Um dos sérios problemas ambientais observados é o descarte dos resíduos sólidos em áreas de risco. As encostas, são locais que possuem tendências de desastres conforme suas características físicas muito íngremes e esse problema é recorrente quando são depositados inadequadamente resíduos na base ou no corpo da encosta, despejados esgotos a céu aberto no solo podendo haver rompimento, vindo a retirar vidas.
6	Fragilidade Da saúde pública	A geração de resíduos é um dos grandes problemas deste século que contribui para a produção de lixo crescesse numa escala considerável. Além do aumento da poluição do solo e das águas, este fenômeno traz como consequências problemas de saúde pública. Neste contexto, faz-se necessário buscar alternativas para a destinação final do lixo reaproveitando-os com interação direta entre a coleta seletiva, a compostagem e a reciclagem.
7	Atuação pública/ investimentos públicos	Investimento público e/ou financeiro é o ponto de partida na aplicação de tecnologias necessárias e melhoria da infraestrutura da gestão de resíduos que, infelizmente, não são aplicados adequadamente. Segundo Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015), o dimensionamento dos custos de resíduos sólidos urbanos tem uma elevada dependência com a morfologia das cidades, com seu traçado, a densidade demográfica presente, e o tipo de serviço almejado pela população.
8	Educação social e ambiental	A área em estudo é muito simples e humilde, onde muitos que residem na região não compreendem o significado referente a sustentabilidade. O processo de educação deve ser gradativo, com intuito de promover melhorias ao meio ambiente através de gincanas, palestras, panfletos interativos e acima de tudo a interação social. Mostrar informações sobre o descarte inadequado dos resíduos sólidos e suas consequências como uma esfera poluidora, faz com que a população busquem a sustentabilidade urbana, educação e conscientização ambiental que podem acarretar a diminuição dos gastos com limpeza, melhoria das condições ambientais e de saúde.

4.1 aplicação do método gut

A utilização do Método GUT é uma das ferramentas essenciais para classificação dos problemas ambientais. No Quadro 4, pode-se observar quais os critérios que foram levados em consideração, afim de avaliar o descarte inadequado dos resíduos. Esses critérios são subjetivos e, portanto, considerados conforme as características do local estudado, sendo os resíduos sólidos classificados individualmente para melhores tomadas de decisões.

Quadro 4. Variáveis para avaliação do diagnóstico no segmento resíduos sólidos.

VARIÁVEIS DETERMINANTES PARA A AVALIAÇÃO DO DIAGNÓSTICO	G	U	T	PONTUAÇÃO
Deficiência nas drenagens superficiais	4	5	4	80
Poluição do ar/ poluição visual	3	3	4	36
Contaminação do solo	4	4	5	80
Comprometimento da saúde	5	5	4	100
Problemas nas galerias de esgoto	5	4	3	60
Materiais de construção civil	4	3	4	48
Descarte inadequado nas escadarias, ruas e vielas	3	5	4	60
Descarte inadequado nas bases e corpos das encostas	5	5	5	125
Investimentos públicos	5	5	4	100
Atuação pública	5	4	3	60
Degradação ambiental e ação antrópica	5	4	3	60
Educação ambiental/ atuação social	3	3	4	36

Observando os valores obtidos, os mesmos foram representados em uma escala de classificação variando de 30 a 130, sendo 30 o menor valor com grau 3; 60 considerado um valor intermediário com grau 2 e 125 o maior valor com grau 1. Assim, levando em consideração as variáveis em estudo, foi possível priorizar os problemas levantados para as futuras tomadas de decisão e realização de ações que mitiguem os impactos ambientais. De acordo com os dados obtidos no Quadro 4, observa-se que o setor de investimentos públicos e comprometimento na saúde, tiveram uma maior pontuação, pois esse fator é oriundo de finanças para desenvolvimento de novas metodologias para melhoria da infraestrutura e gestão dos resíduos sólidos, ambos obtendo 100 pontos e ordem de prioridade grau 1.

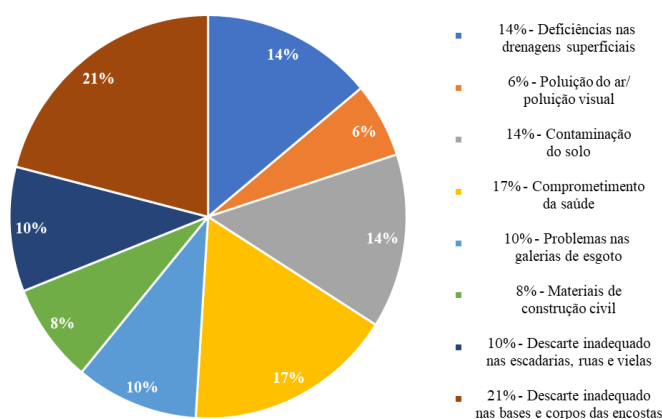
Estudos realizados por Costa et al. (2017) corroboraram esses resultados, uma vez que numa escala de priorização, os dados obtidos pelos autores para a questão de investimentos públicos foram de 125 pontos, 80% próximos aos dados obtidos nesse artigo. Ainda sobre o dimensionamento dos custos, os resíduos sólidos possuem integridade direta com a morfologia e rugosidade social discutidas por (RODRIGUES; MAGALHÃESFILHO; PEREIRA, 2015). Outros fatores como atuação pública, degradação ambiental e educação ambiental são cenários críticos, ocorrendo em áreas onde a perspectiva e difusão do conhecimento ambiental é precária. Na área de estudo, a conscientização ambiental está em pauta, mas é um processo lento, uma vez que se deve haver integridade com os cidadãos e os poderes públicos locais, afim de reparar esses danos com propostas de intervenção e preservação ambiental.

Segundo Rufo e Picanço (2013), a deposição incorreta de resíduos altera o sistema ecológico, proliferando o aparecimento de insetos, doenças, perda da cobertura vegetal em áreas verdes, erosão e contaminação do solo causada por chorume alterando as características físico-químicas do mesmo, alterando sua fertilidade. Assim, quando depositados em locais incorretos, ao serem retirados, geram fortes odores e emissão de gás metano e carbônico na atmosfera (ANDRADE; ALCÂNTARA, 2016). De acordo com Fáveri e Silva (2016), é necessário que os parâmetros adotados sejam evidenciados pela tomada de decisão urgente em locais de áreas de risco, pois esse cenário pode

piorar e tornar iminente os deslizamentos causados pela falta de prudência antrópica. Assim, os autores evidenciam que o uso da ferramenta GUT pode minimizar e propor prioridades para restauração das áreas degradadas, tendo 125 pontos em sua matriz, classificando os taludes e encostas como grave com nível de prioridade I para tomadas de decisões.

Observa-se também, que algumas residências não possuem sistema simples de saneamento, as quais descartam os dejetos diretamente no solo, comprometendo a resistência das encostas obtendo a classificação de grau (I), com mais de 100 pontos. Na Figura 1, pode-se observar que 21% dos problemas ambientais são recorrentes desse descarte incorreto, seguindo com o comprometimento da saúde dos moradores, com 17% tornando o local vulnerável e um ponto crítico de deposição de lixo. Além disso, compreende-se que a saúde está numa escala de grau 1, com 100 pontos, tendo em vista que esse problema é desenvolvido pela falta de cuidados e pelo descarte incorreto de resíduos em locais de drenagem urbana e próximo as valas de captação de águas pluviais, acarretando entupimento dos canais, exposição das águas de esgoto contaminando o solo com 14% de ocorrência Figura 1, havendo ainda, proliferação de vetores que intensificam as doenças.

Figura 1. Percentuais das variáveis utilizadas no estudo



De acordo com os dados obtidos na Matriz GUT, percebe-se que as tomadas de decisões devem ser realizadas pelo poder público para os locais mais degradados, levando em consideração fatores técnicos e geografia local. A reabilitação dos pontos críticos, podem ser minimizados pela atuação constante dos coletores seletivos e com a participação social promovendo um local acessível e limpo. Conforme Gouveia (2012), a utilização de metodologias para inserção social da comunidade na melhoria do meio ambiente ainda é limitada, porém é imprescindível a conscientização dos moradores para minimizarem o descarte incorreto de resíduos sólidos, uma vez que podem ser reutilizados através do processo de reciclagem e iniciativas educacionais que visem melhores atitudes da população evitando problemas graves, urgentes e tendentes.

A fim de propor melhorias para minimizar os impactos ambientais e os descartes incorretos do lixo, foram desenvolvidas algumas ações e atividades sociais como restauração dos ambientes de convivência, projetos e palestras voltadas para a sustentabilidade, juntamente com as políticas públicas do município. Nesse estudo, para mitigar esses problemas no meio ambiente, foi possível promover a atuação dos moradores como protagonistas das melhorias locais, ou seja, buscando a transformação para melhoria do meio ambiente através da participação dos moradores. A atuação social é de suma importância frente as novas técnicas que minimizem esses impactos ambientais, como a logística reversa, onde a cadeia da reciclagem se constitui em um conjunto de ação e atuação que podem ser realizadas por quaisquer cidadão, desde que sua contribuição se torne relevante para a comunidade onde vive e para si mesmo.

5. CONCLUSÕES

Com o presente estudo foi possível concluir que a deposição irregular de resíduos sólidos é um dos fatores mais impactam o meio ambiente, promovendo problemas socioeconômicos e a saúde da população. Assim, programas de educação ambiental são necessários e importantes para que as pessoas possam compreender quais os problemas causados pelo descarte incorreto dos resíduos e que a sustentabilidade é um dos principais critérios a ser discutido em prol do bem-estar dos cidadãos. Desta forma, vale ressaltar que a ferramenta GUT é uma das soluções que são utilizadas em diversos âmbitos, um deles é na classificação dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos. Assim, observou-se que alguns pontos estudados são prioritários nas tomadas de decisões como por exemplo saúde local que obteve pontuação de 100 pontos, sendo caracterizada em grau I e o segundo são na deposição incorreta na base do talude, obtendo 125 pontos, caracterizado em grau I. Os pontos de deposição dos resíduos sólidos em Campo da União- Recife/PE são críticos situados em áreas de risco como as encostas e nas proximidades dos canais superficiais de águas pluviais e esgoto. A criticidade ainda é agravada pelo aumento do acúmulo dos resíduos e pela falta de impermeabilização do solo, o que pode intensificar a ocorrência de doenças e a proliferação dos vetores.

A consciência ambiental não é algo simples, no entanto pode ser trabalhada com a cooperação de todos, promovendo aos cidadãos a participação direta nas ações sociais, estas desenvolvidas de forma coletiva para minimizar os impactos e problemas socioambientais. A gestão dos resíduos sólidos é um desafio principalmente quando se lida com uma comunidade carente. Nessa perspectiva, devem ser desenvolvidas algumas atividades de autoconscientização, workshops, oficinas e palestras para que a comunidade colabore com a preservação ambiental. A educação ambiental local também pode ser realizada através de panfletos informativos. Nessa perspectiva, é necessário ações de educação ambiental que promovam a participação de todos os envolvidos principalmente da comunidade e o estado para levar a comunidade à importância, às consequências e aos resultados da utilização de uma conscientização responsável em função da valorização do local onde moram e da utilização dos recursos naturais. A conscientização ambiental não é um fator subjetivo, mas importante para que os cidadãos possam entender seu papel na sociedade e contribuir para a melhoria do meio onde vivem em função do desenvolvimento de uma sociedade ambientalmente correta.

REFERÊNCIAS

ALVES, R.; KINCHESCKI, G. F.; SILVA, V. R.; VECCHIO, H. P.; OLIVEIRA, C. L.; CANCELIER, M. V. L. Aplicabilidade da matriz GUT para identificação dos processos críticos: o estudo de caso do departamento de direito da Universidade Federal de Santa Catarina. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA, 17., 2017, Mar del Plata. *Anais...* Mar del Plata, 2017. p. 1 - 15.

ANDRADE, A. T. S; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos sólidos urbanos e impactos socioambientais no bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2016.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande – PB: um olhar fotográfico. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 104-120.

AZEVEDO, D.S.; LOPES, R.L.; MACIEL, A.B.C. Resíduos Sólidos: Diagnóstico e Proposições para o Bairro de Redenção, no Município de Vitória de Santo Antão/PE. Interespaço: **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 2, n. 5, p. 424-445, 2016.

BESSEN, G. R.; RIBEIRO, H.; GUNTHER, W. M. R.; JACOBI, P. R. Coleta seletiva na Região Metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 259-278, 2014.

RECIFE. Lei nº. 14.903, de 03 de outubro de 1986. **Dispõe sobre as sanções aplicáveis aos atos ofensivos à limpeza urbana e dá outras providências.** Disponível em: <<https://cm-recife.jusbrasil.com.br/legislacao/274330/lei-14903-86>>. Acesso em: 20 mar. 2019. PE.

CONKE, L. S. Barriers to waste recycling development: Evidence from Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 129-135, 2018.

COSTA, A. R. S. et al. Aplicação da matriz GUT na gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Recife. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**, v. 10, n. 2, p.201-213, 2017.

DEMAJOROVIC, J; AUGUSTO, E. E F; SOUZA, M. T. S. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 119-138, 2016.

DEUS, R. M; BATTISTELLE, R. A. G; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 685-698, 2015.

FÁVERI, R; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de risco de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista Ordem Pública e Defesa Social**, v. 9, n. 1, p. 93-107, 2016.

FERREIRA, R. H. M; BONET, J; SILVA, G. D. P. Diagnóstico Ambiental e Priorização de Impactos na Utilização da Matriz GUT: Análise em Indústria de Carvão Ativado de Guarapuava-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2018, Ponta Grossa. *Anais...* Ponta Grossa: UFPR, 2018.

FERNANDES, S. Z. **Sustentabilidade em projetos de construção: Uma matriz multicritério baseada em riscos.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FIDELIS, J. R. F.; CANDIDO, C. M. A. Administração da informação integrada às estratégias empresariais. **Perspectivas em Ciências da Informação**, v. 11, n. 3, p. 424-432, 2006.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GUTERRES, C. E.; COSTA, V. R. M.; BEZERRA, D. S.; GONÇALVES, I. S. Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de saúde: estudo de caso. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais.** 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 451 - 462.

HÉKIS, H. R.; SILVA, Á. C.; OLIVEIRA, I. M. P.; ARAÚJO, J. P. F. Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. **Revista Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 20-32, 2013.

JACOBI, P. R; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KIST, L. T.; ROSA, F. R.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L. Diagnóstico do Gerenciamento de Resíduo de um Hospital Localizado no Vale do Rio Pardo – Rio Grande do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 554-569, 2018.

MARTINS, N.; PESSOA, R.; NASCIMENTO, R. Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 3, p. 139-148, 2017.

MUCELIN, C. A; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NASCIMENTO, C. F. G; SANTOS, M. S. C; ALMEIDA, M. N. Método GUT (gravidade, urgência e tendência) e método dos fatores para priorização na resolução de manifestações patológicas e estimativa da

vida útil de elementos em edifício na cidade do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES, 6., 2018, Campo Grande. Campo Grande: Rudder, 2018. p. 1493-1502.

PEREIRA, D. H.; FERREIRA, L. F.; SOUZA, M. M.; FERREIRA, D. D. M. Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais como ferramenta de evidencição de contingências ambientais. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 74-91, 2014.

PERIARD, G. **Matriz GUT: Guia Completo**, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

RECIFE. Plano de gestão integrada de resíduos sólidos – PGIRS do município do Recife. Recife, BRENCORP – Consultoria, Meio Ambiente e Empreendimento, BRENCORP, Recife, 2014. 259 p.

RIBEIRO, A. M.; NASCIMENTO, L. F.; VAN BELLEN, H. M. Evidencição ambiental: análise comparativa multissetorial entre Brasil, Estados Unidos e Inglaterra. **Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, v. 7, n. 1, p. 07-22, 2009.

RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L. M.; PEREIRA, E. S. Análise dos determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 1, p.130-141, 2015.

RUFO, R. C.; PICANÇO, A. P. **Avaliação de impactos ambientais e proposta de remediação do lixão do município de Porto Nacional – TO**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/III-154.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2019.

SANTOS, T. C. G.; LIRA, E. B. S.; ALMEIDA, C. C. S.; EL-DEIR, S. G. APL como estratégia de gerenciamento dos resíduos sólidos de confecções do agreste Pernambucano. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRRPE, 2018. p. 161-172.

SILVA, Á. M. B.; RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N.; LIMA, T. L. A. Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa: uma revisão bibliográfica. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRRPE, 2018. p. 186-197.

SILVA, A. C. M. Cooperação ambiental no Mercosul: uma análise comparativa acerca da gestão de resíduos sólidos. **Revista de Iniciação Científica em Relações Internacionais**, v. 3, n. 6, p. 83-112, 2016.

SILVA, M. C. C.; PELÁ, A.; BARRETOS, F. R. M. Impactos ambientais na destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos na cidade de Ipameri – GO: um estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3230-3239, 2013.

SOUZA, W. et al. Gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis e a logística reversa: um estudo de caso de associação de catadores. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 1380-1394, 2017.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 121-130, 2012.

YOSHIDA, C. Competência e as diretrizes da PNRS: conflitos e critérios de harmonização entre as demais legislações e normas. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (Coord.). Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. São Paulo: Manole, 2012. cap. 1, p. 3-38.

2.4 RELAÇÃO ENTRE ATERRO SANITÁRIO E RISCO AVIÁRIO; ESTUDO DE CASO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE – PE

GUEDES, Flávio Leôncio
Universidade Federal de Pernambuco
f_l_guedes@hotmail.com

ARAGÃO JÚNIOR, Wilson Ramos
Universidade Federal de Pernambuco
wilsonramosaragao@hotmail.com

MEDEIROS, Rafaella de Moura
Universidade Federal de Pernambuco
rafaellamouraa1@gmail.com

SANTOS, Mikhael Ferreira da Silva
Universidade Federal de Pernambuco
mikhaelmk@hotmail.com

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos, bem como as atividades com poder atrativo para aves, como aterros sanitários, quando próximos a aeroportos, podem representar um risco à aviação. Em 2015, foram registradas no Aeroporto de Recife 35 colisões aéreas entre aeronaves e aves, deixando o município em 10º no ranking do índice de colisões reportadas ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Diante da problemática, objetivou-se com essa pesquisa analisar o risco aviário para o aeroporto de Recife em relação ao aterro sanitário implantado dentro da área de segurança aeroportuária. Os aterros por serem os focos atrativos mais significativos para espécies-problema em nível nacional, deve estar além de 10km de aeródromos. O Centro de Tratamento de Resíduos está localizado a uma distância de 8km do aeroporto, aumentando assim a probabilidade de ocorrência de colisão com aves. Dentre os resultados, quatro principais espécies foram detectadas na área do sítio aeroportuário e no aterro sanitário. O risco aviário se mostrou em alto grau de vulnerabilidade quanto ao grau de severidade e probabilidade, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente sobre espécies-problemas, estabelecidas como nocivas à aviação.

PALAVRAS-CHAVE: Risco da Fauna, Colisões Aéreas, Resíduos Sólidos Urbanos.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional traz consigo um aumento na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Essa geração também se encontra atrelada ao desenvolvimento do país, uma vez que quanto maior o poder de compra da população, maior será o montante de resíduos gerados. Uma percentagem dos resíduos gerados é caracterizada como material orgânico que, se acumulado pode atrair animais, principalmente aves, cuja presença normalmente está atribuída a diversos fatores como busca por alimento, água ou abrigo. Para Guedes et al. (2019) e Guedes (2011), o descarte inadequado de resíduos sólidos, bem como atividades com poder atrativo para as aves, como lixões e aterros sanitários, quando próximos ao sítio aeroportuário, podem representar um risco à aviação.

As aves, muitas vezes, se deslocam e cruzam as rotas de aviões dentro de um espaço, delimitado Área de Segurança Aeroportuária (ASA), no qual consiste em um círculo imaginário com raio de 13 km para aeroportos que atuam em condições visuais e de 20 km para os demais aeroportos brasileiros (CETESB, 2016). O risco aviário ou risco de fauna é o risco de colisão entre uma aeronave e uma ou mais aves. Colisões aéreas envolvendo esses animais são comuns no Brasil e no mundo (CENIPA, 2015). Desde então, a inquietação das autoridades aeroportuárias com a prevenção de acidentes tem evoluído de uma postura inquisitiva à abordagem abrangente identificando ameaças e condições latentes, antes do evento ocorrer (CENIPA, 2017).

Os processos de destinação final dos RSU, gerados em grandes centros urbanos, podem ser aterros sanitários, aterros controlados e lixões (sendo os dois últimos modos de disposição incorretos), representando atividades que oferecem alimentação em maior abundância para algumas espécies de aves. O município de Recife, por não possuir um aterro sanitário próprio, instituiu um acordo com o município de Jaboatão dos Guararapes para a destinação final dos RSU na Central de Tratamento de resíduos (CTR) Candeias.

Não obstante, a localização do CTR Candeias pode se tornar um risco para a aviação, pois nesta região, as aeronaves ocupam a mesma parcela do espaço aéreo comumente usado pelas aves e a frequência da avifauna nessas áreas é estimulada pela oferta de alimento. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar o risco aviário para o aeroporto de Recife em relação ao aterro sanitário implantado dentro da área de segurança aeroportuária e fazer uma relação entre os tipos de aves que geram maior risco à operação aérea na região deste sítio aeroportuário.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O crescimento da populacional em grandes centros urbanos, sem planejamento apropriado e o aumento do pleito por bens de consumo, agravam a geração de RSU (ARANA; HESPANHOL, 2015). O meio ambiente urbano, devido à quantidade de resíduos gerados, condiciona a população a observar o ambiente sem perceber situações de impactos ambientais (ARAÚJO et al., 2018). A geração e a destinação de RSU constitui um dos principais problemas atuais da sociedade (GUEDES et al., 2019). A composição do resíduo varia de acordo com situação socioeconômica da população, das condições e dos costumes de vida. Os RSU provenientes de atividades domésticas, cuja produção varia entre 0,5 e 1 kg por hab/dia, de 50% a 60% são resíduos orgânicos, incluindo os considerados não recicláveis (MMA, 2019).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê a diminuição da geração de resíduos, tendo como proposta um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos com valor econômico e potencial de reciclagem ou reaproveitamento e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos que não podem ser reaproveitados de alguma forma (BRASIL, 2010). Os aterros Sanitários, de acordo com Aguiar et al. (2019), são a tipologia de destinação adequada para descarte dos resíduos sólidos, após as etapas de reciclagem e de reutilização. O número de municípios brasileiros que encerraram os lixões e passaram a depositar RSU em aterros sanitários vem crescendo com o passar dos anos (ABRELPE, 2015).

O fator principal de contribuição para o risco aviário nas áreas operacionais de aeroportos está relacionado à gestão de RSU (ESPÍRITO SANTO, 2016). “Os impactos ambientais gerados por deposição irregular de resíduos, assim como formas inapropriadas de uso e ocupação do solo se constituem em riscos e apontam como tem se dado a relação sociedade-natureza ao longo dos anos” (SANTOS, 2018, p. 6). A possibilidade de implantação de aterros sanitários ou empreendimentos semelhantes dentro da ASA é vedado pela legislação ambiental brasileira. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, definiu a ASA em seu artigo 1º e veda nessas áreas a implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como “foco de atração de aves”, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes ao tráfego aéreo em seu artigo 2º:

Art. 1º São consideradas "Área de Segurança Aeroportuária - ASA" as áreas abrangidas por um determinado raio a partir do "centro geométrico do aeródromo", de acordo com seu tipo de operação, divididas em 2 (duas) categorias:

I - raio de 20 km para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR); e

II - raio de 13 km para os demais aeródromos. Parágrafo único. No caso de mudança de categoria do aeródromo, o raio da ASA deverá se adequar à nova categoria.

Art. 2º Dentro da ASA não será permitida implantação de atividades de natureza perigosa, entendidas como "foco de atração de pássaros", como por exemplo, matadouros, cortumes, vazadouros de lixo, culturas agrícolas que atraem pássaros, assim como quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes à navegação aérea (MMA, 1995).

O tema do risco aviário vai além da deposição de RSU, transcorrendo pela presença de aves dentro e fora dos aeroportos, com vistas à prevenção de acidentes e incidentes aéreos que vitimem seres humanos (MORAES, 2016). Na ASA, aeronaves e aves concorrem pelo espaço físico a todo instante, e esta convergência pode ocasionar incidentes e acidentes aéreos (SANTOS et al., 2017). Para Abreu et al. (2017), as áreas aeroportuárias possuem os elementos atrativos das aves para a proximidade das operações aéreas, como abrigo, água e comida. Conforme o CENIPA (2019) são locais propícios à concentração de aves: cidades, rios, margens de lagos e a linha do litoral. E, especialmente, dentro de aeródromos devem ser observados os itens:

- a) Lixeiras sem tampa não devem receber resíduos de origem orgânica;
- b) Todo lixo orgânico deve ser mantido em contêineres fechados, sem acesso por animais;
- c) Equipamentos verticais sem uso devem ser retirados do lado-ar por servirem de abrigo a diversos tipos de aves;
- d) Entulho atrai animais de pequeno porte, que atraem animais maiores e aves de rapina (como falcões, gaviões e urubus) (CENIPA, 2019, p. 2).

De acordo com Oliveira et al. (2016, p. 5), “a falsa percepção de que nada pode ser feito para controlar o risco de fauna, em grande parte do setor aéreo brasileiro, gera pouco investimento no treinamento de pessoal para realizar ações fundamentais de gerenciamento em diversas organizações envolvidas, diretamente, com este problema.”

O Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF) é um documento elaborado pelo operador de aeroporto que visa estruturar as ações para o gerenciamento do risco provocado pela fauna às operações aéreas (ANAC, 2019). De acordo com o PCA 3-3/2018 – Plano Básico de Gerenciamento de Risco de Fauna nos aeródromos brasileiros (CENIPA, 2017):

ÁREA CRÍTICA PARA COLISÃO COM FAUNA

Ambiente interno ou muito próximo ao aeródromo, usado por aeronaves, em que a presença de animal torne crítico o acontecimento de colisão com fauna.

ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA (ASA)

Área circular do território de um ou mais municípios, definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo ou do aeródromo militar, com 20km (vinte quilômetros) de raio, cujos uso e ocupação estão sujeitos a restrições

especiais, em função da natureza atrativa de fauna. O limite vertical da ASA é de 3.500 pés de altura (1.067 metros).

ATIVIDADE COM POTENCIAL ATRATIVO DE FAUNA

Atividades ou empreendimentos, tais como aterros sanitários e outros que manipulem material atrativo de fauna que, ao utilizarem técnicas de operação e de manejo apropriadas, não se constituem em foco atrativo de fauna no interior da ASA, nem comprometam a segurança operacional da aviação (CENIPA, 2017, p. 11).

Fontes de atrativos localizados fora da área de aeroportos e dentro da área de segurança podem criar corredores de deslocamento para aves que atravessam as trajetórias de voo de aeronaves (CENIPA, 2017). Além disso, a presença de aves nas proximidades dos aeroportos pode estar atrelada a diversos fatores como a procura por alimento (matéria orgânica), água, abrigo, descanso, ou mesmo até áreas para nidificação (GUEDES et al., 2010).

As atividades que geram resíduos orgânicos, realizadas sem a devida preocupação com a destinação final dos dejetos orgânicos gerados, contribuem para o aumento de resíduos orgânicos nas áreas dos aeroportos, com consequente aumento na população de aves (PESSOA NETO; TSCHÁ; PEDROSA FILHO, 2006). São também focos atrativos de aves os aterros sanitários, espelhos d'água, centros de reciclagem de resíduos sólidos, criações e pastos para animais de corte, dentre outros (BRASIL, 2016).

Segundo o CENIPA (2017, p. 175), “aterros sanitários são o tipo de foco atrativo mais significativo para atração de espécies-problema em nível nacional, devendo estar além de 10 km de aeródromos. Estes empreendimentos são essenciais à sociedade, como também são os aeródromos”.

3. METODOLOGIA

A área de estudo ocorreu em dois pontos. O primeiro no CTR Candeias, localizado na Estrada Eixo da Integração, s/n, no município do Jaboatão dos Guararapes/PE, a aproximadamente 20 km da capital pernambucana, com as seguintes coordenadas geográficas 8°09'55''S e 34°58'48''W. O segundo foi o Aeroporto de Internacional de Recife, que está localizado a 11 km do centro da cidade do Recife e fica na divisa com o município de Jaboatão dos Guararapes, com área total de 4.229 milhões m², e com as coordenadas geográficas 8° 7' 35" S e 34° 55' 22" O. Optou-se por uma pesquisa exploratória, com a abordagem qualitativa, a qual pode ser realizada através de técnicas, permitindo a definição do problema da pesquisa para a formulação da hipótese do risco aviário com mais precisão.

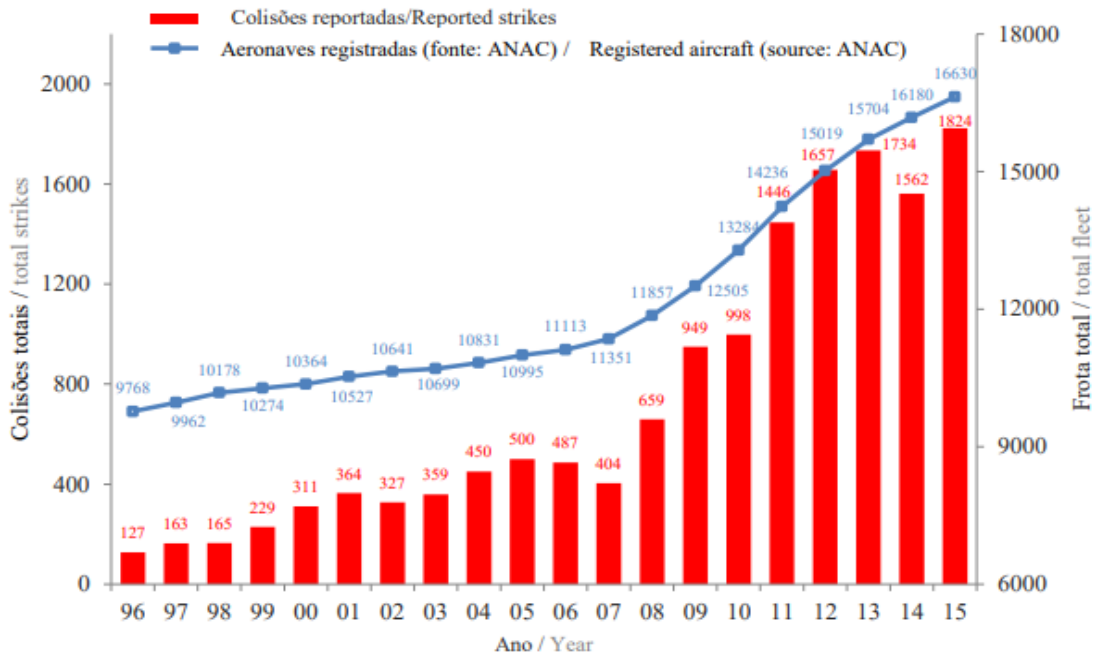
Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental sobre risco aviário, área de segurança aeroportuária, avifauna e aterros sanitários. Serviram de base para este trabalho, gráficos e documentos do CENIPA, da ANAC, bem como legislações ambientais sobre o risco aviário, estudos de impactos ambientais e disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários. A última etapa foi realizada de acordo com a Resolução nº. 466 do Conama (MMA, 2015), qual prevê a identificação de indivíduos por espécie (ou grupo de espécies) em toda área operacional do aeródromo, incluindo o sistema de pistas e área perimetral. Para tanto, o censo foi realizado por transecto, no trajeto do percurso aeródromo, abrangendo o aterro e a área dentro do raio da ASA.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estatísticas de colisões entre aeronaves e aves

No Brasil foram reportadas ao CENIPA mais de 1.824 colisões entre aeronaves e aves em 2015 (Figura 1 e 2). Em Recife, foram registradas 35 colisões, deixando o município em 10º no ranking do índice de colisões reportadas a cada 10.000 movimentos de aeronaves por classe de aeródromo. Porém, de acordo com o método proposto por Allan (2000), estima-se que esta quantidade corresponda 27% do total efetivamente ocorrido.

Figura 1: Colisões Reportadas ao CENIPA em 2015.



Fonte: CENIPA (2015).

Figura 2. Colisão entre aeronave e ave.



Fonte: UNICAMP (2013).

4.2. Área de segurança aeroportuária (asa)

A maioria das colisões com aves acontece na Área de Segurança Aeroportuária (Figura 3), indicando um ambiente que deve ser tomado como prioritário para ações de gerenciamento de risco aviário. A Lei nº 12.725/2012 estabeleceu como ASA uma área circular do território entre um ou mais municípios, sendo definida a partir do centro geométrico da maior pista do aeroporto, com 20 km de raio, no qual o uso e ocupação estão sujeitos a restrições especiais devido à natureza atrativa de aves (BRASIL, 2012).

Segundo a mesma lei, atividades atrativas ou potencialmente, como aterros sanitários, atrativas de aves dentro da ASA são sujeitas à aplicação de restrições especiais, que podem compreender desde a sua adequação até a cessação das operações.

Figura 3. Área de Segurança Aeroportuária do aeroporto de Recife, com raio de 20 km para uso e ocupação do solo e 10 km para construção de aterro sanitário.



Fonte: Google Earth (2019).

O aterro sanitário está localizado dentro da zona de segurança aeroportuária num raio de aproximadamente 8 Km em linha reta do aeroporto, em desacordo com determinado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos que é 10 Km (CENIPA, 2019).

4.3 potencial atrativo de aves

Diferentes atividades antrópicas podem exercer atração sobre a avifauna local, em função da possibilidade de ofertarem alimentação em abundância. Dentre elas podem ser os aterros sanitários, que possuem potencial atrativo muito alto (Quadro 1). De acordo com o CENIPA (2019, p.120), os “aterros sanitários são o tipo de foco atrativo mais significativo para atração de espécies-problema em nível nacional, devendo estar além de 10 km de aeródromos. Estes empreendimentos são essenciais à sociedade, como também o são os aeródromos” (CENIPA, 2019, p. 120).

Quadro 1. Potencial atrativo de aves.

Tipo de atividade	Potencial atrativo de fauna	Empreendimento a ser implantado			Empreendimento existente
		até 5km	acima de 5km até 10km	acima de 10km até 20km	até 20km
Abatedouro	Muito alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Agricultura extensiva de grãos e/ou frutas	Alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Agricultura (outras culturas extensivas)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Aquicultura ou processamento de pescado (aberto)	Muito alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Aquicultura ou processamento de pescado (enclausurado)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Aterro controlado (recobrimento diário – material inerte)	Muito alto	Desfavorável			
Aterro sanitário (recobrimento diário – material inerte)	Muito alto	Desfavorável	Desfavorável	Favorável	Favorável
Barragens (criação de espelho d'água)	Alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Criação de animais de corte (aberta)	Alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Criação de animais de corte (enclausurada)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Curtume	Muito alto	Desfavorável	Favorável	Favorável	Favorável
Deposição de resíduos sólidos a céu aberto (vazadouro)	Muito alto	Desfavorável			
Estação de transbordo de resíduos sólidos	Muito alto	Desfavorável	Desfavorável	Favorável	Favorável
Estação de tratamento de esgoto (ETE) ou água (ETA)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Feiras livres (gêneros alimentícios)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Indústria de processamento de alimentos (rações, etc)	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Silos e outras construções de estocagem de alimentos	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável
Zoológicos	Moderado	Favorável	Favorável	Favorável	Favorável

Fonte: Comando da Aeronáutica (2018)

Na tabela desenvolvida pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aéreos o aterro sanitário apresenta um potencial atrativo muito alto, de tal forma que uma autorização para um empreendimento só é concedida em um raio acima de 10 km do aeroporto, no caso do CTR Candeias o raio é de 8 Km.

4.4 Avifauna

De acordo com o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), apresentado à Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH), para a área de abrangência do aterro sanitário do CTR Candeias ocorrem espécies que, na sua maioria, podem ser encontradas também em outros ambientes (PROJETEC, 2014). Destacam-se as seguintes espécies:

Urubu-de-cabeça-preta, comum na mata e nas cidades; caracará, de ocorrência regular; anu-preto e anu-branco. Na vegetação marginal, ou voando sobre as lagoas, às vezes de passagem, garças-brancas e o socozinho, semi-aquáticas; martim-pescador-grande, lavadeira. São comuns ainda a coruja-de-frio e o bacurau, ambas de hábito noturno. O gavião-rapina ou pega-pinto esteve sobrevoando e cantando durante o período de observações (PROJETEC, 2014, p. 62).

4.5 Identificação de perigo de fauna (ipf)

De acordo com o CENIPA (2017, p. 16), entendeu-se por IPF: “atividade dedicada à coleta inicial de dados (espécies, focos atrativos e movimentos de indivíduos) no aeródromo e na ASA, com objetivo de identificar espécies-problema à operação local”. Atividade dedicada à coleta inicial de dados (espécies, focos atrativos e movimentos de indivíduos) no aeródromo e na ASA, com objetivo de identificar espécies-problema à operação local. A IPF subsidia o estabelecimento de medidas mitigadoras pelo operador de aeródromo (OAD) em sua área de responsabilidade. As espécie-problema (Quadro 2) são classificadas pela soma de pontos de 1 a 5 nos parâmetros de severidade e probabilidade.

Quadro 2 - Espécies nocivas à aviação segundo MMA e CENIPA.

Nomes populares	Nome científico
Urubu-de-cabeça-preta, -comum, -preto, corvo, apitã	<i>Coragyps atratus</i>
Quero-quero, tetéu	<i>Vanellus chilensis</i>
Caracará, carancho, caracará, gavião-de-queimada, -calçudo	<i>Caracara plancus</i>
Pombo-doméstico, -comum, -das-rochas	<i>Columba livia</i>
Garça-vaqueira, -carrapateira, -boiadeira, boieira, cunacoí, cupara	<i>Bubulcus ibis</i>
Garça-branca-grande, -branca	<i>Ardea alba</i>
Garça-branca-pequena, -pequena, garcinha-branca, garcinha	<i>Egretta thula</i>
Coruja-da-igreja, -das-torres, do-campanário, rasga-mortalha, suindara	<i>Tyto furcata</i>
Caburé, -de-cupim, -do-campo, coruja-barata, -do-campo, -cupinzeira, -mineira, corujinha-buraqueira, -do-buraco, -do-campo, guedé, urucuera, urucuréia, urucuriá, capotinha	<i>Athene cunicularia</i>
Cachorro doméstico	<i>Canis lupus familiaris</i>
Gato doméstico	<i>Felis silvestres catus</i>

Fonte: Comando da Aeronáutica (2018).

De acordo com CENIPA (2017) parâmetro de ‘probabilidade’ é composto de: - Frequência de colisões (1): média reportada no último período de 5 anos, com a espécie (3 quase colisões com a espécie equivalem a 1 colisão sem dano); - Massa total (2): produto do peso máximo da espécie pela quantidade de indivíduos por quilômetro quadrado (km²), na área operacional do aeródromo; e - Permanência no aeródromo (3): porcentagem de tempo total de censos em que a espécie é encontrada na área operacional do aeródromo (no solo ou em voo até 500 ft AGL). O parâmetro de ‘severidade’ é composto de: - Proporção de colisões com dano (4): razão entre as quantidades de colisões com danos e total com determinada espécie no último período de 5 anos; - Severidade relativa (5): porcentagem de severidade calculada em todas as colisões no país, considerando as quantidades

total, com danos e com efeitos negativos no voo; e - Proporção de colisões múltiplas (6): razão entre as quantidades de colisões múltiplas e total com espécie no último período de 5 anos (CENIPA, 2017, p. 47).

Entre as colisões reportadas ao CENIPA, 25% foram colisões com *Coragyps atratus* (Cathartidae), popularmente conhecido como urubu-de-cabeça-preta (Figura 4). As quatro espécies mais abundantes na área de estudo foram o quero-quero, (*Vanellus chilensis*), o carcará, (*Caracara plancus*), a Garça-branca-pequena (*Egretta thula*) Dentre todas as espécies da área de estudo, as que apresentaram alto risco de causar colisões, de acordo com a matriz de risco da foram (Tabela 1) o carcará, o quero-quero e o urubu-de-cabeça-preta.

Figura 4. Urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*).



Fonte: ABEAR (2018).

Tabela 1. Matriz de Risco da Fauna.

Nível	Abundância (média diária)	Tamanho peso	Tempo de Permanência	Registro anterior	Comportamento	Formação de bandos	Altura de voo	Grau de risco
3	ABUNDANTE (> 50 indivíduos)	MUITO GRANDE > 1,5 kg	PERMANENTE acima de 90% do tempo de observação	Incidentes no aeroporto	voos ativos e em térmicas no aeródromo	GRANDES > 20 indivíduos	Até 30 metros	ALTO RISCO de 16 a 24 pontos
2	COMUM (de 20 a 50 indivíduos)	GRANDE 0,75 a 1,5 kg	FREQUENTE de 60% a 90 % do tempo de observação	Incidentes na Literatura	voos curtos e ativos no aeródromo	MÉDIOS de 5 a 20 indivíduos	de 31 a 150 metros	MÉDIO RISCO de 11 a 15 pontos
1	POUCO COMUM (de 10 a 20 indivíduos)	MÉDIO 0,25 a 0,7 kg	TRANSITÓRIO de 30% a 60% do tempo de observação	Sem incidentes	empoleirados ou forrageando nas áreas verdes	PEQUENOS 3 a 5 indivíduos	Acima de 150 metros	BAIXO RISCO de 6 a 10 pontos
0	RARO (< 10 indivíduos)	PEQUENO < 0,25 kg	PASSAGEM de 1% a 30% do tempo de observação		voos curtos e empoleirados nas edificações	SOLITÁRIOS ou DUPLAS		RISCO NULO de 1 a 5 pontos

Fonte: CENIPA (2015).

5. CONCLUSÕES

Em 2015, foram registradas no Aeroporto Internacional de Recife 35 colisões aéreas entre aeronaves e aves deixando o município em 10º no ranking do índice de colisões reportadas ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes. Esses dados mostram a importância para a segurança aeroportuária em relação ao gerenciamento de focos atrativos para as aves. Os aterros sanitários são o tipo de foco atrativo mais significativo para atração de espécies-problema em nível nacional, devendo estar além de 10 km de aeródromos, porém o Centro de Tratamento de Resíduos Candeias encontra-se a uma distância de 8 km do aeroporto, aumentando assim a probabilidade de ocorrência de colisão com aves. Dentre os resultados, quatro principais espécies foram detectadas na área do

sítio aeroportuário e no aterro sanitário. O risco aviário se mostrou em alto grau de vulnerabilidade quanto ao grau de severidade e probabilidade, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente sobre espécies-problemas, estabelecidas como nocivas à aviação. Nesse contexto, a condição ideal de prevenção de acidentes com aves só será atingida quando forem combinadas ações entre o cumprimento da legislação que normatiza a ocupação do uso do solo com a redução das condições ambientais degradadas.

REFERÊNCIAS

- Abrelpe. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: http://abrelpe.org.br/panorama_envio.cfm?ano=2015. Acesso em: 09 abr. 2019.
- ABREU, T. L. S.; GROSSMAN, N. V.; CARVALHO, M. M.; VELHO, D. M. A.; CAMPOS, V. C.; LOPES, C. M. Evaluation of different grass height management patterns for bird control in a tropical airport. **Revista Conexão SIPAER**, v. 8, n. 1, p. 68-79, 2017.
- AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. Impactos, inovações e tecnologias: a construção do congresso brasileiro de resíduos sólidos. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Ambientais e Inovações Tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 8-16.
- ALLAN, J. **Bird Strikes as a hazard to aircraft: a changing but predictable and manageable threat**. United Kingdom: International Bird Strike Committee. Central Science Laboratory, 2000.
- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Identificação do Perigo da Fauna (IPF) e Programa de Gerenciamento do Risco de Fauna (PGRF). 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/safety/identificacao-do-perigo-da-fauna-ipf-e-programa-de-gerenciamento-do-risco-da-fauna-pgrf>. Acesso em: 07 abr. 2019.
- ARANA, A. R. A.; HESPANHOL, R. M. **Resíduos Sólidos Urbanos, Meio Ambiente e Risco Aviário: o caso do Aeroporto Estadual de Presidente Prudente/SP**. Disponível em: <file:///C:/Users/WINDOWS%2010/Desktop/20559-106723-1-PB.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande – PB; um olhar fotográfico. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 104-120.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário: PCA 3-2**. Brasília: CENIPA, 2016.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- BRASIL. Lei nº. 12.725/2012. **Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112725.htm. Acesso em: 07 abr. 2019.
- CENIPA. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Perigo aviário e fauna**. 2015. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/risco-da-fauna>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- CENIPA. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual de Gerenciamento da Fauna**. 2017. Disponível em: <http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/risco-da-fauna>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- CENIPA. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Informações para mitigar risco de fauna**. 2019. Disponível em:

<http://www.cenipa.intraer/Anexos/Guia_de_Procedimentos_Aviacao_Militar.pdf>. Acesso em: 02 maio 2019.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Seminário sobre Risco de fauna em Aeródromos**. 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/blog/2016/08/22/seminario-discute-risco-de-fauna-em-aerodromos/>>. Acesso em: 03 maio 2019.

ESPÍRITO SANTO, V. C. S. **Gerenciamento do risco aviário no aeródromo de Parintins**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. 2016.

GUEDES, F. L. O papel do biólogo no gerenciamento do risco aviário em aeroportos. **Revista Conexão SIPAER**, v. 2, n. 3, p. 56-72, 2011.

GUEDES, F. L.; BRAND, D. H.; LINHARES, B. P.; PAIVA, L. V. Avifauna relacionada ao risco de colisões aéreas no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, Brasília, Distrito Federal, Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v. 2, n. 1, p. 230-243, 2010.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; DE SOUZA, P. S. Resíduos sólidos urbanos: um risco para aviação brasileira. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 63-71.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/residuossolidos/residuossolidos_3.php>. Acesso em: 05 maio 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 4, de 9 de outubro de 1995. **Estabelece as Áreas de Segurança Aeroportuária – ASAs**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=182>>. Acesso em: 07 maio 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 466, de 05 de fevereiro de 2015. **Estabelece diretrizes e procedimentos para elaboração e autorização do Plano de Manejo de Fauna em Aeródromos e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=711>>. Acesso em: 08 maio 2019.

MORAES, F. M. **Gestão Ambiental aplicada à mitigação do risco aviário em Manaus/AM**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2016.

OLIVEIRA, H. R. B.; SANTOS, L. C. B.; OLIVEIRA, C. M.; SILVA, J. P. **Anuário de Risco de Fauna 2015**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Brasília. 2016.

PESSOA NETO, J. A.; TSCHÁ, E. R.; PEDROSA FILHO, M. X. **Controle do perigo aviário causado por aves com adoção de medidas mitigadoras**. In: CONGRESSO DA SOBER, 44., 2006, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, 2006. p. 1-17.

PROJETEC. Projetos Técnicos Ltda. **Estudo de Impacto Ambiental da CTDR – Central de Tratamento e Destinação de Resíduos**. RIMA. CTDR. Recife, 2014.

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C.; FARIAS, J. L.; FRANCISCO, C. S. G.; SANTOS, B. M. C. Risco da fauna na aviação brasileira: aplicação da análise de correspondência para análise da relação entre fase de voo e tipo de reporte. **Revista Conexão SIPAER**, v. 8, n. 3, p. 58-65, 2017.

SANTOS, S. A. D. **Prevenção de risco aviário em Guarulhos: construção de uma política pública Municipal**. Revista Digital de Gestão & Negócios, v. 1, n. 2, p. 31-53, 2018.

CAPÍTULO 3. EFLUENTES

3.1 DIAGNÓSTICO DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS QUÍMICOS PRODUZIDOS NOS LABORATÓRIOS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

OLIVEIRA, Matheus Filipe Leitão
Universidade Estadual do Maranhão
matteusfilipe@outlook.com

LOURENÇO, Maria do Socorro Nahuz
Universidade Estadual do Maranhão
snahuz@hotmail.com

COELHO, Alana da Conceição Brito
Universidade Estadual do Maranhão
analabrito1520@gmail.com

ABREU, André Luiz Duarte
Universidade Estadual do Maranhão
andreluizd.a_13@hotmail.com

RESUMO

À medida que cresce o número de cursos de graduação dentro de uma Instituição de Ensino Superior (IES), aumenta também a quantidade e a variabilidade de resíduos químicos produzidos nas atividades diárias dos laboratórios. Um grande problema enfrentado por essas Instituições é o descarte incorreto dos resíduos químicos. Para isso, várias IES têm implantado o Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ). No entanto, para um bom funcionamento de um PGRQ é necessário, primeiramente, ter conhecimentos dos principais resíduos gerados para que se possa definir quais tratamentos devem ser dados a esses antes do seu descarte. Frente ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma pesquisa exploratória em 35 laboratórios existentes no Campus São Luís, da Universidade Estadual do Maranhão, a fim de diagnosticar os principais resíduos químicos gerados, bem como as formas de descarte praticadas atualmente. Para o levantamento foi aplicado um questionário contendo 18 perguntas fechadas. Posteriormente, os dados foram compilados e organizados em gráficos comparativos. Os resultados obtidos durante a pesquisa demonstram que gerenciar resíduos químicos é uma atividade complexa pela diversidade, toxicidade e incompatibilidade dos mesmos e reafirma a necessidade urgente da implantação do PGRQ dentro da Instituição.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento, Meio Ambiente, Descarte.

1. INTRODUÇÃO

Em uma Universidade, a gestão de resíduos é uma necessidade crescente. À proporção que cresce o número de cursos de graduação, pós-graduação e das pesquisas científicas aumenta a produção de resíduos gerados em laboratórios, necessitando urgentemente de uma gestão mais apropriada. No caso específico dos resíduos químicos, há o agravante do perigo que lhe é intrínseco, exigindo assim cuidados adicionais e especiais em sua gestão. Segundo Afonso et al. (2003) a ausência de um órgão fiscalizador, a falta de visão e o descarte inadequado levaram muitas Universidades a poluir o meio ambiente, promover o desperdício de material e arcar com o mau gerenciamento dos produtos sintetizados ou manipulados.

Conforme relatado por Marinho (2011):

Os resíduos químicos de laboratório gerados por atividades de pesquisa e/ou ensino nas universidades e centros de pesquisa passaram a ser uma preocupação no Brasil a partir da década de 1990 face a até então falta de um gerenciamento adequado para os mesmos (Marinho, 2011).

As indústrias ainda são as maiores geradoras de resíduos químicos que causam grandes impactos ao meio ambiente. No entanto, existem outras unidades geradoras, tais como as IES, que embora sejam consideradas pequenas unidades geradoras de resíduos químicos, geram resíduos de alta variabilidade e complexidade. O descarte incorreto de resíduos tem acarretado sérios problemas ao meio ambiente. Esses problemas se dão principalmente pela falta de um programa para gerenciar os resíduos provenientes das atividades laboratoriais da Instituição. Exemplo muito comum disso é o descarte de resíduos líquidos e sólidos realizados nas pias dos laboratórios ou nos lixos comuns, e o acúmulo considerável de material residual, estocados por longos períodos (MENACHO, 2016).

Um dos grandes desafios das IES atualmente é o gerenciamento de resíduos químicos produzidos durante as suas atividades cotidianas. Para isso, várias universidades têm implantado os programas de gerenciamento de resíduos. Os Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) têm como papel principal minimizar os impactos ambientais causados pelas unidades geradoras. Porém, para o bom funcionamento de um programa de gerenciamento é necessário ter conhecimento dos principais resíduos químicos gerados pela Instituição.

A implantação de um PGRQ é uma atividade que exige, a princípio, mudança de atitudes, e, por isto, é considerada uma atividade com resultados a médio e a longo prazo, sendo necessário a realização de um trabalho contínuo de conscientização. Dessa forma, a conscientização é a etapa mais importante, pois visa orientar todos os usuários dos laboratórios sobre a produção e a manipulação de resíduos, o destino ideal para o descarte e incentivar a atuação deles como multiplicadores de informação.

A pesquisa teve como objetivo diagnosticar os principais resíduos químicos produzidos pelos laboratórios da Universidade Estadual do Maranhão – Campus São Luís.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Do ponto de vista etimológico, a palavra resíduo é originária do termo em latim *residuum*, significando ficar assentado no fundo de. (BIDONE, 2001). É de origem antrópica a noção de resíduo como elemento negativo, causador de degradação ambiental, já que a noção de resíduo não existe na natureza. Assim, considerar um produto como resíduo está vinculado, diretamente, à vontade ou interesse do gerador ou possuidor do mesmo. No Brasil, a definição de resíduo está contida no inciso XVI, do art. 3º, da Lei nº. 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS):

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está

obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 11).

Os experimentos laboratoriais universitários são elaborados com foco na aprendizagem e não nos aspectos de segurança; tal ação implica na geração desnecessária de resíduos, a ponto do gerador não demandar maiores preocupações com o resíduo que gerou, já que o seu objetivo do experimento foi atingido (LI, BARNETT E RAY, 2003). As características principais dos resíduos gerados em laboratórios químicos são alta variabilidade em tipo e em frequência de geração, periculosidade muitas vezes desconhecida, constituindo-se, indiscutivelmente, em uma das fontes de risco em ambientes laboratoriais desta natureza. Minimizar a probabilidade da disseminação deste risco em ambientes assim constitui uma meta sempre a ser alcançada (KOSMINSKY; DE MEDEIROS, 2009).

Menacho (2016) relata que:

Resíduos gerados a partir de qualquer tipo de atividade humana tem o potencial de causar danos tanto ao meio ambiente como a saúde humana. Por essa razão, a correta classificação e caracterização desse tipo de material deve ser realizada adequadamente, com o intuito de identificar características no material que possam ser perigosas (MENACHO, 2016).

Embora os laboratórios das universidades sejam utilizados para atividades como aulas experimentais, desenvolvimento de projetos de pesquisa e de extensão e trabalhos de conclusão de curso, estas atividades geram uma quantidade considerável de resíduos (PAGNO et al., 2017). Nascimento e Tenuta Filho (2010) citam vários resíduos químicos normalmente encontrados em Universidades, dos quais destacam-se: resíduos químicos gerados em laboratórios de pesquisa e em atividades de ensino; reagentes químicos velhos, considerados uma responsabilidade institucional, frequentemente difícil de identificar e abandonados em laboratórios; reagentes químicos com prazo de validade vencido, necessitando que seja verificado a sua efetividade e uma maneira adequada de disposição; garrafas de reagentes químicos sem rótulos ou com rótulos ilegíveis ou ainda com o conteúdo não condizente com o rótulo; materiais deteriorados ou com embalagens em avançado estado de deterioração; resíduos químicos desconhecidos em recipientes; garrafas de reagentes químicos (em vidro ou em plástico) vazias, mas contaminadas e outros. Segundo Mendes (2018), como alerta a lei 12.305/2010 acerca da PNRS, o termo “resíduos sólidos não abrange um único estado físico, e sim, quaisquer tipos de resíduos armazenados em frascos, mesmo no estado líquido, sólido ou gasoso” (BRASIL, 2010).

O gerenciamento da grande diversidade dos resíduos gerados em laboratórios deve ocorrer de maneira adequada, evitando que estes sejam lançados nas redes públicas de esgoto, em corpos hídricos, no solo, ou em outro ambiente, promovendo efeitos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. A necessidade de evitar a contaminação do solo e dos mananciais hídricos com a disposição inadequada dos resíduos químicos requer estudos que visem primeiramente conhecer as diversidades e características dos mesmos, para posteriormente serem elaborados planos e ações de gerenciamento.

Pighinelli (2012) declara que para uma correta e bem-sucedida implementação e manutenção de um Programa de Gerenciamento de Resíduos deve-se, inicialmente, internalizar três conceitos importantes. Dentro desses três conceitos, para essa pesquisa destaca-se o segundo, que conforme o mesmo autor, enfatiza que o gerenciamento só pode ser feito se houver conhecimento do resíduo que está sendo gerado. Mediante o exposto, faz-se necessário a aplicação de um instrumento de pesquisa, para realizar o levantamento dos principais resíduos gerados pela instituição.

3. METODOLOGIA

A metodologia empregada foi a pesquisa descritiva que de acordo com Triviños (2008) tem por objetivo descrever criteriosamente os fatos e os fenômenos de determinada realidade, de forma a obter informações a respeito daquilo que já se definiu como problema a ser investigado. Para Barros e Lehfeld (2007), nesse tipo de pesquisa não há a interferência do pesquisador, cabendo a ele apenas descrever o objeto da pesquisa, bem como descobrir a frequência com que determinado fenômeno ocorre, suas características, natureza, causas, relações e conexões com outros fenômenos.

Para processar a coleta de dados foi elaborado um instrumento de identificação dos principais resíduos químicos gerados nos laboratórios, em formato de questionário contendo 18 perguntas fechadas, que foi aplicado às pessoas responsável pelos laboratórios existentes na Universidade Estadual do Maranhão – Campus São Luís. A pesquisa envolveu 35 laboratórios, distribuídos pelos três centros que compõem a Instituição: Centros de Educação Ciências Exatas e Naturais (CECEN), Centro de Ciências Agrárias (CCA) e Centro de Ciências Tecnológicas (CCT).

Para o levantamento dos dados, considerou-se resíduos químicos, os resíduos existentes no estado sólido e líquido, oriundos de experimentos reacionais; frascos de reagentes vazios e contaminados, reagentes vencidos, frascos sem identificação nos rótulos e sobra de reagentes ou soluções não retornáveis ao seu frasco de origem durante a realização de uma aula experimental ou pesquisa.

Os resultados da pesquisa foram compilados e organizados em gráficos para identificação dos principais resíduos químicos produzidos nos laboratórios. Os gráficos foram gerados de forma comparativa entre os Centros. O Quadro 1 mostra os laboratórios contemplados nessa pesquisa distribuídos por Centro.

Quadro 1: Laboratórios contemplados na pesquisa distribuídos por Centros.

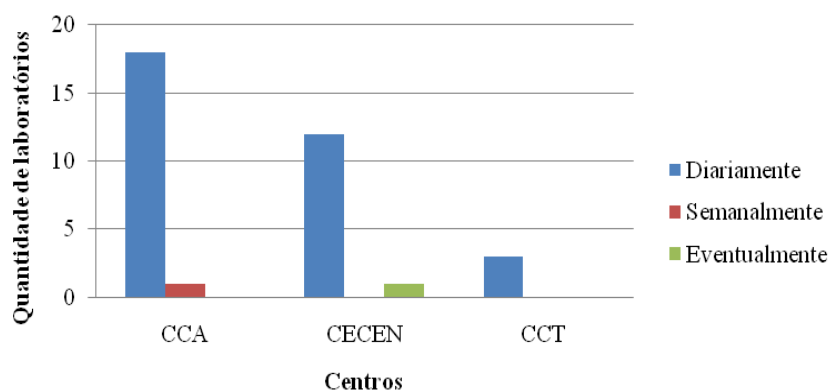
CECEN		CCA		CCT
13 laboratórios		19 laboratórios		3 laboratórios
Palinologia	Laabpea	Nutrição Mineral de Plantas	Patologia Clínica	Solos e Pavimentação
Parasitologia	Laboratório de genética molecular	Fitopatologia III	Físico-Química dos Alimentos	Lubrificação
Morfofisiologia Animal	Biodiversidade Molecular (LABIMOL)	Física do Solo	Microbiologia de Alimentos e águas	Concreto e materiais de pavimentação
Química 1		Bacteriologia Clínica	Nutrição Animal	
Química 2		Química do Solo	Virologia	
Química 3		Laqua	Anatomopatologia	
Química 4		Apicultura	Tecnologia do pescado	
Química 5		Entomologia	Biologia Molecular 1	
Macromoléculas e Produtos Naturais		Fitotecnia e Pós – colheita	Imunodiagnóstico	
Biologia Vegetal e Marinha		Diagnóstico de Doenças		

		Infeciosas		
--	--	------------	--	--

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É perceptível que os três Centros possuem atividades experimentais que são realizadas diariamente, conseqüentemente pode-se constatar que existe uma grande produção de resíduos químicos nesses laboratórios (Gráfico 1). Em muitos casos um mesmo laboratório atende mais de um curso dentro da instituição. Observa-se ainda que dos 19 laboratórios entrevistados no CCA, 18 possuem atividades diárias, enquanto dos 13 laboratórios do CECEN, 12 possuem atividades diárias e dos três laboratórios do CCT, três registram atividades diárias. Segundo Gerbase et al. (2015), esses resíduos diferenciam-se daqueles gerados em unidades industriais por apresentarem baixo volume, mas grande diversidade de composições, o que dificulta a tarefa de estabelecer um tratamento químico e/ou uma disposição final padrão para todos.

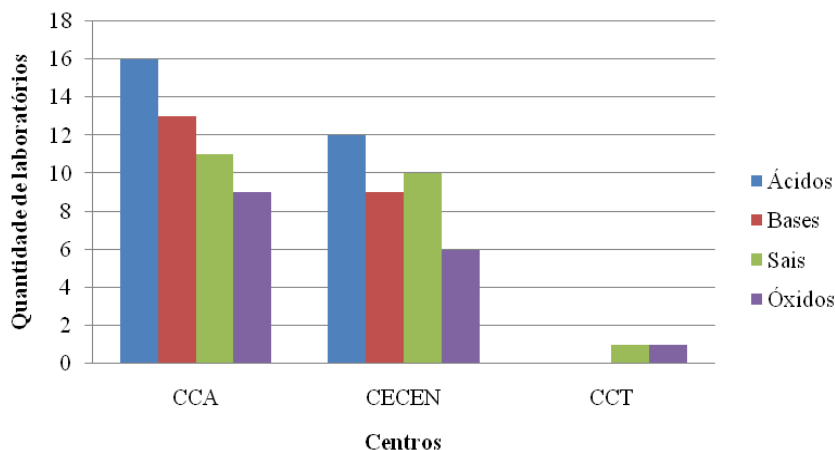
Gráfico 1. Frequência de utilização dos laboratórios.



Fonte: Oliveira (2018)

Nos laboratórios do CCA e do CECEN, os ácidos foram apontados como os reagentes inorgânicos mais utilizados, seguidos das bases, nos laboratórios do CCA e dos sais nos laboratórios do CECEN. Em terceiro lugar aparece o uso dos sais no CCA e das bases, no CECEN (Gráfico 2). Os óxidos são citados em último lugar tanto para os laboratórios do CCA e do CECEN. Um comportamento diferenciado foi identificado nos laboratórios do CCT que apontaram o uso dos sais e dos óxidos como reagentes químicos mais utilizados.

Gráfico 2. Principais reagentes inorgânicos utilizados nos laboratórios.



Fonte: Oliveira (2018).

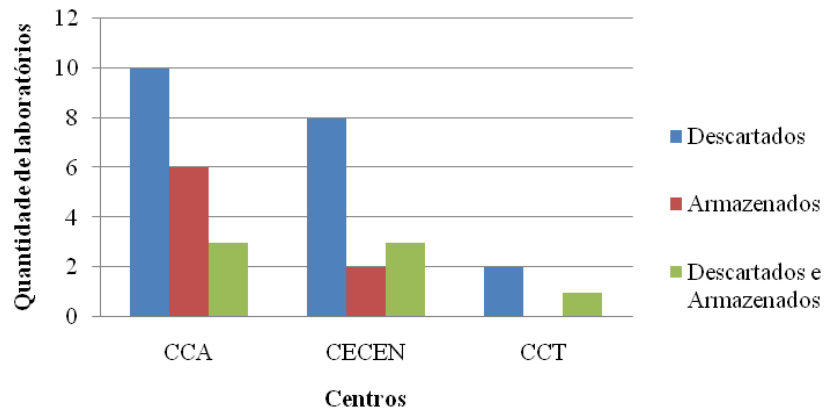
Resíduos classificados como Ácidos Inorgânicos (AI) são constituídos de soluções aquosas de ácidos inorgânicos, desde que estejam ausentes as substâncias orgânicas perigosas das categorias SH, SN, SS e OS. Exemplos: ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido clorídrico, ácido bromídrico, ácido perclórico, ácido fosfórico, dentre outros. Bases Inorgânicas (BI) são os resíduos constituídos de soluções aquosas contendo bases inorgânicas, desde que estejam ausentes as substâncias orgânicas perigosas das categorias SH, SN, SS e OS. Exemplos: hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de amônio, hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio, dentre outras (UNICAMP, 2005).

A neutralização dos resíduos ácidos, básicos e salinos antes do descarte se constitui uma prática viável e de baixo custo que pode ser ensinada e implantada como rotina laboratorial. O descarte no meio ambiente, principalmente nos corpos hídricos, de resíduos ácidos, soluções com valores de pH < 7 implicam em sérios danos à fauna e à flora local, bem como do ambiente como um todo, uma vez que influenciam nas reações bioquímicas dos seres vivos (JORDÃO; PESSÔA, 2011). Segundo Medina e colaboradores (2010), uma simples neutralização pode ser determinante entre o ato de poluir e o de proteger o meio ambiente.

Segundo Machado e Salvador (2005), desde que não estejam presentes substâncias químicas perigosas incineráveis, os resíduos aquosos contendo substâncias com características ácido-base podem ser tratados por simples neutralização. Por definição, uma substância apresenta caráter ácido se for capaz de alterar o pH da água de forma a diminuí-lo (pH < 6), enquanto que apresenta caráter básico se for capaz de alterar o pH da água de forma a aumentá-lo (pH > 8).

Quanto ao destino dos resíduos químicos existente nos laboratórios (Gráfico 3), observou-se que nos três Centros ocorre o descarte desses resíduos como principal prática laboratorial. Verificou-se que dos 19 laboratórios entrevistados no CCA, dez descartam seus resíduos sem tratamento prévio, enquanto dos 13 laboratórios do CECEN, oito praticam o descarte, e dos três laboratórios do CCT, dois descartam seus resíduos. A segunda prática do destino dos resíduos gerados foi o armazenamento, nos laboratórios do CCA e nos laboratórios do CECEN e do CCT foi citada a associação das práticas descarte/armazenamento. O descarte realizado de maneira incorreta pode acarretar sérios problemas ambientais, não só pela quantidade, mas também pela variedade de produtos químicos. Segundo Afonso et al. (2003) e Barbosa (2015), a implementação de um programa de gestão de resíduos exige antes de tudo mudança de atitudes por ser uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requerer a reeducação e persistência contínua.

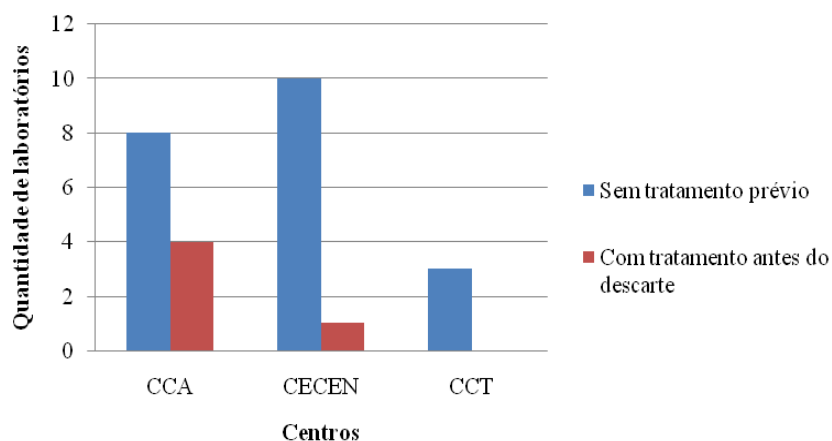
Gráfico 3. Destino dos resíduos químicos produzidos.



Fonte: Oliveira (2018).

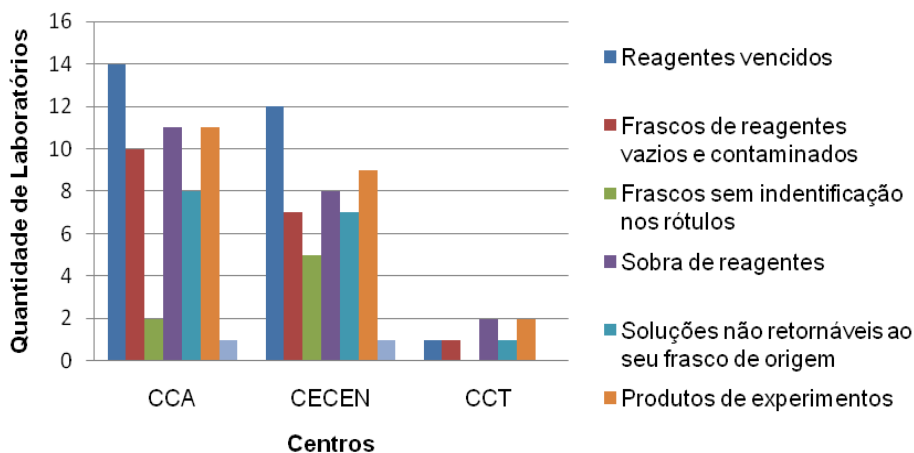
O descarte de resíduos químicos diretamente na pia sem tratamento prévio é uma prática constante nas atividades laboratoriais dos três Centros (Gráfico 4). Verificou-se que dos dezenove laboratórios entrevistados no CCA, oito descartam seus resíduos sem tratamento prévio, enquanto dos 13 laboratórios do CECEN, dez praticam o descarte, e dos três laboratórios do CCT, três descartam seus resíduos. Essa prática de descarte sem tratamento demonstra a falta de um gerenciamento correto desses resíduos. Alguns resíduos podem ser descartados diretamente na pia desde que tratados corretamente. O tratamento refere-se ao processamento do resíduo para seu posterior descarte (MENDES, 2018, p. 74). Alguns exemplos de tratamento que podem ser empregados de imediato é a neutralização de resíduos ácidos, básicos e salinos, diluição de soluções residuais, precipitação de metais pesados, dentre outras que promovem a diminuição dos impactos ambientais.

Gráfico 4. Realização da prática do descarte de resíduos diretamente na pia.



Fonte: Oliveira (2018).

Gráfico 5. Resíduos químicos existentes nos laboratórios



Fonte: Oliveira (2018)

A partir dos dados do Gráfico 4, percebe-se que os Centros CCA e CECEN têm como principais resíduos químicos os reagentes vencidos, frascos de reagentes vazios e contaminados, sobra de reagentes, produtos de experimentos e soluções usadas que não podem retornar ao seu frasco de origem. Destaca-se principalmente os reagentes vencidos, que em muitos casos são descartados de forma incorreta. Segundo Machado (2013), produtos químicos vencidos são geralmente classificados como resíduos perigosos e está condenado ao descarte, o que contraria, em muito nossa atual Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12305/2010, que potencializa o reaproveitamento e não o descarte dos resíduos. No CCT os principais resíduos químicos encontrados nos laboratórios são sobras de reagentes e produtos e experimentos, em especial produtos orgânicos e tóxicos.

Os reagentes químicos com prazos de validade expirados são considerados como perigosos segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) exigindo que a sua disposição e transporte sejam realizados por empresas legalmente habilitadas, o que gera despesas à universidade. Os reagentes, mesmo com prazos de validade expirados, muitas vezes encontram-se em perfeitas condições de uso. O prazo de validade impresso no rótulo é uma exigência legal que deve ser considerada no momento da compra, porém a real situação do produto químico antes do seu descarte como resíduo deve ser cuidadosamente avaliada. O aproveitamento desses reagentes, desde que verificada a sua qualidade, permite a economia de recursos das IES.

5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos percebe-se vários aspectos que devem ser considerados e analisados quanto a geração de resíduos tais como: quantidade de cursos atendidos por cada laboratório, reagentes mais utilizados, resíduos químicos existentes no laboratório e o descarte de resíduos diretamente na pia sem tratamento prévio. O conhecimento dessas informações possibilita a criação de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químico mais eficaz.

O conhecimento dos principais tipos de resíduos encontrados nos laboratórios indicou que os ácidos, as bases e os sais são os mais gerados em todo o Campus. Essa informação indica de forma clara a necessidade da realização de novos projetos com base na Química Verde, que enfoquem a prática do pré-tratamento desses resíduos em todos os laboratórios.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004. Resíduos Sólidos: Classificação**. 71 p. 2004.

BARROS, A.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BARBOSA, R. **Avaliação da Geração de Resíduos em Disciplinas de Química Orgânica e Inorgânica e Propostas de Redução**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BIDONE, F. A. (Coord.) **Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização. Rede Cooperativa de Pesquisa**. p. 4. PROSAB. 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosabbidonefinal.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2018.

BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. p. 11. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 04 maio 2018.

GERBASE A. E.; COELHO F. S.; MACHADO, P. F. L.; FERREIRA V. F. Gerenciamentos de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 28, n. 1, 3, 2005.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: Editora ABES, 6ª ed., 2011.

KOSMINSKY, L.; DE MEDEIROS, M. A. C. **Programas de gestão de resíduos em universidades: a importância de cursos de capacitação**. In: ZANIN, M.; GUTIERREZ, R. F. (Orgs.). *Economia Solidária: tecnologias em reciclagens de resíduos para geração de trabalho e renda*. São Carlos: Claraluz, 2009.

LI, E.; BARNETT, S. M.; RAY, B. Pollution Prevention Guideline for Academic Laboratories. **Journal of Chemical Education**, v. 80, n. 1, p. 45-49, 2003.

MACHADO, A. M. R.; SALVADOR, N. N. B. **NR 01/UGR. Normas de procedimentos para segregação, identificação, acondicionamento e coleta de resíduos químicos**. São Carlos: UFSCar, Unidade de Gestão de Resíduos. p. 36. 2005.

MACHADO, E. G. Gerenciamento de produtos químicos vencidos: um desafio a ser vencido. In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2013, Campinas. *Anais...* Campinas: CONIC, 2013. p. 1-4.

MARINHO, C. C.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. **Eclética Química**, v. 36, n. 2, p. 85-104, 2011.

MEDINA, A. F.; SANTOS, D. F.; BRITO, N. N. Gerenciamento de resíduos de aulas práticas de química. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 012-020, 2010.

MENACHO, J. C. R. **Gerenciamento de Resíduos Químicos Perigosos e Não-Perigosos para o Departamento de Engenharia Química da UFRN**. 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Natal, 2016.

MENDES, M. **Experimentos de química geral na perspectiva da química verde**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018. p. 74.

NASCIMENTO, E. S.; TENUTA-FILHO, A. Chemical waste risk reduction nad environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 2, p. 187-198, 2010.

NOLASCO, F. R.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A. Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 118, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. A. **Implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos: caso da Universidade Federal de Lavras**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

PAGNO, V.; SALAPATA, A.; SCHMITZ, E. P. S.; CABRERA, L. C. Levantamento de resíduos de laboratórios, propostas de atividades experimentais e ações com foco em Química Verde. **ACTIO**, v. 2, n. 2, p. 80-96, 2017.

PIGHINELLI, A. L. M. T.; CARVALHO, F. B. P.; GHISELLI, G.; SANTOS, I. E.; GARCIA, L. C.; COSTA, P. P. K. G.; SANTOS, R. F.; MENDES, T. D. **A importância do gerenciamento de resíduos nos laboratórios de pesquisa**. Embrapa Agroenergia, 2012.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 2008.

UNICAMP. Comissão de Segurança e Ética Ambiental Instituto de Química. **Normas de gerenciamento de resíduos químicos do Instituto de Química da UNICAMP**. Campinas, 2005. 10 p. Aprovadas na 224ª sessão da Congregação e Resolução da Congregação IQ 134/2005 em 23/11/2005.

3.2 MACRÓFITAS AQUÁTICAS COMO RESÍDUOS ORGÂNICOS NA REGIÃO DE PAULO AFONSO – BA

CASÉ, Maristela
Universidade do Estado da Bahia
mccunha@uneb.br

RESUMO

A desmaterialização dos resíduos orgânicos tem sido uma das maiores preocupações ambientais da sociedade. Diversas técnicas tem sido desenvolvidas como alternativas para diminuir o problema gerados pelo acúmulo de biomassa. Apesar dos inúmeros avanços na área, a região semiárida do Brasil apresenta expressiva carência no assunto. Dentro do que se considera como resíduo orgânico, está a biomassa resultante da limpeza urbana, contendo resíduos vegetais. Para a região de Paulo Afonso – BA o produto dessa atividade é uma grande quantidade de biomassa de macrófitas aquáticas oriunda dos reservatórios formados pelo rio São Francisco. O presente trabalho objetivou evidenciar soluções existentes para o tratamento da biomassa, por meio de uma revisão de literatura. Os resultados revelam a disponibilidade de soluções para a desmaterialização da biomassa de macrófitas (*Eichornia crassipes* e *Egeria densa*). Dentre os métodos que podem ser aplicados, a remoção mecânica da biomassa atrelada a técnicas de compostagem, produção de alimento animal e biogás, estão entre as alternativas testadas para região. Conclui-se que o controle das macrófitas na região não se dá pela ausência de tecnologias disponíveis, mas sim pela deficiência na gestão dos envolvidos nos usos múltiplos dos reservatórios, sobretudo as entidades que geram resíduos favorecendo o crescimento das macrófitas.

PALAVRAS-CHAVE: *Eichornia crassipes*, *Egeria densa*, Biomassa, Rio São Francisco, Desmaterialização

1. INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas (macro = grande, fita = planta), são vegetais superiores, que retornaram ao ambiente aquático, apresentando algumas características de vegetais terrestres, bem como grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes (ESTEVEZ, 2011). São encontradas em diversos ambientes de águas doce, salobra e salgada, sistemas lênticos (lagoas, lagos, brejos e represas) e lóticos (rios e estuários). Possuem papel ecológico fundamental, atuando a ciclagem de nutrientes e criando micro-habitat para diversas espécies.

Apesar da importância ecológica, algumas espécies são consideradas “ervas daninhas”, devido a tendência de dominar o habitat rapidamente após sua instalação (FERNANDEZ et al., 1990; MURPHY et al., 1990). Em reservatórios o crescimento exacerbado de macrófitas é potencializado. O represamento de rios e as modificações decorrentes da alteração da dinâmica da água, aliado aos impactos dos múltiplos usos, como aporte de esgotos sem tratamento e resíduos do agronegócio, ocorre o enriquecimento dos corpos hídricos por nutrientes (nitrogênio e fósforo). Este fenômeno, conhecido como eutrofização, compromete a qualidade da água se apresenta como um dos principais contribuintes para a proliferação elevada das macrófitas aquáticas. Em grandes quantidades, esses vegetais podem inviabilizar os usos dos reservatórios, trazendo prejuízos para a geração de energia elétrica, irrigação, navegação, pesca e recreação. Como consequência, ocorrem proliferação de ratos e insetos e outros vetores de doenças pelo acúmulo de lixo e o comprometimento no fornecimento de água para sociedade pela obstrução de estruturas de captação de água (TUNDISI et al., 2006).

Desde a década de 1990, as macrófitas aquáticas tem sido relatada como um problema para o setor elétrico brasileiro, com indicações a remoção de seus bancos (THOMAZ; BINI, 1998; POMPÊO, 1999; AGEVAP, 2007). Nos reservatórios de Itaparica e Complexo de Paulo Afonso, a presença de macrófitas aquáticas foi relatada pela primeira vez no ano de 1984 pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), com agravamento nos anos seguintes, quando algumas vezes grande massa vegetal se desprendia das áreas de colonização atingindo a área das comportas, sendo necessária a suspensão da geração de energia para a limpeza das grades de contenção (FADURPE, 2003). Além disso, a presença dessas plantas tem sido relacionada a prejuízos para a piscicultura (LOPES, et al. 2008).

O agravamento das condições climáticas aliadas ao aumento dos impactos ambientais na bacia do rio São Francisco e eventos de diminuição da vazão na cascata de reservatórios de Sobradinho, Itaparica, Complexo Paulo Afonso e Xingó, tem causado o aumento da biomassa de macrófitas. Como consequência os municípios que formam o polo de aquicultura na região, Petrolândia – PE, Glória – BA e Paulo Afonso – BA tem relatado prejuízos. No município de Glória, através do Decreto nº 012/2018, foi decretado estado de calamidade pública (GLÓRIA, 2018). O poder executivo municipal relata desastre biológico, tipo 2 – infestações de algas, constante na Classificação Geral dos Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR), atribuindo à presença da baronesa (*Eichhornia crassipes*) e taboa (*Typha domingensis*).

Duas audiências públicas foram realizadas em Paulo Afonso (29 de março e 11 de abril de 2019), promovidas pelas Câmaras Municipais de Glória e Paulo Afonso, juntamente com Associação Peixe São Francisco, com o seguinte tema: Baronezas e os impactos ambientais e socioeconômicos para a região do submédio São Francisco. Contando com representantes do Ministério Público, Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco, Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), órgãos ambientais, e companhias de abastecimento de Pernambuco (COMPESA), da Bahia (EMBASA), de Sergipe (DESO) e de Alagoas (CASAL), além de entidades da sociedade civil, foram discutidos o problema e as possíveis soluções a curto e longo prazo.

A prefeitura de Paulo Afonso declarou, através das Secretarias de Meio Ambiente e Infraestrutura, que foram retiradas mais de 30 mil toneladas no Balneário Prainha (PAULO AFONSO, 2019). Contudo, em poucos dias os locais limpos foram novamente tomados pelas macrófitas. A biomassa retirada tem sido depositada em áreas abertas ou em aterros sanitários, sendo

tratada como resíduo sólido. Neste caso, Melo e Alencar (2018), observam que os pontos de descarte de resíduos sem controle e tratamento configuram em problema socioeconômico e ambiental para a coletividade, merecendo atenção especial tanto do poder público quanto da população. Assim, além do problema na água, causado pela infestação das macrófitas, temos o problema na terra, com a biomassa retirada e disposta de forma inadequada.

Ponderando que as macrófitas aquáticas são organismos naturalmente encontrados nos ecossistemas aquáticos, mas sua proliferação decorrente de atividades humanas tem gerado elevadas quantidades de biomassa, causando problemas de ordem sanitária, o presente trabalho teve como objetivo ponderar sobre alternativas para o resíduo orgânico de macrófitas retirado do rio São Francisco no município de Paulo Afonso.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Macrófitas aquáticas em reservatórios do submédio são francisco: um problema anunciado

A preocupação com a proliferação de macrófitas em reservatórios tem sido relatada na literatura desde a década de 1970, com experimentos de crescimento de espécies flutuantes (MICHELL; TUR, 1975). No Brasil, a preocupação com o impacto do crescimento maciço de macrófitas aquáticas foi enfatizado por Junk e Mello (1990), quando avaliaram os impactos das represas hidrelétricas na bacia amazônica. Os autores relatam que em represas na África, Ásia e Suriname, problemas relacionados ao desenvolvimento em massa de macrófitas, como aparecimento de doenças, deterioração da qualidade da água pela grande produção e a decomposição de matéria orgânica, prejuízos pesca, navegação, irrigação e atividades turísticas. Outra questão abordada pelos autores é a associação entre os nutrientes disponíveis no meio aquático e a taxa de crescimento das macrófitas. Trabalhos publicados em meados de 1990 descrevem o crescimento de macrófitas aquáticas em regiões tropicais durante o ano todo, variando de acordo com o nível da água (PIEPADE et al., 1991; JUNK; PIEPADE, 1993; CAMARGO; ESTEVES, 1995, 1996; POMPEO, 1996). Dessa forma, observa-se que o problema de infestação de macrófitas aquáticas nos reservatórios brasileiros não é recente.

Eventos com intuito de discutir os prejuízos as macrófitas aquáticas, particularmente as flutuantes e as submersas, ocorreram na região do Submédio São Francisco, como a 2ª Reunião Técnica sobre Macrófitas Aquáticas realizada pelo Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (Paulo Afonso – BA, 13 a 16 de outubro de 1997), como relatado por Pompeo (1999). O autor expõe que a CHESF despendeu recursos, visando retirar a macrófita aquática submersa *Egeria densa* que ficava retida nas grades de proteção de entrada de água das turbinas em, nos anos de 1995 e 1996, devido aos prejuízos na interrupção da geração de energia para retirada das plantas.

Com isso, comprova-se que a proliferação de macrófitas nos reservatórios gerenciados pela CHESF não é um problema novo, os eventos relatados em 2018 e 2019 são recorrentes. Contudo, além da necessidade sobre o conhecimento da ecologia e estratégias de manejo para o gerenciamento, os métodos de controle, formas de descarte e aproveitamento da biomassa não são aplicados nos reservatórios em questão, de forma adequada (POMPEO, 1999; 2008).

2.2 Resíduos sólidos no semiárido brasileiro

As modificações nos espaços naturais em decorrência do crescimento das cidades sem planejamento urbano para atender as diversas necessidades humanas tem aumentado os impactos em diversos setores (HOLANDA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019). Um dos principais impactos está relacionado à coleta e destinação de resíduos. Em 2016, 29,6 milhões de toneladas de resíduo tiveram destinação inadequada em aterros controlados ou lixões, resultantes de um índice de cobertura de coleta de 91% (79%, no Nordeste, até 98%, no Sudeste) (GRISA; CAPANEMA, 2018).

Na região semiárida brasileira, o desenvolvimento ocorre em polos específicos, vinculados principalmente ao agronegócio. Nesses municípios os impactos ambientais, sobretudo o descarte de resíduos sólidos, ocorrem como em outras regiões. Contudo, a geologia e climatologia refletem diretamente nas condições socioeconômicas para a maior parte da sua população, intensificando os impactos. Andrade e Alcântara (2016), relatam que na região Nordeste o número de lixões nos municípios é um dos mais elevados em comparação com as demais regiões do Brasil. Na Bahia, por exemplo, dos 59,5% dos municípios de pequeno porte, com até 20.000 habitantes, e dos 30,2% que possuem população entre 20.000 e 50.000 habitantes, quase que a totalidade destina seus resíduos de forma inadequada (FERREIRA et al., 2019).

Apesar da existência de uma legislação específica no Brasil abordando as etapas de coleta, tratamento e disposição final para os resíduos sólidos (BRASIL, 2010), na região semiárida a destinação de resíduos sólidos é caracterizada como conflituosa sob diversos aspectos, como a instalação dos aterros sanitários (GUEDES; ALMEIDA; CURI, 2017), adequação à legislação e planos de manejo (NASCIMENTO et al., 2016), infraestrutura para empreendimentos de grande porte (CUNHA et al., 2017), e gestão pública (DA SILVA DA SILVA et al., 2018), intensificando os impactos ambientais (ALVES, 2016; BARBOZA et al., 2018). Dessa forma, os entraves para adequada gestão de resíduos sólidos, são intensificados na região semiárida.

2.3 Tratamento de resíduos orgânicos

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2019), os resíduos orgânicos são constituídos basicamente por restos de animais ou vegetais descartados de atividades humanas. Podem ter diversas origens, como doméstica ou urbana (restos de alimentos e podas), agrícola ou industrial (resíduos de agroindústria alimentícia, indústria madeireira, frigoríficos...), de saneamento básico (lodos de estações de tratamento de esgotos), entre outras. Sua disposição final ambientalmente adequada, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305 (BRASIL, 2010), é de responsabilidade dos municípios. Conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004), que trata da caracterização e da classificação de resíduos, esclarece que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, são considerados resíduos sólidos não perigosos.

Atualmente, o método mais utilizado para disposição de resíduos sólidos é o aterro sanitário, que quando comparado a outras tecnologias, possui baixo custo e fácil operação (NIE et al., 2018). Os resíduos orgânicos em aterros sanitários de diversas regiões brasileiras correspondem a mais de 50% do total produzido no país, devido a sua destinação de forma ambientalmente inadequada (GRISA; CAPANEMA, 2018; LIMA et al., 2018; ROCHA et al., 2018). Em áreas de baixa e média renda, a fração orgânica representa a maior fração do total (50 a 70%) de Resíduo Sólido Urbano (RSU) (TYAGI et al., 2018). Como exposto por Santos e colaboradores (2015), o resíduo orgânico não deve ser destinado ao aterro, mas ser valorizado por meio de tratamento biológico.

Dentre os tratamentos biológicos mais citados na literatura, a compostagem aparece como uma das mais eficientes e baratas. Compostagem é definida como a decomposição microbiológica da matéria orgânica por diferentes microrganismos e em meio aeróbio, onde os resíduos orgânicos são tratados e estabilizados para produzir o composto orgânico (DUTRA et al., 2013). Esse processo gera o composto, um material orgânico estabilizado e maduro, capaz de minimizar de impactos ambientais e maximização da reciclagem (PIMENTEL et al., 2018; ARAÚJO et al., 2019). É uma alternativa que possui benefício no aspecto social e ambiental, pois destina os resíduos sólidos de maneira a beneficiar a reciclagem sobre o mero aterramento destes resíduos (PIRES; FERRÃO, 2017). Diversos exemplos de aplicações da compostagem podem ser encontrados na literatura (SANTOS et al., 2015; SANTOS FILHO et al., 2017; AGUIAR et al., 2019), apontando a compostagem de RSU uma alternativa viável.

3. METODOLOGIA

3.1. O município de paulo afonso

Conforme descrito no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA) de Paulo Afonso, de 2016, o município está localizado microrregião que leva o nome “Sertão de Paulo Afonso” e à mesorregião Vale São-Franciscano da Bahia e ocupa uma área territorial de 1.579,723 km² (Figura 1). Sua sede está a 460 km de Salvador – BA, 480 km de Recife – PE, 380 km de Maceió – AL e 280 km de Aracaju – SE. Limita-se ao norte, com o município de Glória, de quem se desmembrou em 1958; ao sul, com os municípios de Jeremoabo e Santa Brígida e o Estado de Sergipe; a leste, com o Rio São Francisco e o Estado de Alagoas; e a oeste, com o município de Rodelas (<http://acertepauloafonso.com.br/paulo-afonso>). Apresenta uma população estimada de 117.014 pessoas e um sistema de esgotamento sanitário que abrange 82,1% do município (IBGE, 2019). Ainda como descrito no PDDUA, Paulo Afonso se encontra na região do São Francisco conhecida como Submédio São Francisco, que possui 440 km de extensão e vai de Remanso na Bahia até Paulo Afonso. O município faz parte do perímetro que delimita o Monumento Natural do Rio São Francisco (MONA), que é uma unidade de conservação brasileira de proteção integral da natureza localizada na divisa entre os estados de Alagoas, da Bahia e de Sergipe.

Figura 1. Localização do município de Paulo Afonso – BA



Fonte: Modificado de Paulo Afonso (2016).

Conforme descrito por Goes (2016), o aterro sanitário de Paulo Afonso, localizado no povoado Campos Novos, zona rural, foi inaugurado no dia 29 de agosto de 2014 para atender a PNRS. Os RSU são coletados pelos caminhões compactadores, e transportados para a Associação de Reciclagem de Paulo Afonso (ARPA). Nessa associação é feita a triagem e separação dos resíduos, sendo o que foi separado, compactado e destinado a empresas recicladoras. O resíduo que não pode ser retirado na ARPA é transportado até o aterro sanitário.

3.2. Coleta e análise de dados

Este trabalho constitui-se de uma revisão de literatura, realizada com base em um levantamento de referências, como livros, artigos em periódicos indexados, teses, dissertações, anais de eventos, relatórios técnicos e legislação pertinente, consultados nas bases de dados de acesso à

pesquisa: *Scielo*, Google acadêmico e *Science Direct*, no intervalo entre 2000 até 2017. As palavras-chave utilizadas foram: “macrófitas aquáticas, rio São Francisco, biomassa, resíduos orgânicos, compostagem” no idioma inglês. A bibliografia resultante da pesquisa foi analisada separadamente e baseada na análise de conteúdo de acordo com Bardin (2002), que aborda três etapas, pré-análise, a exploração do material e o resumo dos resultados obtidos. Na seleção dos assuntos, para assegurar que o texto abordasse essencialmente a temática, adotou-se como critérios de inclusão do material pesquisado: a menção a possuir as ideias centrais que representasse o foco desta análise, visualização de concepções e representações no título, resumo e palavras-chave, que assumissem como destaque o assunto abordado no presente trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ocorrência e produção de biomassa de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms é uma planta nativa da América do Sul (Amazônia e Pantanal), abundante em rios e áreas de inundação fluvial, solos argilosos e siltoso-orgânicos férteis (POTT; POTT, 2000). Pertencente à família Pontederiaceae e ao gênero *Eichhornia*, trata-se de uma planta flutuante livre, estolonífera e perene, seu tamanho varia de 15 a 80 cm, atualmente estão espalhadas em regiões tropicais e no Brasil constitui o maior volume da flora aquática (HOEHNE, 1979). Conhecida popularmente como, camalote, lírio de água, aguapé, mururé (Amazônia), é utilizada para ornamentação, despoluição d’água, ração animal, adubo orgânico e produção de biogás, e possui capacidade de tornar-se dominante. (POTT; POTT, 2000; AMARAL et al., 2008). A macrófita *Egeria densa* Planchon é conhecida vulgarmente como elodea brasileira, e está incluída na relação das monocotiledôneas aquáticas. Pertencente à família Hydrocharitaceae e ao gênero *Egeria* (COOK et al., 1974). Crescem fixados ao sedimento, até uma profundidade de 9 metros e desenvolvem-se em direção à superfície, em busca de luz, com talos ramificados, que podem atingir mais de 6 metros (FADURPE, 2001).

A importância da produção da biomassa das macrófitas aquáticas na região de Paulo Afonso tem sido relatada na literatura. Oliveira et al. (2005) determinaram a capacidade de regeneração de *Egeria densa*, em diferentes profundidades (0-2, 2-6 e 6-9 m), depois que as plantas foram arrancadas em estações de coletas localizadas no Complexo Hidroelétrico de Paulo Afonso (BA). As produções nas três profundidades, especialmente nas áreas mais rasas, indicaram que *E. densa* possui elevada capacidade de acumulação de biomassa. O trabalho foi complementado posteriormente por Nascimento e colaboradores (2008), por meio do monitoramento do crescimento de 50 ápices de diferentes plantas *E. densa*, demonstrando sua capacidade de acumular grande quantidade de massa seca, principalmente, no período de maior precipitação, quando geralmente ocorre maior disponibilidade de nutrientes. Como demonstrado, os trabalhos remontam a um período superior a uma década, revelando a preocupação dos pesquisadores com a condição de crescimento das macrófitas no local.

Na última década, poucos foram os estudos desenvolvidos relacionados ao monitoramento e crescimento desses vegetais no rio São Francisco. Sabino e colaboradores (2015), pesquisaram riqueza e composição florística de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, incluindo o Lago de Itaparica, localizado a montante do Complexo Paulo Afonso. Os autores destacaram a presença de *Eichhornia crassipes*, enfatizando que esta espécie é a planta aquática mais perniciososa do Brasil, devido aos prejuízos à geração de energia em vários mananciais. Outros autores, como Moura-Júnior e colaboradores (2011; 2013) e Torres e colaboradores (2016) exibiram a presença *E. crassipes* e *E. densa* em outros reservatórios do semiárido. Contudo, contemplando apenas a composição florística.

O monitoramento realizado pela CHESF, em sete prados de macrófitas identificados nos reservatórios do Complexo Paulo Afonso, entre janeiro de 2014 e agosto de 2017, registram a ocorrência de 32 espécies vegetais, das quais *E. densa* e *E. crassipes* se caracterizam como principais. Durante o estudo os prados de *E. crassipes*, *E. densa* e *Typha domingensis* representaram

quase 100% de toda cobertura média em relação à toda área amostrada (CHESF, 2018). O estudo técnico indica, ainda a existência de focos de comunidades e/ou populações de macrófitas em desequilíbrio, formando grandes extensões em diferentes partes do ecossistema aquático. As regiões marginais ora são ocupadas por *E. crassipes*, *T. dominguisis*, e as regiões mais profundas por *E. densa*.

As variações no nível da água são apontadas como uma das causas para o favorecimento do crescimento de macrófitas em áreas rasas nos reservatórios do rio São Francisco, aumentando o nível trófico (KEITEL et al., 2016; GUNKEL et al., 2018). Parâmetros limnológicos, como condutividade, fosfato inorgânico, fósforo total, transparência, turbidez e pH, foram apontados como os principais preditores da ocorrência de *E. densa* pelos ambientes semi-lóticos do rio, sendo a limitação da sua dispersão influenciada pelos barramentos (MOURA JÚNIOR, 2016). O impacto dos municípios ao longo do rio, atua como fator intensificador para o adensamento da biomassa (MINHONI et al., 2018). Além dos efeitos na qualidade da água e na geração de energia, a elevada biomassa tem influenciado em atividades como a pesca artesanal (SILVA et al., 2018).

4.2. Controle e desmaterialização de macrófitas aquáticas em paulo afonso

Maria (2017) explica que o controle de macrófitas pode ocorrer de três formas: química, biológica e mecânica. A primeira consiste na aplicação de herbicidas para matar ou reduzir o crescimento das plantas. Já o controle biológico é relacionado ao controle por pressão biótica por meio de competição, comensalismo, parasitismo e predação (AGEVAP, 2012). A retirada mecânica pode ocorrer de forma manual ou utilizando colheitadeiras ou através da aplicação de medidas físicas, que incluem barreiras/cobertura do sedimento, alterações no nível de água, uso de calor (chamas) e alterações de cor da coluna d'água (MARIA, 2017).

Os controles químico e biológico são utilizados em outros países. No Brasil sua autorização ocorreu em 2015. A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 467 de 16 de julho de 2015 (CONAMA, 2015) que dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais, esclarece que combate de macrófitas deve ocorrer para espécies alóctones (exóticas), uma vez que sua erradicação é desejável, para evitar prejuízos maiores aos usos dos recursos hídricos, à conservação da biodiversidade e ao meio ambiente (BRASIL, 2015). Apesar do manejo químico possibilitar menor investimento financeiro, menor volume de material removido e menor frequência de remoção, é menos aceito pela sociedade, por utilizar substâncias que podem causar efeitos aos organismos (MARIA, 2017).

Maria (2017) expõe que o controle de macrófitas aquáticas no Brasil tem sido realizado por meio da retirada manual e mecanizada. Contudo, essa forma apresenta um custo elevado e resultados insatisfatórios, permitindo o brotamento e recolonização a partir de fragmentos que permanecem no ambiente. Uma tentativa de controle de *E. densa* sistema Moxotó – Paulo Afonso, foi realizada em 1995/1996, por meio da “Operação Rock”, que consistiu em acumular água no reservatório, e em data previamente estabelecida todas as comportas foram abertas na tentativa de remover a maior quantidade de água possível, consequentemente liberando grande biomassa da macrófita aquática submersa (POMPÊO, 2017). Contudo, o problema foi solucionado a curto prazo. A grande capacidade de produção da biomassa de *E. densa* foi atestada no sistema hidroelétrico de Paulo Afonso e Itaparica, onde seu crescimento no período de chuva chegou a 13 cm e 2 g de matéria seca/mês, podendo atingir até 150 indivíduos por m² (FADURPE, 2001).

A biomassa produzida por ser utilizada de diferentes formas, favorecendo sua desmaterialização. Pompêo (2017) apresenta diversos trabalhos com propostas para usos como, biossorção, fitorremediação, fitoquímica (remédios), fertilizantes para a vegetação, biogás, fertilizantes para tanques de piscicultura e uso como ração animal.

No caso das macrófitas presentes em Paulo Afonso, a biomassa de *E. densa* nas grades de proteção das turbinas traduz uma produção potencial de biomassa para região a qualquer época do ano, que podem ser utilizadas na alimentação animal ou como adubo orgânico, como relatado na literatura (SAMPAIO; OLIVEIRA, 2005; SAMPAIO et al., 2007; POMPÊO, 2017). Para *E. crassipes*, a produção de biogás a partir da biomassa retirada do no Balneário da Prinha (Paulo Afonso), juntamente com esterco bovino, foi apresentada como uma alternativa sustentável, produzindo energia limpa e tratando o resíduo orgânico da biomassa (CAVALCANTI et al., 2018). Como estado por Manozzo (2016), *E. crassipes*, apresenta um potencial satisfatório para produção de biogás através de pirólise.

5. CONCLUSÕES

A desmaterialização de resíduos orgânicos é uma realidade para a sustentabilidade ambiental. Diversas metodologias existentes na literatura abordam métodos para o aproveitamento de resíduos orgânicos, inclusive aqueles provenientes de biomassa vegetal.

A produção de biomassa vegetal oriunda das macrófitas aquáticas no rio São Francisco tem sido documentada, principalmente na região semiárida. Nos municípios banhados pelos lagos Moxotó e Complexo Paulo Afonso, o crescimento de macrófitas é registrado como prejudicial desde a década de 1990. Os monitoramentos ambientais relatam o expressivo crescimento de duas espécies: *Egeria densa* e *Eichornia crassipes*. Tendo esta última sido relacionada, nos últimos anos, a prejuízos na piscicultura e no turismo da região.

Com base no levantamento bibliográfico realizado no presente trabalho, fica evidente a disponibilidade de informações técnicas a respeito das alternativas para desmaterialização dos resíduos orgânicos provenientes da biomassa de macrófitas aquáticas na região de Paulo Afonso. Inclusive, como resultados para o local produzidos pela CHESF e outras instituições de pesquisa (Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE e Instituto Federal da Bahia – IFBA).

Contudo, o controle das populações das macrófitas deve contemplar ações preventivas, tais como a redução da carga orgânica nos reservatórios, por meio do tratamento dos resíduos urbanos e agroindustriais. A diminuição de nutrientes nos reservatórios é limitante para o crescimento desses vegetais. Associado a isso, o controle da biomassa pode ser realizado de forma mecânica, tendo seus custos compensados por meio de técnicas de desmaterialização como a compostagem, a produção de ração animal e de biogás. Dessa forma, entende-se que a limitação para a realização das ações necessárias perpassa, de forma pela mais consistente, pela carência de ações efetivas na gestão do problema na região, que devem ser avaliadas considerando propostas a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

AGEVAP. Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Relatório técnico Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Resende, RJ, 2007. 73 p.

AGEVAP. Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Estudos para identificação, localização e quantificação das causas da proliferação de plantas aquáticas, principalmente macrófitas, ao longo da calha do rio Paraíba do Sul, inclusive braços mortos, reservatórios e afluentes**. Relatório de prognóstico, São José dos Campos, São Paulo, 2012, 56 p.

AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 44-52.

ALVES, O. G. **Degradação do solo em área de disposição irregular de resíduos sólidos no semiárido tropical**. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

- AMARAL, M. C. E.; BITTRICH, V.; FARIA, A. D.; ANDERSON, A. L.; AONA, L. Y. S. **Guia de Campo para Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo**. 1ª ed. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 452 p.
- ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos sólidos urbanos e impactos socioambientais no bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2016.
- ARAÚJO, S. C.; PINHEIRO, E. F. M.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, R. M. Tratamento de água residuária da suinocultura com filtro de serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 194-207.
- BARBOZA, A.; OLIVEIRA, A. C. B.; ALMEIDA, I. C.; SANTOS, C. A. B. Impactos ambientais no submédio do vale do São Francisco. **Geoambiente On-line**, v. 31, p. 82 – 100, 2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2002. p. 70.
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2ª ed. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Edições Câmara [2012]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- BRASIL. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. 2019. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-org%C3%A2nicos.html>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. **Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems**. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T., *Limnology in Brazil*. São Paulo: ABC/SBL, 1995. p. 137-149.
- CAMARGO, A. F. M.; ESTEVES, F. A. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil). **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 135, n. 3, p. 423-432, 1996.
- CAVALCANTI, L. A. P.; SANTOS, H. B.; RODRIGUES, N. F. Produção de biogás a partir da baronesa *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883 (Magnoliophyta: Pontederiaceae) proveniente do rio São Francisco, em Paulo Afonso – BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 6., 2018, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Congestas, 2018. p. 670 – 676.
- CHESF. Companhia Hidrelétrica do São Francisco. **Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos dos Reservatórios do Complexo Paulo Afonso**. Relatório Final. 273 p. 2018.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 467 de 16 de julho de 2015. Dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais. 2015.
- COOK, C. D. K.; GUT, B. J.; RIX, E. M.; SCHNELLER, J.; SEITZ, M. **Water plants of the world: a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes**. The Hague: Dr. W. Junk b. v. 1974. p. 569.
- CUNHA, B. P.; SILVA, J. I. A. O.; FARIAS, T. Q. A integração do rio São Francisco, saneamento, resíduos sólidos e água: algumas linhas de análise sobre o direito as cidades sustentáveis. **Direito da Cidade**, v. 9, n. 3, p. 1085-1120, 2017.
- SILVA, C. G.; CABRAL, R. L. G.; GIESTA-CABRAL, L. C. Promoção de desenvolvimento sustentável no nível municipal: uma análise da dispensa de licitação na coleta seletiva de resíduos frente a agenda 2030. **Revista de Direito da Cidade**, v. 10, n. 4, p. 2736-2769, 2018.
- DUTRA, E; MENEZES, R. S. C.; PRIMO, D. C. Adições de nutrientes na compostagem de podas de árvores na região semiárida do NE do Brasil. **Revista Scientia Plena**, v. 9, n. 7, p. 1-10, 2013.

- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FERNANDEZ, O.A.; SUTTON, D.L.; LALLANA, V.H.; SABBATINI, M.R.; IRIGOYEN, J. **Aquatic weed problems and management in South and Central América**. In: PIETERSE, A. H. & MURPHY, K.J. (Eds.). *Aquatic Weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. New York: Oxford Science Publications, 1990. 406-425 p.
- FERREIRA, I. J. S.; GONÇALVES, E.; RODRIGUES, H. S.; AMORIM, M. C. C. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos e dimensionamento de área para aterro sanitário no município de Sobradinho – BA. **TECNO-LÓGICA**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2019.
- FADURPE. Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. **Estudo do ecossistema dos reservatórios das barragens do sistema hidroelétrico de Paulo Afonso e Itaparica (terceira etapa)**. Relatório 1. Recife: FADURPE. 2001.
- FADURPE. Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional. **Estudo do Ecossistema dos Reservatórios das Barragens do Sistema Hidroelétrico de Paulo Afonso e Itaparica – Terceira Etapa**. Recife: FADURPE. 2003.
- GLÓRIA. **Decreto N° 012 de 14 de Março de 2018**. Declara em situação anormal, caracterizada como estado de Calamidade Pública a área do município afetada por desastre biológico, tipo 2 – infestações de algas, constante na Classificação Geral dos Desastres, Ameaças e Riscos (CODAR).
- GOES, D. A contribuição do aterro sanitário na gestão de resíduos sólidos. Um breve estudo de caso no aterro de Paulo Afonso, BA. **Revista Científica da FASETE**, v. 1, p. 90-105, 2016.
- GRISA, D. C.; CAPANEMA, L. X. L. **Resíduos sólidos**. In: PUGA, F. P.; CASTRO, L. B. (Orgs.). *Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 415-438, 2018.
- GUEDES, M. J. F.; ALMEIDA, M. V. A.; CURTI, R. C. Análise da evolução de conflito ambiental em um aterro sanitário na Paraíba, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 3, p. 35-47, 2017.
- GUNKEL, G.; SELGE, F.; KEITEL, J.; LIMA, D.; CALADO, S.; SOBRAL, M.; RODRIGUEZ, M.; MATTA, E.; HINKELMANN, R.; CASPER, P.; HUPFER, M. Water management and aquatic ecosystem services of a tropical reservoir (Itaparica, São Francisco, Brazil). **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 7, p. 1913-1925, 2018.
- HOEHNE, F. C. **Plantas Aquáticas**. 1ª ed., São Paulo (Instituto de Botânica): FONSECA, 1979. 168 p.
- HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Aspectos de Impactos ambientais provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFURPE, 2018. p. 65-75.
- JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, v.4, n. 8, p. 127-146, 1990.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. **Hydrobiologia**, v. 263, p. 155-162. 1993.
- KEITEL, J.; ZAK, D.; HUPFER, M. Water level fluctuations in a tropical reservoir: the impact of sediment drying, aquatic macrophyte dieback, and oxygen availability on phosphorus mobilization. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6883-6894, 2016.
- LIMA, P. G.; DESTRO, G. E.; JUNIOR, S. B.; FORTI, J. C. Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de um aterro sanitário. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 4, p. 410-426, 2018.

- LIMA, T. C. Q. O.; NÓBREGA, C. C.; BRITO, L. D. Comportamento dos parâmetros físicos e químicos em uma leira de compostagem, durante a fase ativa. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 413-422.
- LOPES, J. P.; DANTAS, L. C. F.; CERQUEIRA, E. Influência da profundidade dos lagos do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso, BA e sua limitação ao cultivo de peixes. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 3, n. 2, p. 106-116, 2008.
- MANOZZO, V. **Estudo cinético da pirólise das macrófitas: pistia stratiotes e Eichhornia crassipes**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2016.
- MARIA, M. A. **Avaliação da utilização do glifosato para manejo de macrófitas aquáticas**. 2017. 144 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017.
- MELO, J. M. M. D. O.; ALENCAR, S. K. P. **Quali-quantificação de resíduos sólidos em pontos transitórios, em Juazeiro do Norte – CE**. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 199-213.
- MICHELL, D. S.; TUR, N. M. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. **Journal of Applied Ecology**, v. 12, p. 213-225, 1975.
- MINHONI, R. T. A.; SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; ZIMBACK, C. R. L. Monitoramento de macrófitas aquáticas no rio São Francisco no trecho urbano de Petrolina – PE. **Scientia Plena**, v. 14, n. 3, p. 01-09, 2018.
- MOURA JÚNIOR, E. G. **Preditores ambientais, estrutura espacial e distribuição geográfica potencial de macrófitas aquáticas invasoras no Rio São Francisco, Brasil**. 2016. 89 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. UFMG. 2016. 89 p.
- MOURA JÚNIOR, E. G.; ABREU, M. C.; SEVERI, W.; LIRA, G. A. S. T. O gradiente rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas? **Rodriguésia**, v. 62, n. 4, p. 731-742, 2011.
- MOURA JÚNIOR, E. G.; LIMA, L. F.; SILVA, S. S. L.; PAIVA, R. M. S.; FERREIRA, F. A.; ZICKEL C. S.; POTT, A. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: checklist, richness, distribution and life forms. **Check List**, v. 9, n. 2, p. 298-312, 2013.
- MURPHY, K. J.; ROBSON, T. O.; ARSENOVIC, M.; VAN DER ZWEERDE, W. Aquatic weed problems and management in Europe. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K.J. (Eds.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford Science Publications, 1990. p. 297- 317.
- NASCIMENTO, A. A.; BILAR, A. B. C.; MOURA, F. F. S.; RIBEIRO, E. P. Management analysis of municipal solid waste a municipality Semi-Arid Pernambucano. **Revista Geama**, v. 2, n. 3, p. 255-263, 2016.
- NASCIMENTO, P. R. F.; PEREIRA, S. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassa de *Egeria densa* nos reservatórios da hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 481-486, 2008.
- NIE, E.; ZHENG, G.; SHAO, Z.; YANG, J.; CHEN, T. Emission characteristics and health risk assessment of volatile organic compounds produced during municipal solid waste composting. **Waste Management**, v. 79, p. 188-195, 2018.
- OLIVEIRA, N. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, S. M. B.; MOURA, JÚNIOR, A. M. Capacidade de regeneração de *Egeria densa* nos reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 7-13, 2005.

OLIVEIRA, R. J. F.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, Â. M.; ANDRADE, M. F. Efeito da adição de *Egeria densa* sobre a digestibilidade e balanço de nitrogênio em caprinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 53, n. 1, p. 175-184, 2004.

OLIVEIRA, R. L. C.; MENEZES, S. K. O.; ANDRADE, C. R. B.; PASSOS, B. C. **Impactos ambientais causados pela duplicação da rodovia AL-145 no município de Delmiro Gouveia – AL**. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 44 – 52.

PAULO AFONSO. **Audiência Pública: aquisição de máquinas aquáticas que trituram baronezas foi a solução para retirar plantas do Rio São Francisco**. Disponível em: <<http://www.pauloafonso.ba.gov.br/novo/?p=noticias&i=7808>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

PIEIDADE, M. T. F.; JUNK, W. J.; LONG, S. P. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. **Ecology**, v. 72, n. 4, p. 1456-1463, 1991.

PIMENTEL, S. M. F.; CAVALCANTI, G. S. A.; FILHO, M. A.; OLIVEIRA, C. E. S. Compostagem, método mais adequado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos urbanos: experiência no município de Belo Jardim – PE. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 536 p.

PIRES, I. C. G.; FERRÃO, G. E. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p. 01-18, 2017.

POMPÊO, M. L. M. As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. **Perspectivas da Limnologia no Brasil**, p. 105-119, 1999.

POMPÊO, M. L. M. **Ecologia de *Echinochloa polystachya* (H. B. K) Hitchcock na represa de Jurumirim (zona de desembocadura do rio Paranapanema – SP)**. 1996. 150 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n 3, p. 406-424, 2008.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paul: Instituto de Biociências da USP, 2017. 138 p.

POTT, V. P.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. 1. ed., Brasília: Embrapa, 2000. 404 p. Prefeitura Municipal de Paulo Afonso. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Paulo Afonso – Bahia. Leitura da realidade local**. 2016.147 p.

ROCHA, C. C.; GASPAR, L. M. R.; RIBEIRO, B. A. L.; LEANDRO, G. M.; SMIDERLE, J. J.; DA CONCEIÇÃO, E. A. Caracterização gravimétrica pontual dos resíduos sólidos domiciliares de Campo Grande, Rio de Janeiro – RJ. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 9., 2018, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FIRS, 2018. p. 1-10.

SABINO, J. H. F.; ARAÚJO, E. S.; COTARELLI, V. M.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. **Natureza on line**, v. 13, n. 4, p. 184-194, 2015.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B. Aproveitamento da macrófita aquática *Egeria densa* como adubo orgânico. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 169-174, 2005.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 4, p. 995-1002, 2007.

SANTOS FILHO, R. C.; HOLANDA, E. P. T.; OLIVEIRA, L. C. F.; SILVA, V. M. F. O aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, por meio do processo de compostagem aeróbia enriquecida com casca de sururu para aproveitamento na construção civil. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 4, n. 2, p. 125-134, 2017.

SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2015.

SANTOS, L. A.; EL-DEIR, S. G. Compostagem nas escolas como uma ferramenta para implantação da educação ambiental no ensino fundamental. In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2015. p. 268-280.

SILVA, G. M. N., DE OLIVEIRA CARVALHO, R. M. C., EL-DEIR, A. C. A., SOBRAL, M. D. C. M.; SIEGMUND-SCHULTZE, M. Artisanal fisheries of the Itaparica reservoir, São Francisco river, Brazil: socioeconomic profile, environmental dynamics, and management recommendations. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 7, p. 1889-1899, 2018.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios**. 1998.

TORRES, C. R. M.; FERNANDO, E. M. P.; LUCENA, M. F. A. Checklist de plantas aquáticas em trechos de caatinga do semiárido paraibano, Nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 4, p. 284-296, 2016.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**, v. 3, p. 203-240, 2006.

TYAGI, V. K.; FDEZ-GÜELFO, L. A.; ZHOU, Y.; ÁLVAREZ-GALLEGO, C. J.; GARCIA, L. R.; NG, W. J. Anaerobic co-digestion of organic fraction of municipal solid waste (OFMSW): progress and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 380-399, 2018.

3.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL; PROPOSTA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES NUMA TINTURARIA EM OLINDA – PE

AZEVEDO, Flávia Garrett
Centro Universitário Estácio do Recife
flavia.garrett@estacio.br

FERREIRA, Flávia Gonçalves Domingues
Centro Universitário Estácio do Recife
flavia.ferreira@estacio.br

LUNA FILHO, Gustavo José
Centro Universitário Estácio do Recife
gustavo.filho@estacio.br

MOTTA SOBRINHO, Mauricio Alves
Universidade Federal de Pernambuco
mottas@ufpe.br

RESUMO

As indústrias têxteis lançam seus efluentes no ambiente aquático contaminando todo o ecossistema, assim, buscando minimizar os riscos na cadeia alimentar, esses resíduos líquidos devem ser tratados de forma adequada. Por isso, este trabalho teve como objetivo estudar uma empresa de tinturaria e propor uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE), com fins de reuso não potáveis, além de elaborar seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Foi necessário um estudo prévio da área para poder a partir de algumas variáveis (pH, temperatura e agitação), decidir qual o melhor e mais adequado sistema a ser adotado para aquela área. Para o tratamento dos efluentes, foram realizados testes de coagulação e de adsorção para verificação do melhor processo na remoção dos corantes. A cada processo foram realizadas medições de pH e estudos macroscópicos, com relação a cor e aturidez do efluente tratado. Um projeto de gestão foi aplicando com ferramentas de custos e de investimentos de manutenção, serviços de terceiros e materiais, além da elaboração da planta baixa para melhor idealização da proposta. A ETE seguiu todo o planejamento e através do PGRS realizou o monitoramento da qualidade da água de reuso e foi validado que não interferiu no processo de tingimento. O processo de coagulação foi o mais eficaz na remoção dos corantes; obtendo água de reuso propícia para o processo de tingimento. Ademais, sugere-se que a empresa realize contratação de serviço de coleta de resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento, Resíduos, Reuso.

1. INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos, desde o planejamento, a coleta e o destino final com o tratamento adequado tem custo elevado de acordo com os empresários e os gestores públicos do setor. Embora seja essencial à qualidade socioambiental, é necessária a tentativa de amenizar esses custos, tornando sua implantação mais atrativa. Os resíduos sólidos são considerados pela norma brasileira NBR 10.004 (ABNT, 2004) como resíduos nos estados sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Os efluentes líquidos, segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 430, de 13 de maio de 2011, se caracteriza como os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos e que também causam problemas para o meio ambiente e para a sociedade se descartados de forma incorreta (CARVALHO et al., 2018).

Segundo Santos et. al. (2017), o setor têxtil além de consumir grande quantidade de água é responsável pelo descarte de grandes volumes de efluentes, apresentando elevada carga orgânica, alto teor de sais inorgânicos, sólidos suspensos, pH variável, presença de surfactantes e, principalmente, uma alta concentração de corantes. A busca de novas tecnologias para solucionar a problemática da presença de corante dos efluentes têxteis, tem-se pesquisado o uso de adsorventes, geralmente rejeitos industriais alimentícios, na remoção desses contaminantes. Para Silva et. al. (2018), os tratamentos convencionais para remoção de íons metálicos e corantes a partir de águas residuais incluem muitos processos, tais como precipitação química, tecnologia de membrana, adsorção, troca iônica e processo eletroquímico. Outrossim Azevedo, (2016) e Silva et. al. (2013) reforçam que esse tratamento deve ser realizado corretamente, além de somadas as buscas de técnicas por baixo custo.

O efluente da indústria têxtil apresenta uma ampla variação na sua composição devido às características de suas fibras e dos produtos químicos usados em diferentes processos. Existem mais de 100 mil corantes disponíveis no mercado com uma produção anual estimada de mais de 7.105 toneladas sendo que 10 a 50% desses corantes são perdidos no efluente (KHANDEGAR; SAROHA; 2013).

Os corantes são responsáveis pela geração de poluentes hídricos, resultantes do tingimento das peças, atmosféricos, provenientes da queima inadequada da lenha e outros combustíveis, que comprometem a qualidade do ar na região, além de resíduos sólidos resultantes da matéria-prima utilizada no processo de beneficiamento (RIBEIRO; ALBUQUERQUE JUNIOR; ALENCAR; 2017). Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), alguns desses resíduos são caracterizados como Classe I. A poluição de corpos d'água através dos efluentes provocam, além da poluição visual, alterações em ciclos biológicos afetando principalmente processos de fotossíntese. Além desse fato, estudos têm mostrado que algumas classes de corantes podem ser cancerígenas e/ou mutagênicas (SOUZA et. al., 2016).

Conhecer os resíduos gerados é de fundamental importância, uma vez que a partir disso são definidas as etapas de acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final, considerando-se os critérios e as diretrizes das legislações pertinentes (FONSECA et. al., 2019). As ações de um PGRS, são recomendados por Martins Filho et. al. (2019), para uma melhor definição de indicadores no controle de cada etapa. Ainda com relação a gestão integrada, Ribeiro et. al. (2017), avigoram a importância das auditorias e das fiscalizações ambientais, além da realização de treinamento com os empresários e os funcionários das empresas; para que a consciência ambiental seja alcançada. Diante do exposto, o presente trabalho teve como finalidade propor uma Estação de Tratamento de Efluente (ETE), com fins de reuso não potáveis, além de elaborar seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria têxtil

A indústria têxtil e de confecções brasileira é considerada um dos setores industriais mais importantes, entretanto, tem apresentado diversas dificuldades, principalmente com relação ao destino dos seus resíduos (MIKNITZ; LUNA; 2017). Dentro do setor têxtil encontram-se as lavanderias industriais, grande maioria espalhadas no país e, em muitos casos, ineficientes no que tange às questões ecológicas, econômicas e sociais, mesmo assim são responsáveis pelo quinto lugar em empregos diretos no país (SOUZA et al., 2016). Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), o Brasil é sexto maior produtor têxtil, existem em torno de 29.000 mil empresas, entre elas de tecelagem, fiação, malharia, estamparias, tinturarias, etc (ABIT, 2017).

O consumo de fibras têxteis no Brasil em 2014 foi de 13,3 kg por habitante, e para beneficiar estes tecidos são utilizados em média 80 litros de água para cada quilograma de substrato tratado (SANTOS; BARCELLOS; PICCOLI; 2017). Segundo Silvia et. al. (2019), um dos principais problemas de poluição de recursos hídricos é o uso considerável de água, além disso, a impregnação do corante nas peças de roupas que são despejados nos rios sem tratamento. A concentração dos corantes, se destaca nas peças de roupas, na produção de jeans. Independentemente da cor do pigmento ou corantes eles afetam em toda cadeia alimentar causando desequilíbrio ambiental. Para Justino et. al. (2019), os efluentes têxteis têm bastante variação em suas características ao longo do ano. Suas particularidades iniciais e a radiação estão relacionadas com a eficiência na descoloração. O setor têxtil é constituído por uma cadeia de atividades em sequência linear, desde a obtenção de fibras naturais e/ou químicas, passando pela fiação, tecelagem e acabamentos, até a confecção final de artigos de vestuário (Figura 1).

Figura 2. A cadeia têxtil tradicional.



Fonte: Adaptado IEMI (2009).

Conforme Dias (2018), o resultado final de cada etapa constitui o insumo principal do complexo têxtil, por sua vez, constitui o núcleo de uma cadeia produtiva ao qual estão associados segmentos de outros setores industriais, como o químico, o agroindustrial, o de máquinas e equipamentos, entre outros, que estão ligados à cadeia de fornecedores de matérias-primas, insumos e máquinas. Segundo Bastian (2009), as etapas do processo produtivo que ela possui são: fiação, tecelagem e/ou malharia (geram resíduo sólidos através de suas matérias-primas); já o beneficiamento e enobrecimento dos fios e tecidos e confecções através do acabamento, tem a produção do efluente através da pigmentação além de ter a geração do resíduo sólido que é um grave problema ambiental se relaciona principalmente com o setor de tingimento. Wesenberg et al. (2003) afirmam que as fibras têxteis requerem corantes com características próprias e bem definidas, os quais devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência ao desbotamento e ainda devem apresentar-se economicamente viáveis.

Conforme Ribeiro et. al. (2017) a atuação de forma sustentável durante o processo de fabricação, pode eliminar desperdícios, aumento de produtividade, e positivando a lucratividade, melhorando as condições laborais dos funcionários e da comunidade circunvizinhas com a redução de impactos ambientais, fortalecendo o cumprimento de leis ambientais. No interior das lavanderias industriais, dentro do arranjo físico, por exemplo, os jeans passa por diferentes etapas no processo e têm início com a peça confeccionada, porém crua, pronta para iniciar o processo de tingimento (AMARAL et al., 2015). Tal processo envolve uma gama significativa de operações como: estamparia, alveamento, tingimento, dentre outros (SANTOS, 2010).

2.2 Corantes têxteis

Segundo Buss et al. (2015), os corantes conferem grande importância no processo de acabamento dos tecidos, inclusive nas lavanderias acopladas as atividades produtivas. Fletcher e Grose (2011) definem que as cores do vestuário possuem uma importância fundamental para as tendências de moda, por serem facilmente mutáveis a cada estação. As cores devem, portanto, atender a lógica de mercado: serem reprodutíveis; atingirem tonalidades variadas, dependendo da tendência vigente; e possuírem solidez.

A presença de corantes dissolvidos é bastante visível e problemática, considerando sua recalcitrância e cinética de degradação lenta (PIZATO et. al, 2017). Conforme Leon (2012) os corantes são classificados: corante a tina (VAT DIES), corantes reativos, corantes dispersos ou plastosolúveis, corantes diretos, corantes ácidos, corantes aniônicos, corantes catiônicos (básicos modificados), corantes ao enxofre e corantes naturais. Tanto os corantes têxteis e os resíduos encontrados nas lavanderias, agride cada vez mais o meio ambiente. Segundo Ribeiro, Albuquerque Júnior e Alencar (2017), apesar do Lodo têxtil, cinzas, resíduos de fragmentos de argila e fiapos terem um destino ambientalmente correto, e do óleo lubrificante residual estar sendo reutilizado de modo incorreto, outros resíduos classificados como perigosos (Classe I), como EPI's e câmaras de ar contaminados com resíduo de $KMnO_4$, embalagens de óleo lubrificante, lâmpadas fluorescentes, rolamentos contaminados ou não, têm sido encaminhados para o lixão do município sem nenhum tratamento prévio.

2.3 Tratamento de efluentes

A contaminação do meio ambiente teve seu auge na revolução industrial, sendo resultado da produção. Os problemas ambientais surgem a partir do uso da natureza para fins lucrativos e benefícios privados, pois a mesma não consegue se regenerar sozinha do dano causado pela atividade humana (BORBA et al., 2018). Para Santos et. al. (2017), a contaminação por despejos de efluentes industriais têxteis tem sido uma preocupação emergente de pesquisadores e de ambientalistas, pois esses apresentam composição extremamente heterogênea e grande quantidade de material tóxico e recalcitrante, o que dificulta seu tratamento.

Conforme Medeiros, Costa e Junkes (2019), o tratamento de água é um dos serviços oferecidos pelas companhias de saneamento, presente em todos os estados brasileiros, proporciona água potável de boa qualidade dentro dos padrões estabelecidos por legislação à população. Se não planejado e gerenciado corretamente, este serviço ocasiona risco de impacto ao meio ambiente, por gerar resíduo sólido com relevante concentração de produtos químicos, denominado de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA). Dentre os poluentes ambientais estão os efluentes industriais que quando despejados nos recursos hídricos, causam danos ao meio, podem atingir a saúde humana, contaminar espécies ou alterar vegetações (RIBEIRO; BEGNINI; 2014). Conforme Silva et al. (2016), muitas técnicas são utilizadas na remoção de corantes de efluentes tais como: floculação, coagulação, precipitação, adsorção, filtração por membranas, técnicas eletroquímicas, ozonização e descoloração fúngica.

Segundo Júnior et. al., (2017), a técnica de eletrofloculação demonstrou remoção no corante. Além disso, a remoção depende da interação do pH e da temperatura do efluente. Paulino, Araújo e

Salgado (2015) verificaram que oxidação avançada de corantes básicos via reação Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$), remove aparentemente no processo, além de ser uma técnica de elevado custo. A análise de Demanda Química de Oxigênio (DQO) demonstrou que a redução do teor de matéria não acompanhou o mesmo nível de eficiência de remoção de cor, sugerindo a formação de produtos reacionais resistentes ao ataque dos radicais hidroxila. Honorato et. al. (2015) afirmam que os testes de adsorção do corante azul de metileno utilizando, como material adsorvente, os resíduos agroindustriais como a palha de milho e a bainha do palmito pupunha, ambos in natura tiveram boa remoção no corante em estudo.

Castro et. al., (2015) afirmam que os processos de solidificação/estabilização podem ser utilizados como forma de tratamento e de aproveitamento dos resíduos gerados nas estações de tratamento de efluentes têxteis, uma vez que os produtos obtidos a partir dessa técnica apresentaram características físicas, mecânicas e toxicológicas em acordo com a legislação vigente. As técnicas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, a remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos mostram-se deficientes (AL-DEGS et al., 2000). Já as indústrias que possuem as etapas de beneficiamento têxtil que são a estamparia e tinturaria, nesse caso a estação de tratamento, além da fase do tratamento físico-químico, em seguida ocorre o tratamento biológico pelo motivo que apenas o processo físico-químico não é suficiente para a remoção da matéria (BASTIAN, 2009).

3. METODOLOGIA

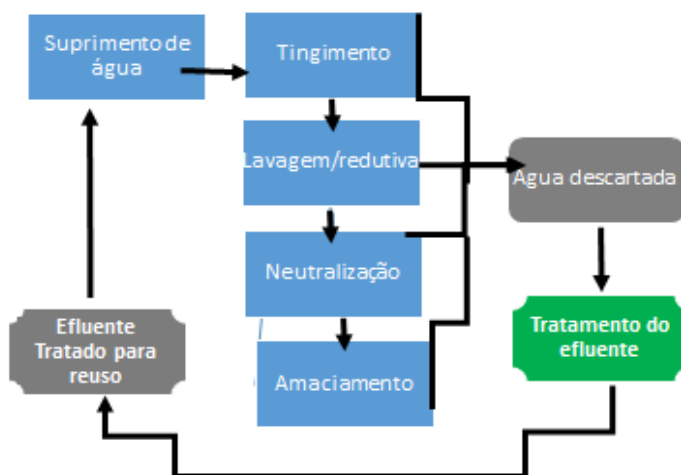
3.1 Local de estudo e informações da empresa

O estudo foi realizado em uma lavanderia industrial, localizada na cidade de Olinda – PE. A empresa atua há 22 anos no mercado de lavagem e de tingimento de roupas, contendo quatro funcionários, e operando nos turnos da manhã e da tarde.

3.2 Processo de tingimento

Segundo Buss et al, (2015), o ramo de lavagem e de tingimento de roupas é responsável por uma parcela significativa no consumo de água no meio urbano, no entanto são poucas as empresas que se preocupam em lançar seus efluentes, que apresentam uma diversidade de produtos empregados no processo de lavagem, como tensoativos, amaciantes, alvejantes, tinturas, fibras de tecidos, dentro de um padrão de qualidade estabelecido pelos órgãos ambientais. As poucas que o fazem, limitam-se a processos simplificados de tratamento. Visando o processo da empresa em estudo, foi proposto o seguinte modelo (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma do Processo



3.3 Procedimento experimental

Antes de escolher o processo de tratamento de efluente da lavanderia industrial, foram necessários a realização de testes laboratoriais utilizando amostras do efluente da empresa, na verificação da melhor remoção do corante. Foram realizados estudos de Coagulação/Flotação e processo de Adsorção.

3.3.1 Ensaio de Coagulação

Os experimentos de coagulação/floculação foram realizados em equipamento Jar-test (Figura 3) para seis amostras, com regulador de rotação, velocidade variável de 0 a 100 rpm, das hastes misturadoras, em temperatura ambiente (19 a 33° C); conforme metodologia de Silva et. al., (2019); tendo como variáveis de entrada a concentração de sulfato de alumínio e a velocidade de floculação (Vf), ou seja, a agitação lenta.

Figura 3. Imagem do equipamento Jar-test para o ensaio de coagulação.



Verifica-se na Figura 3, a realização do teste laboratorial para verificação e adequação do melhor processo de remoção do corante. O processo de Coagulação/Floculação consistiu na adição de diferentes dosagens de coagulantes em béqueres de prova contendo 500 mL do efluente têxtil da lavadeira industrial. Quando se realizou o ensaio, foram colocados até dois litros de efluente em cada jarro, ou becker, os quais foram dosados com diferentes quantidades de coagulante, em seguida foi colocado 5g (do sulfato de alumínio), dentro do efluente, ao imediato é reparado que começa a floculação das partículas coloidais, simultaneamente, sob agitação máxima (100 rpm), por cerca de um minuto, depois reduzindo para 50 rpm por 30 min e aguardou 30 min para verificação dos parâmetros.

3.3.2 Ensaio de Adsorção

Utilizou 50 mL do efluente, mais 0,1 g do adsorvente, operando à temperatura ambiente ($\pm 30^\circ$ C), velocidade de 300 rpm à pressão atmosférica e realizadas as leituras da concentração do corante em espectrofotômetro FEMTO-435 no comprimento de onda de 600 nm. O pH foi verificado no início e no final de cada análise.

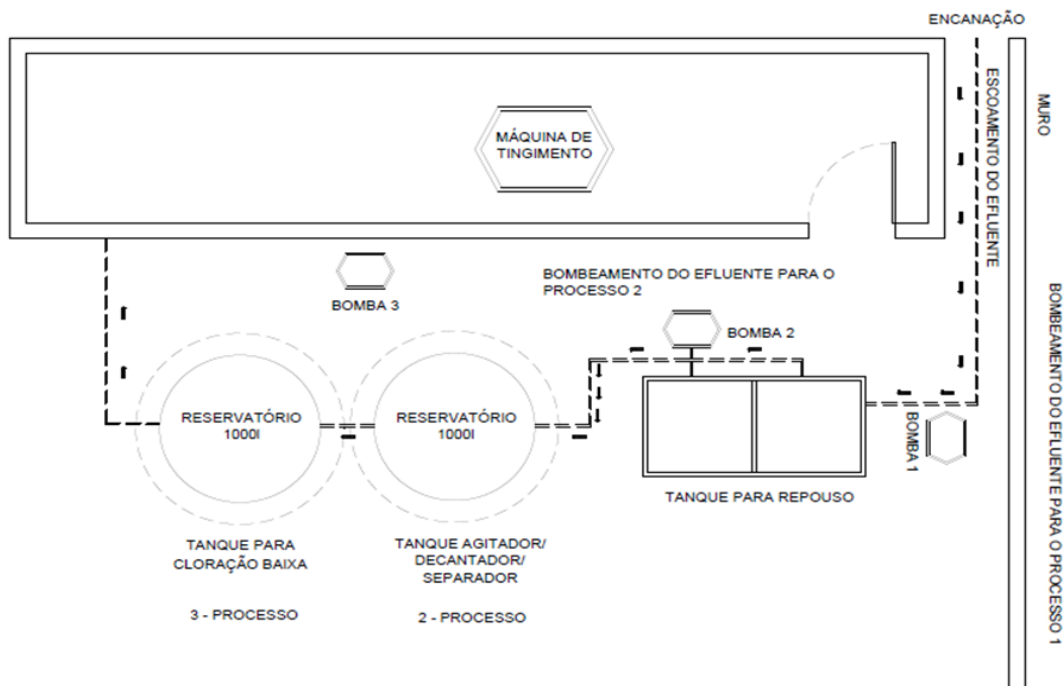
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Proposta para o tratamento do efluente

Todas as etapas propostas, foram testadas em laboratório e ajustada para escala real, visto que já havia funcionamento da lavanderia; porém sem nenhum destino ao efluente e conseqüentemente seus resíduos. Toda a proposta foi realizada em laboratório e adaptada a escala real. Foi reaproveitado os dois tanques no subsolo, um para retenção da água quente vinda após o processo de

tingimento e o segundo para o processo de repouso; o resfriamento ocorrerá no período de 12 h. Em seguida, para terceiro tanque, do qual será realizado o primeiro tratamento químico floculação e coagulação (Figura 4).

Figura 4. Proposta da planta baixa da Estação de Tratamento de Efluentes.



Conforme os testes de Coagulação/Flotação, o efluente recebe o adsorvente (sulfato de alumínio) para o processo no período de 30 min. Foi misturado por um min com velocidade de 200 rpm. Depois, modificado a rotação para 50 rpm durante 30 min. Desligou-se o aparelho e aguardou 30 min. O precipitado que ficou retido no tanque três foi retirado através da válvula inferior e acondicionado em recipiente de volume útil de 10 L, seguindo para uma empresa de descarte de resíduos sólidos. Depois, a parte líquida tratada passou para o último tanque de cloração. Após a finalização do processo, foi realizado medições de pH e estudos macroscópicos, com relação a cor e a turbidez do efluente tratado.

Devido ao acelerado crescimento urbano, é necessária uma logística na destinação dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), em especial o lodo produzido. Mesmo que este represente apenas uma parcela diante de todos os outros resíduos das ETE, seu volume precisa ser constantemente retirado, em consequência do espaço que ocupa (SILVA; BONFIM; SILVA; 2017).

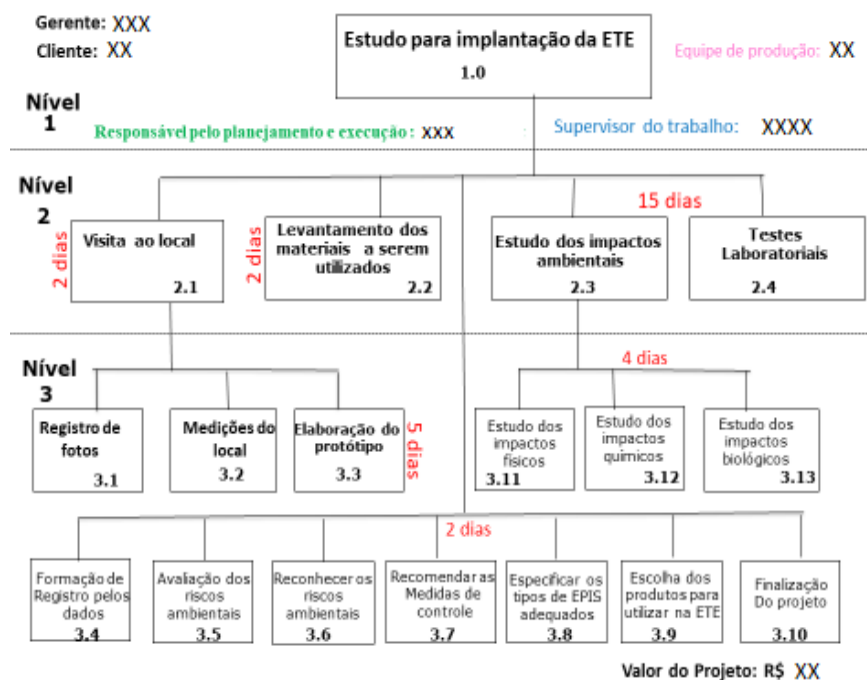
4.2 Proposta de gerenciamento do projeto

A preocupação com o tratamento e a destinação final dos resíduos tem sido uma questão importante no ambiente industrial brasileiro. É importante que o projeto esteja atrelado as normas para segurança de saúde pública e ambiental para que sejam cumpridas. Dessa forma, foi necessário realizar um gerenciamento de projetos, este consiste na utilização de habilidades, ferramentas e técnicas aliadas à experiência com o intuito de atingir um objetivo específico, no caso a ETE de forma detalhada (Figura 5).

O conjunto das atividades que caracterizam a sequência de desenvolvimento do projeto, foram organizadas em fases e etapas, definidas pelo tempo e com os respectivos envolvidos. O gerenciamento do projeto foi executado ao longo de cada fase. As vantagens trazidas pela gestão de projetos precisam atender a todos os envolvidos no processo: o gerente, o responsável pelo

planejamento, execução e supervisão do trabalho, a equipe de produção e o cliente, que aguarda ansiosamente pelo projeto entregue dentro do prazo, bem como os custos previstos mais todas as entregas desejadas.

Figura 5 – Gerenciamento do projeto.



No presente projeto, foi estimado 30 dias para entrega da proposta da ETE, porém a entrega foi realizada antes do previsto com 15 dias. A preocupação com o tratamento e a destinação final dos resíduos tem sido uma questão importante no ambiente industrial brasileiro. É importante que o projeto esteja atrelado as normas para segurança de saúde pública e ambiental para que sejam cumpridas. Dessa forma, foi proposto um gerenciamento de resíduos sólidos (Quadro 1).

Quadro 1. Gerenciamento de Resíduos sólidos para lavanderia em estudo.

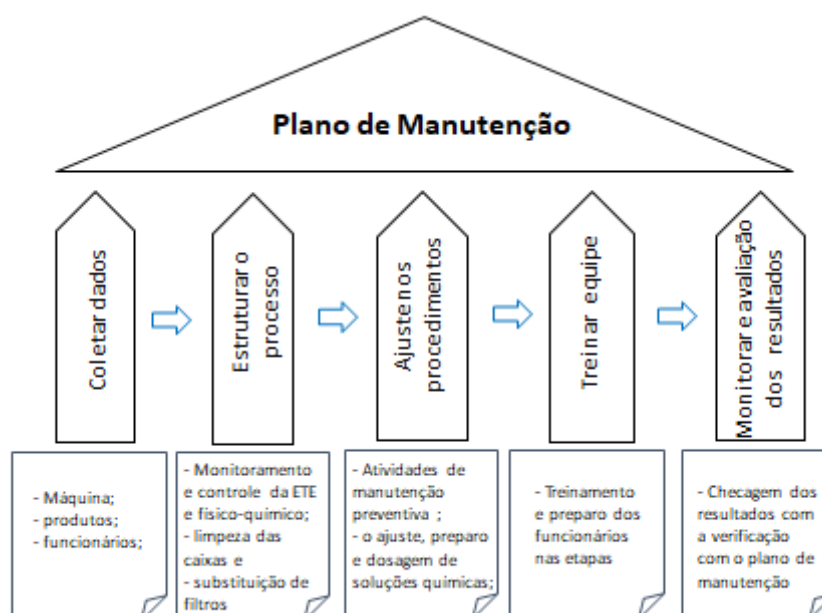
Sector	Ação
Empresa/Tinturaria	Levantamento da condição existente.
Empresa/Tinturaria	Estabelecer os princípios básicos da minimização da geração de resíduos da empresa total.
Resíduos Sólidos	Identificar e descrever as ações relativas ao seu manejo adequado dos resíduos sólidos.
Resíduos Sólidos	Consideração dos aspectos referentes a todas os setores da Tinturaria (Identificação e classificação dos tipos de resíduos sólidos).
Resíduos Sólidos	Definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador.
Empresa/Tinturaria	Estudo da produção diária de Resíduos Sólidos desta Unidade Geradora
Empresa/Tinturaria	Explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos.
Resíduos sólidos	Identificação dos padrões de cores dos contenedores, estabelecidos pela Resolução CONANA nº 275/01.
Resíduos sólidos	Treinamento e orientação ao procedimento que deverá ser adotado para a efetivação do processo de coleta seletiva.
Empresa e Terceirizado (s)	Sugestões das empresas coletoras para transporte e destinação final dos resíduos industriais.
Empresa/Tinturaria	Ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentadas.

Contratada	Elaboração dos desenhos necessários e Emissão da ART – CREA.
------------	--

Conforme Rodrigues; Hernkes (2018), faz-se necessário a aplicação do gerenciamento ambiental nas indústrias têxteis, pois elas geram um volume significativo de resíduos sólidos, muitas vezes contaminados por elementos tóxicos e produtos químicos. Torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de resíduos que proporcionem adequação ao trato, forma de manejo, transporte e destino final. Trevizani et. al. (2019), realizaram um planejamento de gerenciamento do processo em estudo, através de um Fluxograma da ETE da indústria de tinturaria e os pontos de coleta do efluente para melhor verificação, monitoramento de cada etapa com estudo cinético e excelente remoção do corante.

A elaboração de planos de manutenção baseados em análises quantitativas é essencial para a compreensão do tipo e do intervalo de manutenção mais adequado ao comportamento da taxa de falhas de cada equipamento. Assim, é possível definir a melhor estratégia de manutenção para cada equipamento, evitando a aplicação de atividades de manutenção desnecessárias ou ineficazes e agregando atividades que efetivamente contribuem para o aumento da disponibilidade dos equipamentos e redução de custos da empresa (MENDES e Ribeiro, 2014). Diante disso, foi realizado uma proposta de manutenção industrial (Figura 6), inspirado nos conceitos de manutenção autônoma e no programa 5S. O Programa 5S normalmente é implementado como um plano estratégico com objetivo de melhorias rumo à qualidade total.

Figura 6. Proposta de Manutenção na ETE



5. CONCLUSÕES

A empresa funcionava a mais de 20 anos. No desenvolvimento da proposta do gerenciamento do projeto da ETE, foi detectado que a empresa não possuía licença prévia, licença de instalação, licença de operação, Atestado de regularidade do Corpo de Bombeiros ou protocolo de solicitação e Alvará ou carta de anuência da prefeitura. Diante disso, foi oferecido uma proposta de gerenciamento de resíduos sólidos, para dar continuidade de inspeção da Estação de Tratamento, monitoramento da qualidade da água de reuso para não interferir no processo de tingimento e uma consultoria com objetivo na regulamentação da empresa para seu funcionamento.

Durante o estudo do processo de tingimento, nos testes laboratoriais, foi verificado que o tratamento que se adequou na remoção da cor foi o de Coagulação e Flotação utilizando o sulfato de alumínio, todos previamente testados experimentalmente. Ainda foi proposto que a ETE, fosse instalada na área fria (nas linhas de canos), nessa área seria instalado os tanques, e a água de reuso, que seria direcionado para a máquina de tingimento. Quanto ao destino dos resíduos sólidos, em específico o precipitado obtido através dos efluentes, recomendou-se uma empresa para a coleta do rejeito. Vale salientar, que o resíduo pode ser recuperado para retorno do processo; porém é necessário verificar a viabilidade financeira.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

AL-DEGS, Y.; KHRAISHEH, M. A. M.; ALLEN, S. J.; AHMAD, M. N.; Water Res. 2000, 34, 927.

AMARAL, L.; CEZIMBRA, G.; RODRIGUES, E. F.; DELIBERADOR, L. R.; TSUJI, E. R.; MAGARIAN, L. C.; FORMIGONI, A. O papel do arranjo físico e da gestão de informações como ferramenta para melhoria da competitividade e desempenho dos processos de uma lavanderia industrial. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 48-63, 2015.

ABIT. Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. **Agenda de Prioridades Têxtil e Confecção – 2015/2018**. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/publicacoes/agenda_site.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2018.

AZEVEDO, F. G. **Estudo da biossorção de Pb²⁺ e Cu²⁺ com leveduras e casca de camarão**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

BASTIAN, E.Y.O. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. São Paulo: CETESB – SINDITEXTIL, 2009.

BEGNINI, B.; RIBEIRO, H. Plano para redução de carga poluidora em indústria de laticínios. **Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar**, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2014.

BORDA, J.; LESTE, A.N.; XAVIER, E. G.; SILVA, F. B.; MELO, A. M. Tratamento de efluentes industriais através da utilização de plantas na despoluição da água, associado à decantação e Filtração lenta. **Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 132-137, 2018.

BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. S. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de 85 tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

CARVALHO, B. A. **Ecologia aplicada ao saneamento ambiental**. Rio de Janeiro: ABES; 1980.

CARVALHO, M. R.; CARMO, S. K. S.; PINTO FILHO, J. L. O.; ALMEIDA, A. C. Diagnóstico da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos das lanchonetes do município de Pau dos Ferros – RN. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2018. p. 253-265.

CASTRO, T. M.; TAVARES, C. R. G.; LISOT, A.; KAMINATA, O. T. Caracterização de blocos cerâmicos acústicos produzidos com incorporação de lodo de lavanderia têxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 47-54, 2015 .

DIAS, M. C. Inovação, aprendizagem e cooperação na cadeia de suprimento têxtil da região de Americana/SP. **Gestão & Regionalidade**, v. 34, n. 100, p. 127-144, 2018.

FLETCHER, K.; GROSE, L. **Moda e sustentabilidade: design para mudanças**. São Paulo: SENAC, 2011.

FONSECA, A. C. D. N.; FORTUNATO, C. F.; FONSECA, A. C. N.; HOLANDA, R. M.; Resíduos da Construção Civil; aspectos da legislação ambiental e destinação final. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2019. p. 32-41.

HONORATO, A. C.; MACHADO, J. M.; CELANTE, G.; BORGES, W. G. P.; DRAGUNSKI, D. C.; CAETANO, J. Biossorção de azul de metileno utilizando resíduos agroindustriais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 705-710, 2015.

IEMI. Instituto Brasileiro de Estudo e Marketing industrial. **Anuário Brasil Têxtil 2009**. São Paulo: IEMI, 2009.

JUSTINO, N. M.; BATTISTELLI, A. A.; LAPOLLI, F. R.; LOBO-RECIO, M. Á.; SOUZA, K. V.; NAGEL-HASSEMER, M. E. Degradação sazonal de efluentes têxteis por processo foto-Fenton solar mediado por ferrioxalato: descoloração e comportamento dos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 33-43, 2019

JÚNIOR, J. C. P.; ALBUQUERQUE, L. S.; DELFINO, N. M.; MUNIZ, E. P. M.; ROCHA, S. M. S.; PORTO, P. S. S. Tratamento de Efluente sintético de corante azul de metileno por eletrofloculação. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 3, n. 3, p. 105-113, 2017.

LORENA, E. M. G.; ALBUQUERQUE JÚNIOR, E. C.; ALENCAR, B. S. Análise da Gestão Ambiental das lavanderias Têxteis de Caruaru – PE. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2017. p. 199-212.

MARTINS FILHO, J. B.; CUNHA, A. J. S.; PIRES, I. C. G.; FERRÃO, G.; E. Compostagem de resíduos orgânicos nos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2019. p. 42-53.

MEDEIROS, U. T. G. M.; COSTA, A. T.; JUNKES, J. A. Propostas de destinação final de lodo proveniente de Estação de Tratamento de água. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2019. p. 276-285.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Production**, v. 24, n. 3, p. 675-686, 2014.

MILNITZ, D.; LUNA, M. M. M. Caracterização da indústria têxtil e de confecções do estado de Santa Catarina: principais elos, parceiros e produtos comercializados. **Revista da UNIFEPE**, v. 1, n. 22, p. 166-182, 2017.

PAULINO, T. R. S.; ARAÚJO, R. S.; SALGADO, B. C. B. Estudo de oxidação avançada de corantes básicos via reação Fenton (Fe²⁺/H₂O₂). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 347-352, 2015 .

PIZATO, E.; LOPES, A. C.; ROCHA, R. D. C.; BARBOSA, A. M.; CUNHA, M. A. A. Caracterização de efluente têxtil e avaliação da capacidade de remoção de cor utilizando o fungo *Lasiodiplodia theobromae* MMPI. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 1027-1035, 2017.

SANTOS, S. **Impacto ambiental causado pela indústria têxtil**. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6410.PDF>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SANTOS, E. M. A.; NASCIMENTO, A. T. P.; PAULINO, T. R. S.; BARROSO, B. C. S.; AGUIAR, C. R. Reator anaeróbico tipo UASB conjugado com processo Fenton para remoção de cor e demanda química de oxigênio de água residuária sintética de indústria têxtil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 285-292, 2017 .

SANTOS, V. L. V. F.; BARCELLOS, I. O.; PICCOLI, H. H. Pré-alvejamento de materiais têxteis com ozônio e avaliação de suas propriedades de superfície, físicas e tintoriais. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2017 .

SILVA, L. D.; DANTAS, P. R.; PEREIRA NETO, L. M.; ARRUDA, V. C. M.; TAVARES, R. G.; SILVA, V. P. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista Geama**, v. 5, n. 1, p. 36-40, 2019.

SILVA, K. M. D.; REZENDE, L. C. S. H.; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, R.; GONÇALVES, D. S. Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. **Engevista**, v. 15, n. 1, p. 43-50, 2013.

SILVA, L. M.; SILVA, N. M.; SILVA, U. A.; R.; SOUZA, A. O. Remoção de corante catiônico em meio aquoso usando resíduo da agroindústria de alimentos como adsorvente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 37., 2015, São Carlos. *Anais...* São Carlos: ENEMP, 2015. p. 1-7.

SILVA, M. L. S.; CONCEIÇÃO, I. L.; FRANÇA, W. A. A Importância da manutenção em motores diesel. **Exatas & Engenharia**, v. 3, n. 07, p. 54-61, 2014.

SILVIA, T. V. B.; BONFIM, H. T. C.; SILVIA, A. M. G. C. Avaliação de Tijolo Ecológico Composto por Lodo de ETE. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 402-212.

SILVA, R. I. F. M.; SALVADOR, M. M. S.; DOS SANTOS, F. E. P.; FERREIRA, F. G.; SOBRINHO, M. A. M.; AZEVEDO, F. G.; Tratamento de Efluentes na remoção de corantes utilizando biomassas. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2018.

SILVA, R. P.; VILA NOVA, S. P.; SOUZA, S. R.; FREITAS, K. C. S. Reutilização das latas de alumínio no tratamento de efluentes têxteis por eletrocoagulação espontânea. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 220-229.

SOUZA, P. C.; PEREIRA, N. C.; GONÇALVES, M. S.; FILHO, N. C.; RODRIGUES, P. H.; JAMARIM, V. M.; Estudo do Tratamento de efluente têxtil através de processos de coagulação/floculação e eletrocoagulação. **E-xacta**, v. 9, n. 2, p. 123-132, 2016.

TREVIZANI, J. L. B.; CARVALHO, K. Q.; PASSIG, F. H.; SCHIAVON, G. J.; PEREIRA, I. C.; SILVA-MEDEIROS, F. V. Determinação da cinética de ozonização de efluente têxtil na remoção de cor e matéria orgânica. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 24, n. 1, p. 1-13, 2019.

RIBEIRO, M. C. B.; PAZ, Y. M.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, V. D. Resíduos sólidos gerados em uma lavanderia de beneficiamento de jeans em Toritama – PE; Diagnóstico de destinação. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 225-237.

RODRIGUES, L. S.; HENKES, J. A. Gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria têxtil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 700-744, 2018.

3.4 PANORAMA ATUAL DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINÉRIO NO BRASIL

NORBERTO, Alison de Souza

Universidade Federal de Pernambuco
alison_norberto@hotmail.com

ALMEIDA, Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque

Universidade Federal de Pernambuco
aliceguilherme@hotmail.com

MEDEIROS, Rafaella de Moura

Universidade Federal de Pernambuco
rafaellamouraa1@gmail.com

MARIANO, Maria Odete Holanda

Universidade Federal de Pernambuco
odete.mariano@gmail.com

RESUMO

O Brasil vem caminhando para um processo de reestruturação dos regimentos referentes a barragens de contenção de rejeitos de mineração. O mecanismo que motivou a apresentação de diversas propostas do legislativo no início do ano de 2019, foi o rompimento da barragem de rejeito de minério da Vale em Brumadinho, Minas Gerais, o qual acarretou a morte de centenas de pessoas além de prejuízos ambientais, econômicos e sociais. A ruptura desta barragem pôs em discussão a eficiência das diretrizes de fiscalização e de gestão de risco associadas à execução e ao monitoramento destas estruturas. Diante desse panorama, a presente pesquisa realizou uma avaliação da situação das barragens de rejeito de mineração no Brasil no ano de 2019, analisando os riscos de rupturas e danos em potencial dessas estruturas. Os resultados constataram diversos casos de barragens com alto risco de ruptura e de provocar perdas socioambientais, tornando assim, suficientemente necessário o aprimoramento de leis, fiscalização e aplicação de punições mais rígidas as empresas responsáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Barragem de rejeito, Risco, Ruptura.

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da tecnologia e o crescimento econômico mundial nas últimas décadas, houve o aumento do consumo e da necessidade de produção de minério de ferro no Brasil, acarretando, como consequência em uma necessidade de novas áreas para a construção de obras civis para disposição final dos subprodutos gerados. Os resíduos providos em geral de atividades de mineração são particularmente preocupantes devido às grandes quantidades produzidas e à presença de elementos tóxicos (GUERRA et al., 2017). Para disposição destes resíduos são comumente utilizadas estruturas geotécnicas, as barragens, para o armazenamento destes materiais, uma vez que os mesmos apresentam um baixo valor comercial, além de possuírem uma alta concentração de metais pesados com alto poder de contaminação (SILVA, 2010). Essas barragens são projetadas para durar indefinidamente; no entanto, em recentes décadas, acidentes relacionados a grandes barragens de rejeitos causaram desastres, chamando a atenção do público para a segurança deste tipo de estrutura (SITHARAM e HEGDE, 2016). O rompimento de barragens de resíduos libera milhões de cúbicos metros de rejeitos de mineração para o meio ambiente (GOMES et al., 2017).

Segundo Hui et al. (2017) entre 1915 e 2016, ocorreram mais de 290 rupturas de barragens de rejeitos relatadas. Esses incidentes resultaram em pelo menos 1.934 mortes, custos significativos para os proprietários e impactos ao meio ambiente e economia global. O custo médio da maior destas catastróficas as falhas nas barragens de rejeitos são estimadas em mais de US\$ 500 milhões. Em paralelo tem-se a crescente preocupação ambiental na sociedade, pois o meio ambiente e sua preservação afetam de modo direto a qualidade de vida e a saúde humana (SOUZA et al., 2017). Os resíduos da atividade humana vêm se acumulando e degradando o ambiente natural, o que faz com que os recursos fiquem mais escassos e, conseqüentemente, mais caros (SÁ; NOVAES, 2015). É por esse motivo que o gerenciamento de resíduos sólidos e de rejeitos têm prioridade nas Políticas Públicas Ambientais no Brasil e no mundo (MORAIS, 2018). Países como a Espanha também vêm passando por processo de aumento na rigidez das diretrizes de barragens de rejeito de mineração, segundo Justo et al. (2019) isso ocorreu especialmente após o fracasso catastrófico da barragem de Los Frailes em Aznalcóllar (Sevilha).

Suscintamente, as barragens de mineração são estruturas construídas para abrigar os rejeitos dos processos de extração e de beneficiamento de minério (PEREIRA; CRUZ; GUIMARÃES, 2019). É de extrema necessidade que haja um gerenciamento adequado destes resíduos, uma vez que a maioria dos acidentes relacionados com barragens de rejeitos ocorrem devido a inadequações destes depósitos ou ausência de fiscalizações (DME, 1998). De acordo com Penman (1998) o dano decorrente de vazamentos ou rompimentos de barragens de rejeitos é muito maior quando comparado com barragens de água, uma vez que a água é capaz de alagar casas, enquanto que o rejeito, devido a sua densidade, tem a capacidade de empurrar e carregar junto com o fluxo qualquer construção que esteja na sua direção. Segundo Nery et al. (2014) a falta de áreas para eliminação de resíduos, particularmente devido à dificuldade em obter licenças ambientais são um dos principais problemas.

Devido a alta periculosidade deste material, é necessário diretrizes para a realização de todas as fases de projeto destas obras, desde a construção até a operação e fechamento destas barragens. Segundo Abrão (2012) as barragens de rejeitos, por acumularem além de resíduos uma grande quantidade de água, estão passíveis a transformações rápidas devido a movimentos desta água entre os poros, desta maneira é necessário que a gestão tenha consciência do risco e tenha como prioridade a segurança desta obra. Outro problema relacionado com a segurança destas obras está atrelado ao método construtivo utilizado. Atualmente no Brasil existem uma série de barragens projetadas pelo método a montante, que em alguns casos foram conduzidas sem uma adequada cautela, trazendo insegurança para a disposição destes rejeitos. Segundo Davies et al. (2002), este tipo de método construtivo tem como histórico uma série de rupturas que foram geradas devido a elevados níveis de

saturação, ocorrência de encostas muito íngremes, ausência de um controle adequado do nível de água do reservatório, obstrução de drenos bem como deficiência na execução e operação da obra.

Há ainda o destaque para o fato de que ocorrência de desastres afeta não apenas as vidas de determinados indivíduos, mas também as economias das regiões atingidas em função da devastação promovida (CASTRO; ALMEIDA, 2019). Como forma de verificar e contextualizar as barragens de rejeitos em situações de risco no país, este trabalho teve como finalidade realizar um panorama das barragens e avaliar quais das mesmas estão em potencial de ruptura.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Espósito (2000), rejeitos minerais são “resíduos resultantes de processos de beneficiamento a que são submetidos os minérios visando extrair os elementos de interesse econômico (produto final)”. Devido a sua constituição de frações líquidas e sólidas, com concentração de 30% a 50% em peso, estes minerais podem ter diferentes características a depender do mineral originado, bem como do seu processo de formação (ARAÚJO, 2006; SOUZA JUNIOR et al., 2018). Para destinação destes rejeitos uma obra geotécnica bastante aplicada são as barragens, que têm como característica a acumulação tanto de água como de subprodutos da mineração, conforme definição da Lei 12.334 (BRASIL, 2010). A NBR 13.028 (ABNT, 2017) é a norma técnica que rege as recomendações para elaboração de projetos de barragem de rejeitos e detém os requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de mineração, inclusive as barragens para disposição de rejeitos com a finalidade de atender às condições de segurança, de operacionalidade e de desativação, visando a minimização dos impactos ao meio ambiente.

2.1 Métodos construtivos das barragens de rejeitos

Em relação aos métodos construtivos que podem ser aplicados para a construção de barragens existem três que são aplicados em grande escala: Método de Montante, Método de Linha de Centro e Método de Jusante. Quanto aos métodos, existem algumas vantagens e desvantagens para a sua utilização. Segundo Soares (2010), o Método a Montante tem como característica ser um método de menor custo quando comparado com os outros e ainda possui uma maior velocidade de alteamento. O Método a Jusante apresenta-se como o método mais seguro, enquanto que o de Linha de Centro tem uma variação do volume de *underflow*. Em contrapartida estes métodos apresentam algumas desvantagens que são: maior instabilidade e apresenta predominância de rupturas (ALSHAREDHAH, 2015), maior custo devido ao volume de aterro e do dique de deslocamento do aterro de jusante, e maior tempo e quantidade de compactação quando comparado com os outros métodos, para os métodos a Montante, Jusante e Linha de Centro, respectivamente. Ao escolher o método a aplicar o projetista deve avaliar todos os prós e os contras de cada método e aplicar o mais adequando em relação a questões técnicas, econômicas, ambientais e sociais.

2.2 Instrumentação e monitoramento de barragens de rejeito

Como forma de garantir a segurança das barragens, é necessário que haja em campo instrumentos para monitoramento e verificação da probabilidade de colapso e instabilidade destas construções. De acordo com Gaioto (2003) esta instrumentação é aplicada com o intuito de fornecer informações acerca das fundações e do corpo da barragem, tendo fundamental importância em todas as fases, desde a construção a operação e pós fechamento. No mercado existem uma série de instrumentos com diferentes finalidades, por exemplo, piezômetros, placas de recalque, marcos de deslocamentos superficial e medidores de vazão. Vale salientar que além do monitoramento constante é necessária uma manutenção periódica dos instrumentos aplicados (Quadro 1).

Quadro 1. Manutenção dos instrumentos (Barragem de aterro).

Marcos topográficos e de referência	Limpeza da vegetação em torno do equipamento.
	Pintura e identificação periódica.

Placas de recalque e inclinômetros	Verificação do estado de conservação das tampas após cada leitura.
Piezômetros de tubo aberto	Pintura e identificação periódica da cabeça exterior.
Piezômetros pneumáticos e elétricos, e células de pressão total	Ações de conservação das estruturas das centrais de leitura (drenagem, desumidificação, pinturas), e do acesso.
	Verificação ou identificação dos cabos ou tubos.
Medidores de vazão	Limpeza de sedimentos e de vegetação.
	Identificação e pintura.

Fonte: Adaptado de ANA (2016).

2.3 Política nacional de segurança de barragens

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.

A Lei criada em 2010 possui 5 capítulos e 23 artigos, com destaque para os artigos 7 e 8 que tratam da classificação e dos aspectos de segurança de barragens, respectivamente. O Artigo 7º trata de como as barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo realiza-se em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo tem-se em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem. O Artigo 8º trata do Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações:

I - identificação do empreendedor; II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem; III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem; IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem; V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem; VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem; VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido; VIII - relatórios das inspeções de segurança; IX - revisões periódicas de segurança. § 1º A periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos planos de segurança deverão ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador. § 2º As exigências indicadas nas inspeções periódicas de segurança da barragem deverão ser contempladas nas atualizações do Plano de Segurança (BRASIL, 2010).

3. METODOLOGIA

A presente metodologia se fundamentou-se inicialmente na coleta dos dados divulgados pela Agência Nacional de Mineração – ANM (2019) a respeito das barragens de rejeitos de minério no Brasil. Os dados estão disponíveis no site da ANM (2019), as informações foram organizadas no *software* Excel, buscando tornar a análise mais simplista, os dados foram divididos por região do país: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Inicialmente foram utilizados os dados das

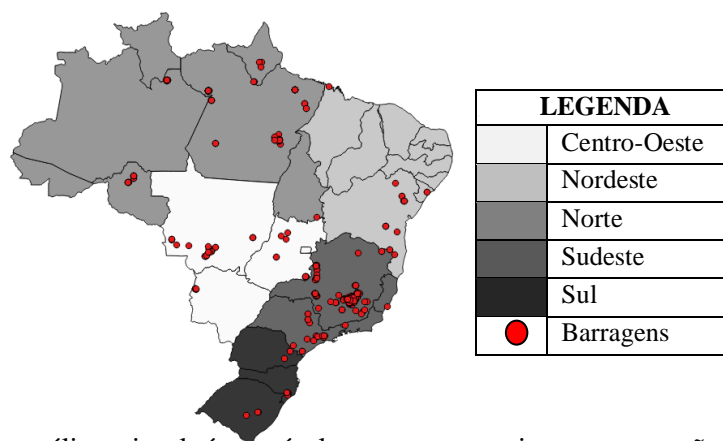
localizações geográficas das barragens para compilação das análises o *software* de geoprocessamento QGIS, sendo possível realizar a criação de um mapa com disposição das barragens pelas regiões do Brasil, a fim de obter uma visualização de onde concentra-se a maior densidade de barragens de rejeito de mineração no país.

A etapa seguinte do procedimento metodológico consistiu em analisar os dados que foram separados por região. Os itens utilizados nas análises foram: número de barragens, número de barragens inseridas no PNSB, classe da barragem, categoria de risco e dano potencial associado a ruptura. Por fim, os dados foram trabalhados no *software* Excel para a formulação de gráficos e de tabelas resumos das situações avaliadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente é apresentado o resultado da compilação dos dados geográficos com a localização das barragens de rejeito de mineração no Brasil (Figura 1).

Figura 1. Mapa da disposição das barragens de rejeito no Brasil desenvolvido por meio de dados ANM (2019).



A partir de uma análise visual é possível notar uma maior concentração no número de barragens de rejeito na região Sudeste do Brasil, com destaque para o estado de Minas Gerais, estado ao qual ocorreu os últimos casos de rupturas de barragens de rejeito no Brasil: Brumadinho, 2019, e Mariana, 2015. Anterior a esses eventos, Tonidandel (2009) já destacava o desenvolvimento e o crescimento do número de barragens de rejeito no estado de Minas Gerais e questionava sobre as diretrizes de gestão das mesmas.

A concentração do número de barragens de rejeito na região Sudeste fica mais nítida quando analisados os dados numéricos dessas informações (Tabela 1), sendo possível verificar que a região Sudeste detem mais da metade do número total de barragem de rejeito de mineração do Brasil, com 55,34%, na sequência vem as regiões Norte com 21,35%, Centro-Oeste com 13,06%, Nordeste com 7,58% e, por último, a região Sul com 2,67% do percentual total de barragens. No comparativo com o ano de 2018, segundo dados ANM (2019), o número total de barragens em 2018 era de 789, em 2019 esse número reduziu 712, uma redução de cerca de 9,8% em um ano.

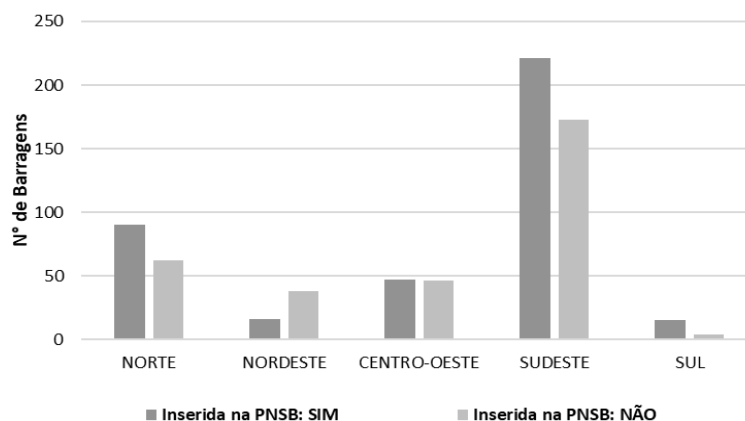
Tabela 1. Número de barragens de rejeito de minério por região do Brasil em 2019.

REGIÃO	Número de Barragens por Região	Percentual de Barragens por Região
NORTE	152	21,35%
NORDESTE	54	7,58%
CENTRO-OESTE	93	13,06%
SUDESTE	394	55,34%
SUL	19	2,67%

Fonte: ANM (2019).

Do total de barragens no Brasil, ainda existe um número grande de barragens que não estão registradas na PNSB, abaixo estão apresentados os dados por região das barragens que estão e as que não estão inscritas na PNSB (Figura 2).

Figura 2. Gráfico da distribuição das barragens inseridas no cadastro do PNSB em 2019 por região do Brasil.

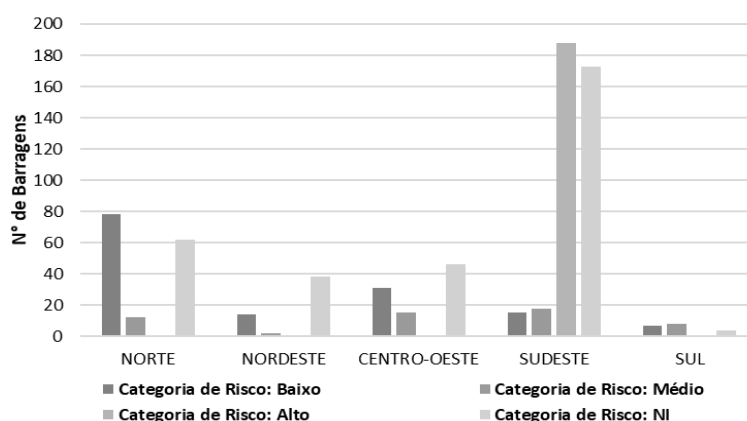


Fonte: ANM (2019).

A região Sudeste possui o maior número de barragens não inseridas no PNSB, com um número de 173, seguida da região Norte com 62, Centro-Oeste 46, Nordeste 38 e Sul com 4. Quando analisado o percentual de barragens não inseridas na PNSB no quantitativo da região, o Nordeste apresenta um maior percentual de barragens não inseridas com cerca de 70,37%, logo na sequência vem a região Centro-Oeste com um percentual de 49,46%, Sudeste com 43,91%, Norte com 40,79% e região Sul com 21,05%.

Vale ressaltar que as barragens inseridas no PNSB são aquelas as quais o governo detém informações dos níveis de risco de ruptura, além de características de gestão e de controle das barragens, tais informações são fundamentais para o governo definir diretrizes e metas emergenciais. Segundo Castro et al. (2018) o Plano de Segurança da Barragem é um instrumento da PNSB e deve ser de implantação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança da barragem. Dos dados da ANM (2019) têm-se os quantitativos de barragens de rejeito e seus correspondentes níveis de risco de ruptura por região (Figura 3).

Figura 3. Distribuição das barragens por região categorizadas por níveis de risco de ruptura.

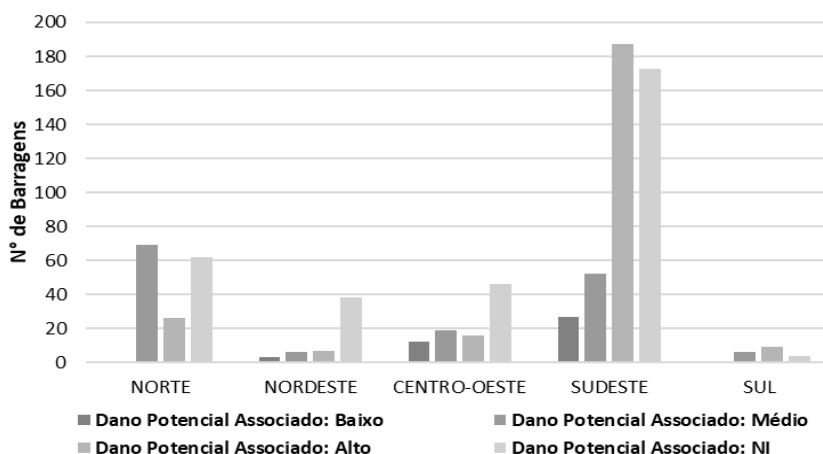


Fonte: ANM (2019).

Para as análises de risco de ruptura, destaca-se o grande número de barragens com alto risco de ruptura na região Sudeste do país, com um número de 188 barragens, nas demais regiões a categoria de risco alto praticamente não existe, excluindo é claro as barragens que não estão incluídas no PNSB, e assim não possuem classificação. Nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste a maioria das barragens estão categorizadas como de baixo risco, já na região Sul não existe uma discrepância acentuada como as demais regiões, pois sete barragens estão classificadas como de baixo risco e oito como de risco médio. Segundo Melo & Fusaro (2015) o risco, propriamente dito como probabilidade de falha pela consequência, não é explicitado na lei da política de segurança ou resolução da classificação, necessitando mais clareza na exposição desse conceito.

Associado ao risco de ruptura, têm-se o possível dano vinculado a possibilidade de rompimento em que de acordo com o dano potencial associado a ruptura para os níveis: Baixo, Médio, Alto e Não Informado, para as cinco regiões do Brasil (Figura 4). Quanto a análise do dano potencial associado, verificou-se que é também na região Sudeste que está o maior número regiões que podem ser prejudicadas pela ruptura de barragens de rejeito de mineração, tendo um total de 187 barragens com alto potencial de dano as regiões no entorno do empreendimento. Na sequência das regiões com maiores números de barragens com alto dano associado vem o Norte, com número de 26 barragens, seguidas por Centro-Oeste com 16, Sul com nove e por último o Nordeste com sete.

Figura 4. Relação do dano potencial associado a ruptura de barragem de rejeito por região do Brasil.

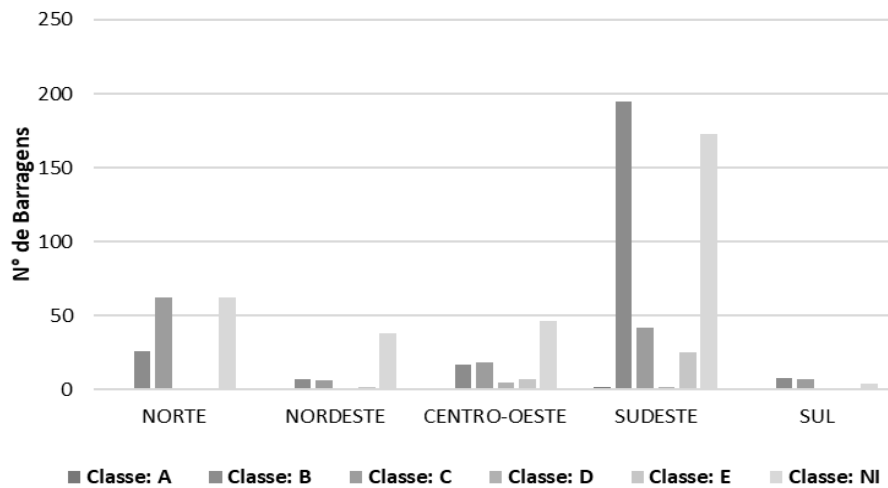


Para Baima et al. (2016) a classificação por dano potencial associado é os mais importante dos instrumentos da PNSB, já que é um dosador das medidas e procedimentos de monitoramento a serem adotados, de forma a tornar mais seguras as barragens, determinando a periodicidade e o conteúdo mínimo das inspeções regulares e especiais, da revisão periódica de segurança, e a obrigatoriedade ou não de elaboração do plano de ação de emergência (PAE) da barragem.

Como últimos dados analisados nesta pesquisa, são apresentados a disposição das classes de barragens de rejeito de mineração na distribuição regional brasileira, tais classes são classificadas em: A, B, C, D, E e NI (não informado) (Figura 5). As classes de barragens estão diretamente ligadas aos critérios de risco e dano potencial, o nível de risco e dano são maiores para a classe A e menores para a Classe E. Sendo assim, é possível constatar que no geral as barragens em sua maioria estão classificadas como classe B.

Os impactos causados pela ruptura das barragens de rejeitos indicam a grande necessidade de maior vigilância e monitoramento de barragens; Morgenstern et al. (2016) apontam várias falhas na construção mecanismos da barragem de Fundão à medida que aumentava em volume, seu fracasso. Estima-se que existam aproximadamente 126 rejeitos represas no Brasil que podem apresentar problemas estruturais, evidenciando necessidade de estratégias de gestão eficazes em operações de mineração em grande escala (GARCIA et al., 2017).

Figura 5. Disposição das classes de barragens por região, cadastradas no PNSB no ano de 2019.



5. CONCLUSÕES

A atual situação das barragens de rejeito de mineração é bastante grave, com um total de 199 barragens com alto risco de ruptura e 55 com risco de categoria média, tal fato acende um sinal alerta no poder público para dar resposta a sociedade civil. Outro aspecto importante está no fato destas barragens estarem localizadas próximas de zonas habitadas, sendo que o número de barragens com dano potencialmente alto associado de 245 barragens no total.

E neste cenário diversas diretrizes estão no foco de discussão das causas principais deste panorama problemático, tais como: metodologia de construção utilizada, os mecanismos de fiscalização, gerenciamento e baixa rigidez nas punições para com as mineradoras. Todavia a sociedade demanda com urgência de uma resposta rápida do poder público, para assim reduzir os riscos e evitar que novas tragédias como as ocorridas em Brumadinho e Mariana não voltem a ocorrer.

De forma geral, os resultados obtidos no presente trabalho apresentaram uma demanda de se realizar um controle mais efetivo das atividades de barragens de mineração, melhorar a gerência dessas estruturas, possibilitando a elaboração de políticas e metas governamentais, visando à minimização dos riscos de ruptura de barragens de rejeito de minério no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, P. C. **Gestão de segurança: auditoria, análise de risco e plano de ação**. In: Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos, Belo Horizonte. 2012.
- ALSHAREDHAH, Y. A. **Slope Stability Enhancement of na Upstream Tailings Dam: Laboratory Testing and Numerial Modelling** (Dissertation of Master). Program in Civil and Environmental Engineering, University of Western Ontário, Ontário, Canadá, 146 p. 2015.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens**. Brasília: ANA, 2016.
- ANM. Agência Nacional de Mineração. **Classificação das Barragens de Mineração Brasileiras**. 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens>. Acesso em: 01 maio 2019.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BAIMA, S. K. O.; CAMPOS, J. N. B.; SILVA, A. F. Aplicação de uma metodologia Multicritério construtivista à avaliação da vulnerabilidade de barragens e regiões a jusante. **Revista Geotecnia**, n. 136, p. 61-63, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2010.

CASTRO, L. S.; ALMEIDA, E. S. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 406-429, 2019.

CASTRO, P. T. A.; AZEVEDO, U. R.; MANINI, R. T. A sociedade civil organizada e o rompimento da barragem de fundão, Mariana (MG): porque é preciso difundir a geoética. **Terrae Didática**, v. 14, n. 5, p. 439-444, 2018.

DAVIES, M. P.; MCROBERTS, E. C.; MARTIN, T. E. Static liquefaction of tailings – Fundamentals and case histories. In proceedings Tailings Dams 2002. ASDSO/USCOLD, Las Vegas, 2002.

DME. Guidelines on the Development of an Operating Manual for Tailings Storage, Government of Australia, 1998. 33 p.

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeitos construídas por aterro hidráulico**. 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

GARCIA, L.C.; RIBEIRO, D. B.; ROQUE, F. O.; OCHOA-QUINTERO, J. M.; LAURANCE, W. F. Brazil's worst mining disaster: corporations must be compelled to pay the actual environmental costs. **Ecological applications**, v. 27, n. 1, p. 5-9, 2017.

GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 120, n. 1-2, p. 28-36, 2017.

GUERRA, M. B. B.; TEANEY, B. T.; MOUNT, B. J.; ASUNKIS, D. J.; JORDAN, B. T.; BARKER, R. J.; SANTOS, E. E.; SCHAEFER, A. E. G. R. Post-catastrophe analysis of the Fundão tailings dam failure in the Doce river system, southeast Brazil: potentially toxic elements in affected soils. **Water Air Soil Pollution**, v. 228, n. 7, p. 1-12, 2017.

HUI, S.; CHARLEBOIS, L.; SUN, C. Real-time monitoring for structural health, public safety, and risk management of mine tailings dams. **Canadian Journal of Earth Sciences**, v. 55, n. 3, p. 221-229, 2017.

JUNIOR, S.; MOREIRA, E. B.; HEINECK, K. S. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **Holos**, v. 5, p. 1-39, 2018.

JUSTO, J. L.; MORALES-ESTEBAN, A.; JUSTO, E.; JIMÉNEZ-CANTIZANO, F. A.; DURAND, P.; VÁZQUEZ-BOZA, M. The dry closure of the Almagrera tailings dam: detailed modelling, monitoring results and environmental aspects. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 78, n. 5, p. 3175-3189, 2019.

MASCARENHAS, L. M. A. **Desenvolvimento Sustentável: Estudo de Impacto Ambiental e Estudo de Impacto de Vizinhança**. Curitiba: Letras da Lei, 2008.

MELO, A. V.; FUSARO, T. C. Avaliação de métodos de análise de riscos aplicados a barragens. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS, 30., 2015, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: CBDB, 2015. p. 1-20.

MORAES, K. T. Projetos de lei temáticos em discussão: análise da tramitação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2018. p. 3-14.

MORGENSTERN, N. R.; VICK, S. G.; VIOTTI, C. B.; WATTS, B. D. Fundação tailings dam review panel report on the immediate causes of the failure of the Fundão dam. SAMARCO, SA, Vale, SA, Eds, p. 76, 2016.

PENMAN, A. D. M. The need for dam safety. Case Studies on Tailings Management. International Council on Metals and Environment (ICME), p. 5-6, 1998.

PEREIRA, L. F.; CRUZ, G. B.; GUIMARÃES, R. M. F. Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 2, p. 122-129, 2019.

SÁ, M. A.; NOVAES, A. S. R. Qual o destino dos resíduos sólidos nas escolas estaduais de Floresta – PE? In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2015. p. 9-17.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas e Educação Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, W. P. **Estudo do potencial de liquefação estática de uma barragem de rejeito alteada para montante aplicando a metodologia de Olson**. 2010. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

SITHARAM, T.G., HEGDE, A. Stability analysis of rock-fill tailing dam: an Indian case study. **International Journal of Geotechnical Engineering**, v. 11, n. 4, p. 332-342, 2016.

SOUZA, A. L.; COSTA, A. R. S.; EL-DEIR, S. G. Indicadores de sustentabilidade como auxílio na gestão de resíduos sólidos urbanos; um estudo de caso da pegada ecológica. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. **Resíduos Sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 7-14.

TONIDANDEL, R. P.; CRUZ, L. O. M.; MACHADO, R. M. G.; FERNANDES, P. R. M.; SANTOS, C. G.; ALEXANDRINO, R. C. S.; SOUZA, A. M.; RODRIGUES, B. V.; BRAGA, G. F. Gestão de barragens de mineração no estado de Minas Gerais. **Revista Águas Subterrâneas**, p. 1-11, 2009.

3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS DO ABATE DE BOVÍDEOS; UM ESTUDO NO ABATEDOURO-FRIGORÍFICO DE SÃO LUÍS – MA

ALEXANDRINO NETO, Pedro Soares
Universidade Estadual do Maranhão
psalexandrinoneto@gmail.com

SOUZA, Carlos Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão
carlosvaqueiro10@gmail.com

BEZERRA, Danilo Cutrim
Universidade Estadual do Maranhão
danilocbezerra15@gmail.com

BEZERRA, Nancyleni Pinto Chaves
Universidade Estadual do Maranhão
nancylenichaves@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se com o estudo determinar os resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos em abatedouro-frigorífico de São Luís – MA. Para isso, o estudo foi realizado em três etapas: (i) pesquisa bibliográfica documental compreendendo os anos de 2016-2018; (ii) visita técnica para a observação e compreensão do processo de abate e geração dos resíduos; (iii) registro fotográfico para melhor análise do problema pesquisado. Pode-se constatar na planta do abatedouro-frigorífico estrutura mínima para o abate dos bovídeos; adicionalmente, o local de tratamento de efluentes e resíduos sólidos estão em desconformidade com a legislação federal vigente. Os resíduos sólidos gerados no processo de abate são unhas, vergalho, couro, cabeça, restos do abate (ossos, carcaças, cabeça, fetos, gordura e vísceras), pedra contida em vesícula biliar e esterco. Na análise documental, foi possível a quantificação de unhas (nb= 134.100 kg), vergalhos (n = 33.700 kg), couro (n = 86.122 unidades) e cabeças (n = 86.122 unidades). Conclui-se que no abatedouro-frigorífico avaliado são gerados resíduos sólidos com alta carga orgânica e dotados de putrescibilidade, em sua maioria, corretamente destinados para a fabricação de subprodutos. Entretanto, resíduos como fezes e restos do abate são armazenados e transportados de forma incorreta representando fontes geradoras de vetores e contaminação do ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de carne, Reciclagem, Subprodutos.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Maranhão, com a classificação sanitária de livre de febre aftosa com vacinação, apresenta grande potencial pecuário, não apenas para criação de rebanhos bovídeos, mas também, para a industrialização de seus subprodutos (processamento de carnes e derivados, couro etc.) (DIAS FILHO, 2018). Do abate de bovídeos resultam grandes quantidades de resíduos sólidos, semissólidos e líquidos (vísceras de animais abatidos, fragmentos cárneos, sangue, conteúdo intestinal, pelos, ossos, gorduras e águas residuais) que são poluentes e, por isso, necessitam de adequada destinação e tratamento, antes de serem lançados no meio ambiente (SERAFIM et al., 2018). Os resíduos de abatedouros-frigoríficos contêm alto teor de carga orgânica, gordura, nitrogênio, fósforo, sal e são passíveis de flutuações de temperatura e pH. Devido à constituição dos sólidos, apesar da biodegradabilidade, são dotadas de alta putrescibilidade, com início de decomposição em poucas horas, emanando odor desagradável na circunvizinhança. Dessa forma, fica evidente o quão prejudicial é o descarte destes resíduos no meio ambiente, principalmente, para os estabelecimentos localizados dentro de centros urbanos, expondo a população a um ambiente contaminado (SILVA; SOUSA; VALONES, 2018; SILVA et al., 2017).

Em vários abatedouros-frigoríficos no Brasil inexistem sistemas apropriados de destinação dos resíduos gerados. Portanto, a destinação dos mesmos representa alto custo e, na maioria das empresas do ramo de abate, o serviço é realizado de forma terceirizada (VALANDRO; MENEGHINI, 2017). Para Serafim et al. (2018), muitos abatedouros-frigoríficos, públicos e privados utilizam padrões insustentáveis de produção e consumo, não atendendo as normas estabelecidas na legislação ambiental, propiciando prejuízos ao meio ambiente, à saúde da população e à economia regional. Portanto, o desafio do setor de carnes é equacionar o balanço econômico entre os custos da produção e controle de emissões, e a rentabilidade de suas atividades. Portanto, as indústrias do setor cárneo em concordância com a legislação ambiental devem, em sua própria planta, destinar os resíduos de forma que não poluam o meio ambiente e exponham a população a doenças. Nesse contexto, objetivou-se com o estudo determinar os resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos em abatedouro-frigorífico de São Luís – MA, focados em aspectos relacionados aos tipos, a quantidade e o destino dos mesmos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos, tanto no setor público quanto privado, discussões e práticas sociais relacionadas ao meio ambiente têm sido conduzidas, com o objetivo de minimizar a crise ambiental, resultando em mudanças na forma como as empresas trabalham (BRONSTRUP et al., 2015). Além das preocupações inerentes aos processos de produção e tendências de mercado, as mesmas passaram a se preocupar também, com o impacto que causam ao meio ambiente e as suas consequências.

Costumeiramente a conscientização ambiental por parte das empresas (público e privadas) ocorre face à necessidade de atendimento de um novo público, denominado “consumidor verde”, que exige o conhecimento sobre a procedência dos produtos que consomem e também exigem que a produção esteja de acordo com práticas ambientalmente corretas, ou ainda por meio de fatores coercitivos como multas e sanções em função de possíveis impactos gerados sobre o meio ambiente (BRONSTRUP et al., 2015 p. 25).

De maneira análoga ao metabolismo dos seres vivos, a sociedade transforma insumos em bens, em serviços e em alguns subprodutos e resíduos, que necessitam ser adequadamente tratados, para serem absorvidos pelo ambiente com a mínima geração de impacto. A reciclagem de resíduos e a

melhor utilização das matérias-primas são compreendidos como as únicas possibilidades para a continuidade do processo tecnológico já implementado, pois, atuam em perfeita sintonia com as necessidades de preservação do ambiente e na manutenção das necessidades básicas dos seres humanos (BRONSTRUP et al., 2015). Especificamente para a produção de carne, a produção desse alimento possui custo ambiental alto, porque a maior parte do valor econômico de um animal de engorda vem desde os cuidados com a criação do animal, os quais geram impactos ambientais expressivos, totalmente atribuídos ao produto comestível, e não aos produtos aos subprodutos, a exemplo do couro.

Contextualizando o Maranhão na produção de bovinos, este foi a locomotiva da pecuária de corte nordestina nos últimos anos e ainda dispõe de área considerável para fomentar a atividade no estado. Com o 12º rebanho bovino do país, em número de animais, projeções sob o cenário tendencial indicam um rebanho próximo 10,8 milhões de animais para o ano de 2031, com produção média de 3,56 arrobas/ha/ano e lotação próxima a 0,75 unidade animal/hectares (CSR-UFMG, 2017). Com a situação favorável para a produção de carne caracterizado pelo efetivo rebanho bovino, atual situação sanitária para febre aftosa e a posição geográfica estratégica, o estado necessita modernizar toda a cadeia produtiva, sobretudo, o setor de abate, caracterizado, ainda, por pequenos estabelecimentos, em sua maioria clandestina.

O setor industrial da cadeia produtiva de carne compreende dois segmentos distintos, o produtivo e o de abate. As empresas que normalmente atuam no abate de bovídeos (bovinos e bubalinos) são os abatedouros-frigoríficos (BRASIL, 2017). Para Sarda, Ruiz e Kirtschig (2009), a indústria de abate e processamento de carnes participa de forma substancial na atividade econômica brasileira, concernente ao volume de produção e exportações e à geração de empregos. Entretanto, o impacto negativo do surgimento de uma quantidade crescente de abatedouros-frigoríficos é o aumento da quantidade e complexidade dos resíduos gerados e lançados no ambiente.

Os abatedouros-frigoríficos sempre apresentaram problemas relacionados à questão ambiental. Tradicionalmente estão localizados em áreas próximas a rios, e nos séculos XIX e XX, os dejetos oriundos desses estabelecimentos eram descartados na água ou enterrados. Com a consciência ambiental, a sociedade passou a cobrar soluções para problemas decorrentes das atividades desses empreendimentos (mau cheiro e contaminação), que traz implicações sociais relevantes como a desvalorização imobiliária de propriedades localizadas nas proximidades de frigoríficos e curtumes (LIBRELOTTO; FERROLI, 2015 p. 140).

De acordo com Silva e Gerude Neto (2018 p. 533) “nas últimas décadas do século XX, os estabelecimentos de abate passaram por leis mais rígidas e maior cobrança tanto do ponto de vista ambiental, quanto do processo humanizado de abate dos animais.” A crescente geração de resíduos sólidos desencadeou uma série de problemas relacionados à sua disposição final, exigindo esforços do poder público para fornecer uma forma adequada de destinação dos resíduos gerados e reduzir os impactos ambientais (UEHARA; VEIGA; TAKAYANAGUI, 2019). Os resíduos sólidos, semissólidos e os efluentes líquidos lançados no meio ambiente são controlados por leis ambientais e fiscalizados por órgãos governamentais, portanto, as empresas devem obedecer aos padrões de emissão disciplinados em legislações oficiais (SILVA et al., 2017).

Com a ampliação das discussões em torno do crescimento exponencial dos resíduos sólidos e, principalmente, do que se fazer com todos esses dejetos, observou-se, nas últimas décadas, grande mobilização em torno do assunto, o que atraiu a atenção de órgãos públicos e privados, das universidades e da sociedade, na tentativa de encontrar meios (econômicos, sociais e ambientais) viáveis de continuar mantendo os atuais padrões de produção e consumo, com menor degradação do meio ambiente (PEREIRA; CURI; CURI, 2018).

Independente da origem, todo resíduo poderá ter seu descarte minimizado, mediante a análise detalhada de suas características, do potencial e das consequências da utilização, dado que

adequadamente manejado pode amparar a produção de alimentos, melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e apresentar excelente potencial para reciclagem energética. A diversidade das características dos resíduos da indústria de carnes, de suas fontes e volumes exigem estudos preliminares para orientar seu tratamento. Todas as formas de aproveitamento de subprodutos podem ser realizadas pelos próprios abatedouros-frigoríficos ou executadas por terceiros (PIERRE; ARAÚJO, 2017). No município de São Luís – MA, os órgãos fiscalizadores ambientais são a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM), ambas responsáveis pela fiscalização das leis que regem os processos relacionados com emissão de cargas poluentes ao meio ambiente.

Nesse ínterim, a Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010, disciplina: “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010). Logo, deve-se optar por procedimentos que não causem impactos ou que os minimizem. Também é interessante mencionar que as organizações devem adotar, sobretudo, uma postura proativa vislumbrando os benefícios internos e externos à organização. Sampaio e Souza (2015) inferem que mudanças muito pequenas na forma de utilização do recurso natural pode rapidamente resultar na reversão da tendência da degradação. Para Jabbour e Jabbour (2013), os benefícios internos de uma gestão adequada relacionam-se às melhorias das variadas dimensões da performance organizacional, como o resultado operacional, desempenho em inovação e mercado. Já os benefícios externos podem ser compreendidos como contribuições que se ampliam à sociedade, como a influência sobre as regulamentações ambientais, atendimento ao desenvolvimento sustentável e as parcerias com outras organizações.

Sobre a temática desenvolvimento sustentável, Vieira e Costa (2015 p. 269) inferem “desenvolvimento sustentável é aquele que viabiliza a satisfação das necessidades da geração atual, sem comprometer as satisfações das gerações futuras, conforme preceitua o princípio da responsabilidade intergeracional ambiental”. A sustentabilidade, atualmente, é assunto relevante a todas as áreas do saber. Conhecer as raízes, motivações, normas, restrições, e a própria filosofia incluída no tema é uma obrigatoriedade para todo e qualquer profissional nos dias de hoje, independente de seu ramo de atuação. Como todo tema “novo”, a sustentabilidade de dados confiáveis, fontes fidedignas de informações, referências abordando os diversos assuntos correlacionando-a com as diversas áreas de interesse de cada um é uma necessidade. Devido a isso, torna-se necessário uma ação conjunta de todos os profissionais envolvidos em uma organização, onde a multidisciplinaridade está presente em todas as fases do ciclo de vida do produto (LIBRELOTTO; FERROLI, 2015).

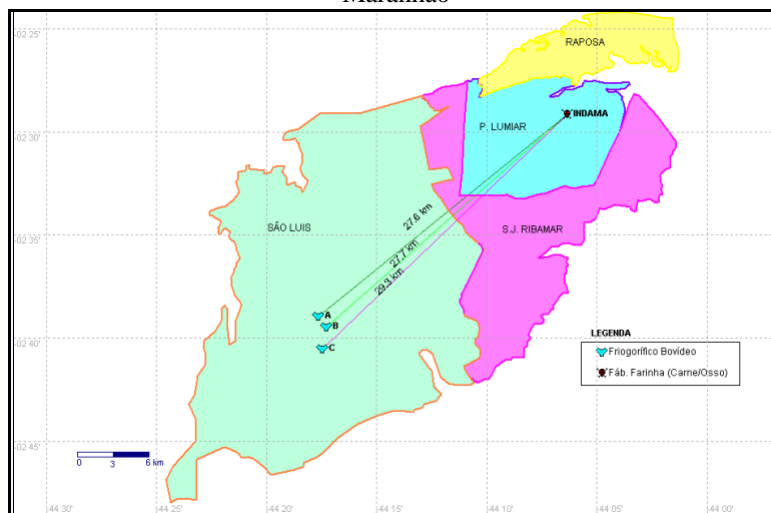
3. METODOLOGIA

3.1 Local do estudo

O estudo foi realizado no município de São Luís, estado do Maranhão. A economia desse município é pautada na prestação de serviços, em atividades industriais e agropecuárias (IBGE, 2011). A delimitação do local de estudo deu-se por amostragem não probabilística intencional em função da existência de abatedouros-frigoríficos no referido município. No município de São Luís – MA existem três abatedouros-frigoríficos (A, B e C) que apresentam como atividade principal o abate de bovídeos (bovinos e bubalinos) (Figura 1) provenientes de todo o estado do Maranhão e de outros estados brasileiros, abastecendo 90% dos supermercados, dos mercados e das feiras, configurando uma importante atividade econômica para o referido município (SILVA; GERUDE NETO, 2018).

O universo da pesquisa foi composto por um abatedouro-frigorífico, denominado nesse estudo de abatedouro-frigorífico A, em que os responsáveis aceitaram participar da pesquisa após a apresentação do projeto de pesquisa.

Figura 1. Distribuição espacial dos abatedouros-frigoríficos que abatem bovídeos no município de São Luís, Maranhão



Fonte: Santos et al. (2014)

3.2 Etapas do estudo

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos adotados, pode-se classificar a pesquisa como bibliográfica e pesquisa de campo, utilizando de análise de literaturas específicas e coleta de dados, necessários para a fundamentação teórico-metodológica. Bibliográfica, porque se realizou a leitura e análise crítica de artigos científicos, livros e legislações para a construção do arcabouço teórico do estudo. Quanto ao problema investigado, a pesquisa apresenta natureza quali-quantitativa com uma análise exploratória e descritiva. Descritiva por expor características de determinada população e determinado fenômeno, estabelecendo correlações variáveis. Este tipo de pesquisa “procura descobrir, com maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e suas características” (CERVO; BERVIAN, DA SILVA, 2007, p. 61).

Para o alcance dos objetivos da pesquisa foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos, divididos em três etapas: (i) pesquisa bibliográfica documental, por meio do acesso aos relatórios (arquivos físicos e eletrônicos) do abatedouro-frigorífico A; (ii) pesquisa de campo, fundamentada em visita técnica ao abatedouro-frigorífico para observação e compressão do processo de abate e os resíduos sólidos gerados; (iii) registros fotográficos para melhor análise das condições de abate e geração dos resíduos. No que se refere à pesquisa documental esta envolveu os levantamentos de informações referentes aos anos de 2016, 2017 e 2018, o que representa informações referentes à geração de resíduos sólidos em três anos de levantamento e também o quantitativo de animais abatidos.

3.3 Análise de dados

As informações levantadas foram armazenadas em um banco de dados utilizando o programa *Microsoft Access*®. A partir do levantamento dos dados, optou-se por analisá-los de forma quali-quantitativa utilizando análise estatística descritiva por meio de distribuições absoluta e relativa para expressar os dados obtidos no presente estudo. Richardson (2011, p. 90), “define método qualitativo como sendo a compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas

pelos entrevistados”, e, como método quantitativo como “a produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos”.

3.4 Autorizações para a realização do estudo

O presente estudo teve permissões especiais da direção do abatedouro-frigorífico A para sua realização. Quaisquer informações que pudessem violar a privacidade do estabelecimento não foram acessadas nesse estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estrutura física do abatedouro-frigorífico avaliado e resíduos sólidos gerados

Referente à estrutura física, a planta do abatedouro-frigorífico é composta por currais de matança dos bovídeos, seringa (corredor para condução dos animais até a sala de abate); box de insensibilização e sala de abate para realização das etapas inerentes à este (evisceração, divisão em hemicarças e quartos, inspeção *post-mortem*, toailete, pesagem das carcaças, frigorificação); expedição; fataria (local para beneficiamento das vísceras e sala anexa para armazenamento dos cascos), salgadeira (para armazenagem do couro); lagoas de estabilização para recebimento dos efluentes líquidos. Pelo supracitado, infere-se que o estabelecimento avaliado apresenta estrutura mínima para a realização do abate e está em desconformidade com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aprovado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, no que se refere à ausência de sala necropsia com forno crematório, currais de seleção e observação e local de tratamento de efluentes e resíduos sólidos gerados (graxaria).

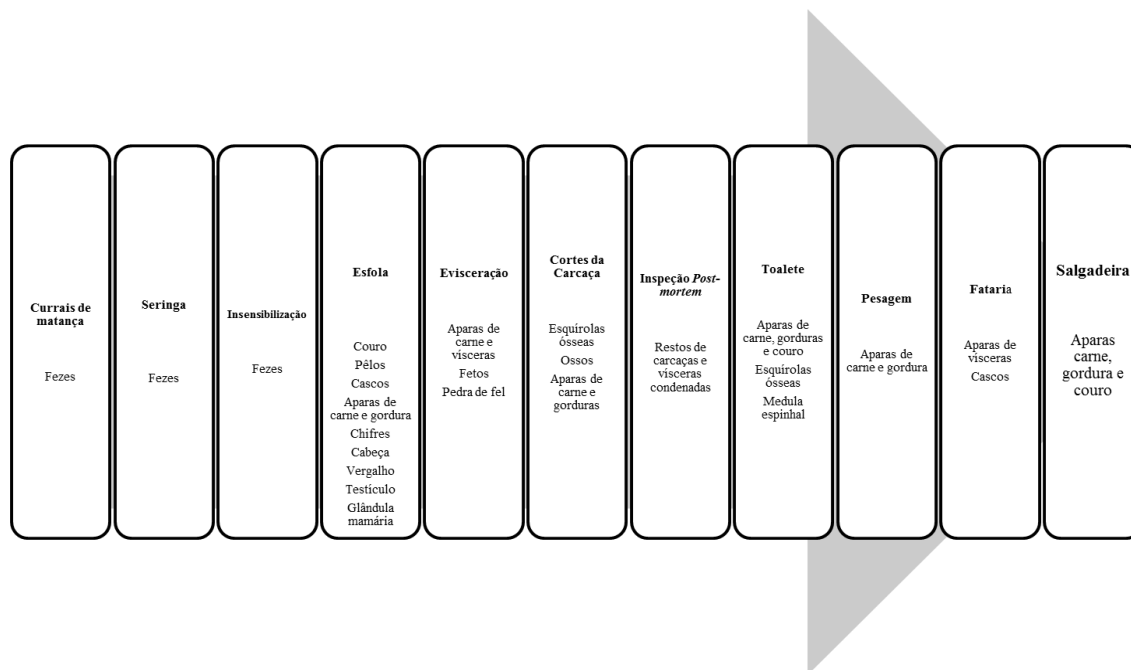
Para Silva e Gerude Neto (2018), deficiências de ordem estrutural em estabelecimentos de abate repercutem em sérias consequências ao meio ambiente e a saúde da população. Especificamente referente à ausência de tratamento de resíduos sólidos e efluentes, Araújo e Costa (2014) destacam que os resíduos orgânicos resultantes do abate são altamente putrescíveis, resultando em odores permanentes que incomodam comunidades adjacentes. Outro agravante do depósito de resíduos gerados é atração de agentes transmissores de doenças como moscas, baratas, ratos e urubus, gerando riscos iminentes para a população que transita ou reside nas proximidades. Do ponto de vista ambiental, estes resíduos apresentam-se como fonte geradora de contaminação do solo e dos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos.

Silva e Gerude Neto (2018) citam que no município de São Luís – MA existem três abatedouros municipais responsáveis pela distribuição da carne bovina para o mercado interno. No que concerne ao cumprimento da legislação federal, todos os estabelecimentos estão fora dos padrões considerados aceitáveis. Apesar de possuírem selo de inspeção municipal (S.I.M.), enquadrando-se nos requisitos mínimos de funcionamento para estabelecimentos elaboradores de alimentos; estes podem expor o consumidor final e o meio ambiente. No abatedouro-frigorífico avaliado, o processo de abate para obtenção de carne gera resíduos sólidos e efluentes. Considerando o objeto de estudo (resíduos sólidos), procurou-se identificar as etapas do processo e concomitantemente discriminar o que cada etapa gera em termos de resíduos sólidos (Figura 2).

Fica evidente a diversidade de resíduos sólidos gerados no abate de bovídeos (fezes, couro, cascos, aparas de gordura, carne e couro, chifres, cabeça, vergalho, testículo, glândula mamária, fetos, pedra de fel, medula espinhal, esquirolas ósseas e ossos) que compartilham entre si a natureza orgânica ou protéica, conferindo ao material putrescibilidade em poucas horas, se não houver o correto armazenamento. Hangui et al. (2015) destacam que devido a sua composição nutricional, elevado valor de atividade de água (*Aw*) e pH próximo à neutralidade, a carne e seus subprodutos (comestíveis e não comestíveis) se tornam um meio favorável para o desenvolvimento de micro-organismos.

Logo, a maneira como esses resíduos sólidos são descartados no ambiente tem influência direta nos meios físico, biótico e socioeconômico que resultam em perdas às vezes irreparáveis para as comunidades em seu entorno e ao meio ambiente.

Figura 2. Fluxo de geração de resíduos sólidos em abatedouro-frigorífico de bovídeos sob serviço de inspeção municipal (S.I.M) no município de São Luís – MA.



4.2 Pesquisa bibliográfica documental

Nos três anos do levantamento, 86.122 bovídeos foram abatidos (Tabela 1). Estes eram provenientes de diferentes municípios do estado do Maranhão, além dos estados do Tocantins e do Pará.

Tabela 1. Número de bovídeos abatidos em abatedouro-frigorífico A sob serviço de inspeção municipal (S.I.M) no município de São Luís – MA, nos anos de 2016 a 2018.

Anos do Levantamento	Número de Bovídeos Abatidos
2016	23.425
2017	28.799
2018	33.898
Total	86.122

Foi possível verificar aumento na quantidade de bovídeos abatidos entre os anos de 2016 a 2018 com maior concentração deste no último ano do levantamento, o que resultou, invariavelmente, na maior quantidade de resíduos sólidos gerados. Da análise dos documentos (físicos e eletrônicos) disponibilizados pelo responsável do abatedouro-frigorífico avaliado, constatou-se que os resíduos sólidos sobre o qual o estabelecimento tem algum controle de produção e de comercialização são as unhas, os vergalhos, o couro, a cabeça, e os restos do abate (ossos, carcaças, cabeça, fetos, gordura e vísceras), a pedra contida em vesícula biliar e o esterco (Figura 3). É importante destacar que os referidos resíduos possuem finalidade comercial.

Para Chaves et al. (2016) estudos retrospectivos sistematizados são de grande relevância e têm se tornado cada vez mais importantes em diferentes áreas do saber, como forma de detectar problemas, agrupar dados e modificar diagnósticos errôneos. Porém, é comum em empresas públicas e privada o não arquivamento de documentos físicos e alimentação/atualização de banco de dados eletrônicos, situação observada no estudo. Por essa última situação, no período do levantamento, foi possível a quantificação, apenas, de resíduos sólidos como cascos (n = 134.100 kg), vergalhos (n = 33.700 kg), couro (n = 86.122) e cabeças (n = 86.122) (Tabela 2).

Figura 3. Resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos em abatedouro-frigorífico sob serviço de inspeção municipal (SIM) no município de São Luís – MA, nos anos de 2016 a 2018: (A) cabeças; (b) bezerros; (C) restos de abate – gorduras e vísceras; (D) unhas.



Tabela 2. Tipos e quantidades de resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos em abatedouro-frigorífico sob serviço de inspeção municipal no município de São Luís – MA, nos anos de 2016 a 2018.

Tipo de Resíduo Sólido	Quantidade Anual Gerada			Total
	2016	2017	2018	
Cascos (kg)	34.600	42.500	57.000	134.100
Vergalho (kg)	9.400	11.500	12.800	33.700
Couro (unidades)	23.425	28.799	33.898	86.122
Cabeças (unidades)	23.425	28.799	33.898	86.122

Rabelo, Silva e Peres (2014) destacam que a finalidade do processamento e/ou da destinação dos resíduos sólidos oriundos do abate depende de características locais ou regionais (cultura, costumes e preceitos religiosos) de uma determinada área. Mas, é inquestionável que os processamentos e as destinações adequadas devem ser dados a todos os subprodutos e resíduos do abate em atendimento às leis e normas vigentes, sejam elas sanitárias ou ambientais. Portanto, tão importante quanto à geração dos resíduos sólidos é apresentar como os mesmos são conservados e o uso destes (Tabela 3). Essas informações foram obtidas da pesquisa bibliográfica documental, mas, sobretudo, advinda da pesquisa de campo.

Tabela 3. Forma de conservação e destino dos resíduos sólidos gerados do abate de bovídeos em abatedouro-frigorífico sob serviço de inspeção municipal no município de São Luís.

Tipo de Resíduo Sólido	Forma de Conservação	Destino	Estado
Cascos	CaO a 0,5%	Indústria de farinha de osso	Rio Grande do Norte
Vergalho	-20°C (freezer)	Indústria de pets e alimentícia	Rio Grande do Norte
Couro	NaCl + Na ₂ CO ₃	Curtume	Maranhão/Governador Edison Lobão

Cabeças	<i>In natura</i>	Graxaria/farinha de carne e osso	Maranhão/Paço do Lumiar
Restos de abate	<i>In natura</i>	Graxaria/farinha de carne e osso	Maranhão/Paço do Lumiar
Fetos	<i>In natura</i>	Graxaria/farinha de carne e osso	Maranhão/Paço do Lumiar
Fezes/Esterco	Meio ambiente	Comércio e doação	Maranhão/São Luís

Onde: CaO= Óxido de cálcio; NaCl= Cloreto de sódio; Na₂CO₃= Carboneto de sódio

Cabeças e restos de abate (ossos, carcaças, gordura e vísceras) geradas do abate de bovídeos, no abatedouro-frigorífico avaliado, são armazenadas *in natura* por período de tempo não superior a oito horas pós-abate. O comércio é estabelecido com pessoa jurídica com a finalidade de produção de farinha de carne e osso. Os resíduos são transportados em caminhões abertos para a fábrica de subprodutos não comestíveis (graxaria) terceirizada, localizada no município de Paço do Lumiar – MA, equidistante 26,7 Km (Figura 1) do município de São Luís. Santos et al. (2014) em estudo realizado sobre os desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís – MA, incluindo o estabelecimento avaliado nesse estudo, diagnosticaram no transporte dos resíduos sólidos à mesma graxaria supracitada presença de resíduos sólidos espelhados pelo chão em todo o traslado dos resíduos, com emissão de odor fétido, o que demonstra prática incorreta de armazenamento e de transporte. Essa mesma situação recorrente foi confirmada no momento da pesquisa de campo.

Nos três anos do levantamento foram contabilizados 134.100 kg de cascos produzidos. Esses são armazenados por período de tempo variável (um a três meses) em galpão de alvenaria anexo à fataria e “conservados” com CaO (cal) a 0,5%. No momento da visita técnica foi possível constatar a presença de insetos no local e condições insalubres de armazenamento. O comércio é estabelecido com atravessador e deste com pessoa jurídica (empresa) localizada no estado do Rio Grande do Norte para a produção de farinha de osso. No total foram gerados 33.700 kg de vergalho bovínico nos anos de 2016 a 2018. O resíduo gerado é conservado em congelamento (*freezer*) por período de tempo não superior a 60 dias. O comércio é estabelecido de forma semelhante aos cascos, inclusive com o mesmo atravessador e apresenta o mesmo destino. Quanto à utilização é utilizado na indústria de pets e alimentícia.

O couro é um importante resíduo gerado no abate de bovídeos no abatedouro-frigorífico avaliado e totalizou no período 86.122 unidades produzidas. No estado *in natura* esse subproduto é denominado pele. Como estas são estocadas por período superior a 12 horas, e as médias térmicas no município de São Luís – MA são elevadas, elas são submetidas a um pré-tratamento denominado “cura” pela utilização de sal comum (NaCl) e Carboneto de sódio (Na₂CO₃), para serem conservadas. Para isso, são empilhadas, intercalando camadas da mistura (NaCl + Na₂CO₃) entre elas. Antes do empilhamento, as peles são imersas em salmoura (sal e água). Este processo é realizado no próprio frigorífico (salgadeira) no interior de tanques construídos de alvenaria. O comércio é estabelecido com atravessadores e deste com um curtume localizado no município de Governador Edison Lobão, estado do Maranhão, equidistante 658,9 km de São Luís – MA.

As peles e os couros sempre tiveram importância na economia brasileira, com relatos desde o período colonial. Contudo, apesar da sua importância, as peles ainda continuam sendo consideradas subprodutos da atividade pecuária e, como tal, relegada a condição inferior à da carne. Com todos os avanços conseguidos na pecuária por meio do aperfeiçoamento dos processos de criação ainda há muito por ser feito pela melhoria qualitativa da carne e da pele, conforme destacam Jacinto e Pereira (2004). No momento da pesquisa de campo, foi possível perceber que as fezes geradas no abate dos bovídeos não eram tratadas antes de serem lançados no meio ambiente, sendo mantidos a “céu aberto”, sem tratamento prévio. Essa prática pode ocasionar a contaminação ambiental por micro-organismos de origem fecal, como a bactéria *Escherichia coli*, que pode ser carregada do solo para fontes de água superficiais, como córrego e represas, ou sofrerem percolação, podendo atingir lençóis de água superficial ou pouco profundo e causar contaminação da água, principalmente, em

época de alta pluviosidade. O comércio desse resíduo é realizado informalmente com pessoas da própria localidade e área adjacentes ou doado.

Na visita técnica constatou-se abate de grande volume de fêmeas bovídeas gestantes, inclusive em terço final de gestação. Dos 86.122 bovídeos abatidos no período do levantamento (2016-2018), 73,22% (n = 63.060) eram fêmeas; porém, esse valor pode ser superior, pois, para os bubalinos abatidos (n = 1.335) não constavam nos arquivos a estratificação por sexo. Por conseguinte, o abate das fêmeas gestantes resulta em grande quantidade de fetos. Estes passaram a ter o sangue removido do coração no ano de 2018 para a comercialização nos mesmos moldes das unhas, vergalhos e couros. Para Leite et al. (2017), aproximadamente metade dos bovinos abatidos no Brasil corresponde a fêmeas e com grande frequência, estas são enviadas prenhes ao abate, especialmente em épocas de baixa oferta de animais, onde há melhor remuneração ao pecuarista. Importante destacar que os resíduos sólidos que não são gerados diretamente pelo abate de bovídeos, mas, que estão ligados ao processo de abate e da conservação dos resíduos sólidos, também pode ser um agravante ao meio ambiente. Nessa situação enquadram-se as embalagens de insumos utilizados para a conservação de cascos (NaCl) e couro (CaO, Na₂CO₃) e coleta de sangue fetal (bolsas plásticas). Rabelo, Silva e Peres (2014) citam que atitudes simples podem reverter esse quadro como a separação e a reciclagem das embalagens.

É pertinente nessa fase da discussão destacar que o estabelecimento dispõe de licenciamento ambiental e registro no S.I.M e serviço de inspeção permanente. Mas, é evidente que a ausência de sistemas adequados de disposição dos resíduos sólidos gerados no abatedouro-frigorífico avaliado, sendo este realizado de forma terceirizada com um comércio bem definido, seja diretamente com pessoas físicas e jurídica (empresas), ou indiretamente com pessoas jurídicas por intermédio de atravessadores. Logo, fiscalizações constantes devem acontecer de forma conjunta e multidisciplinar (Ministério Público, Ministério Público do Trabalho, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente e de outros órgãos) como forma de adequação das atividades produtivas às exigências legais, sobretudo, sanitárias e ambientais.

5. CONCLUSÕES

No abatedouro-frigorífico de São Luís – MA, são gerados resíduos sólidos com alta carga orgânica e dotados de alta putrescibilidade. No contexto dos impactos ambientais, alvo do estudo, observou-se a geração de resíduos sólidos que na maior parte das situações são corretamente destinados para a fabricação/reciclagem de subprodutos. Entretanto, alguns resíduos como fezes e restos do abate (ossos, carcaças, cabeça, fetos, gordura e vísceras) são armazenados e transportados de forma incorreta representando fontes geradoras de vetores e contaminação do meio ambiente (solo e dos recursos hídricos).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. P. P.; COSTA, L. P. Impactos ambientais nas atividades de abate de bovinos: um estudo no matadouro público municipal de Caicó – RN. **Revista Halos**, v. 1, p. 1-20, 2014.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Lei Federal nº. 12.305 de 2 de agosto de 2010. Brasília, 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017. **Regulamenta a Lei nº. 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº. 7.889 de 23 de novembro de 1989 que dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.** Diário Oficial da União. Brasília, DF, 29/03/2017.
- BRONSTRUP, D. E.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L.; SILVA, A. L. E. Proposta de implantação de P+L em um frigorífico de suínos de grande porte. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 25-37, 2015.

CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO ESCOLA DE VETERINARIA UFMG. Cenários para Pecuária de Porte Amazônica. **Maranhão**. Disponível em: <<http://csr.ufmg.br/pecuaria/portfolio-item/maranhao/>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAVES, N. P.; BEZERRA, D. C.; VIEIRA, E. C. dos S.; COIMBRA, V. C. S.; SANTOS, B. C. Doenças de notificação compulsória em animais de produção no período de 2011 a 2014 no estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 23, n. 1-2, p. 31-36, 2016.

DIAS FILHO, A. F. **Avicultura de corte comercial na Ilha do Maranhão: perfil socioeconômico, produtivo e utilização de cama de aviário**. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Animal) – Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

HANGUI, S. A. R.; PEREIRA, A. F.; DOURADO, A. T. de S.; MARTINS, J. D.; VARGEM, D. da S.; SILVA, J. R. Análise microbiológica da carne bovina moída comercializada na cidade de Anápolis – GO. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 12, n. 2, p. 30-38, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.com.br>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C. **Gestão ambiental nas organizações: fundamentos e tendências**. São Paulo: Atlas, 2013. 112 p.

JACINTO, M. A. C.; PEREIRA, M. A. Aspectos da cadeia produtiva de couros bovinos. Desafios da cadeia produtiva do couro bovino. Estratificação do mercado com base em características das peles. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2004, Viçosa. *Anais...* Viçosa: UFV, 2004. p. 75-92.

LEITE, I. M.; CAMARGOS, A.S.; ARAUJO, A. F.; ARAÚJO, A. F.; SOUZA, C. M. de; OLIVEIRA, E. M. B. Abate de fêmeas bovinas gestantes no município de Morrinhos – GO. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO, 6., 2017, Uruaí. *Anais...* URUTAÍ: IF Goiano, 2017. p. 1-3.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M. *Redesign* de equipamento para transporte – análise comparativa de gasto energético (energia e água) em frigoríficos. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 4, p. 139-156, 2015.

MARTINS, C.; BELTRAME, T.; CANES, S. E. P.; LHAMBY, A. R.; PIRES, V. K.; SCHMIDT, A. S. Diagnóstico ambiental: uma pesquisa exploratória na região fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Revista Monografias Ambientais**, v. 11, n. 11, p. 2389-2399, 2013.

SERAFIM, E. R. C. N.; SILVA, M. F.; NUNES, E. A. C.; NUNES, E. T. C.; OLIVEIRA, S. S.; BRANDESPIM, D. F. Tratamento de resíduos em abatedouros frigoríficos de bovinos em Pernambuco. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 12, n. 2, p. 159-164, 2018.

PEREIRA; S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 471-483, 2018.

PIERRE, F. C.; ARAÚJO, S. M. F. Tratamento de resíduos em frigorífico de bovino corte. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 4, p. 81-93, 2017.

RABELO, M. H. S.; SILVA, E. K.; PERES, A. P. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 79-86, 2014.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SAMPAIO, R. M. A.; SOUZA, R. M. A concepção de sustentabilidade e desenvolvimento a partir do território. **GEOTemas**, v. 5, n. 2, p. 67-76, 2015.

SANTOS, J. J. N.; SOUSA, I. C. S.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, V. C. S.; CHAVES, N. P. Desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís, Maranhão: diagnóstico de situação. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 4, p. 315-321, 2014.

SARDA, S. E.; RUIZ, R. C.; KIRTSCHIG, G. Tutela jurídica da saúde dos empregados de frigoríficos: considerações dos serviços públicos. **Acta Fisiátrica**, v. 16, n. 2, p. 59-65, 2009.

SILVA, J. P.; PRAGANA, R. B.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, M. SÁ. Tratamento de resíduo de abatedouro e utilização como condicionador do solo. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 63-75.

SILVA, G. S. O.; GERUDE NETO, O. J. A. Análise dos impactos socioambientais gerados por descartes de efluentes de abatedouros no bairro Maracanã, São Luís – MA. **Revista Interdisciplinar em Cultura e Sociedade (RICS)**, v. 4, número especial, p. 533-543, 2018.

SILVA, M. M. N.; SOUSA, E. F.; VALONES, G. Gerenciamento de resíduos sólidos do Abatedouro público de Ererê – CE. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão público e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 142-154.

UEHARA, S. C. S. A.; VEIGA, T. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em hospitais de Ribeirão Preto (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 121-130, 2019.

VALANDRO, L. F.; MENEGHINI, C. Análise da viabilidade técnica da queima de resíduos suínos em caldeiras industriais. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 42-50.

VIEIRA, G. C.; COSTA, B. S. A prática do consumo consciente para a efetivação do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 5, n. 2, p. 261-282, 2015.

CAPÍTULO 4. TECNOLOGIAS PARA RESÍDUOS INORGÂNICOS

4.1 APROVEITAMENTO DO MATERIAL FRESADO NO REVESTIMENTO ASFÁLTICO DO BAIRRO MAIOBÃO EM PAÇO DO LUMIAR – MA

COSTA, Lays do Nascimento
Universidade Ceuma
laisbl2011@hotmail.com

MACHADO, Alessandro Resende
Universidade Federal da Bahia
alessandorm@hotmail.com

RESUMO

O crescimento populacional e o desenvolvimento de tecnologias trouxe consigo frequentes adaptações para o meio ambiente, a fim de garantir conforto e segurança para as pessoas. Em contrapartida, houve uma grande demanda de exploração de recursos naturais e degradação do mesmo, em conjunto com a geração de resíduos. Assim, foi realizado o estudo dos resíduos oriundos do processo de restauração de pavimentos asfálticos, especificamente o material gerado na fresagem, com o propósito de estabelecer um destino final a este. Desse modo, o presente artigo tem como objetivo propor a reutilização dos resíduos de fresagem da cidade de São Luís – MA em obras de pavimentação asfáltica no bairro do Maiobão, localizado no município de Paço do Lumiar – MA. Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados artigos científicos, artigos publicados nos e-books do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos (CBRS), dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dissertações e Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 307/2002. Os resultados foram embasados em estudos, análises e aplicações existentes do método de reciclagem do material fresado. Com isso, foi possível identificar viabilidade econômica, ambiental e estrutural nos processos de reciclagem desse resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Reciclagem, Pavimentação.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de transportes cresce de modo constante, exigindo uma maior demanda de malha viária e rodoviária e, conseqüentemente, uma melhor qualidade na pavimentação para que garanta a eficiência dos mesmos. De acordo com a Confederação Nacional de Transportes – CNT (2015), conforme citado por Vogel (2015, p.43) “o modal rodoviário é responsável pela movimentação de mais de 61% de todo volume de cargas que trafegam no território nacional”. Sabe-se que é visível a deficiência na conservação do pavimento das estradas. Esta, ocorre devido a deterioração do material por meio de intempéries como chuvas e incidência de raios solares, temperatura, sobrecarga provocada por excesso de peso de veículos, e até mesmo por falhas no procedimento de execução, como por exemplo, erros de dosagem asfáltica, geometria ou propriedades dos materiais utilizados. Como resultado dos fatores citados anteriormente, vale ressaltar que a irregularidade longitudinal presente nas vias contribui bastante para o aumento de custos em veículos devido o desgaste causado a eles, desconforto para o usuário, acidentes de trânsito, redução do tempo estimado para a duração do pavimento e aumento dos custos com infraestrutura e manutenção periódica.

Em função disso, é notável que a vida útil do pavimento asfáltico possui tempo indeterminado, variando conforme o tipo de patologia que venha a sofrer e o tempo no qual se encontra exposto a ações externas. Quanto a prevalência da qualidade do mesmo, investimentos em manutenção, restauração e reconstrução são recomendados, para que haja o funcionamento destes de modo contínuo. Dessa forma, o processo de restauração de vias tem como objetivo aprimorar as condições rolamento e trafegabilidade. Este, envolve várias etapas, sendo iniciando com a fresagem da camada superior, onde é feito uma “raspagem”, retirando o revestimento antigo para que possa ser implantado um novo mediante o projeto exigido. Com isso, ocorre a produção de resíduo, denominado material fresado, que após sua remoção é levado para aterros sanitários como destinação final, ocupando assim, grandes volumes de armazenamento.

Segundo a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas. Além disso, materiais provenientes da reciclagem destes, devem assegurar viabilidade técnica e econômica de produção e uso. A mesma estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2002). De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe), houve um aumento de 4,10% da quantidade de resíduos sólidos da construção e demolição nas cidades brasileiras, durante os anos de 2013 e 2014 (ABRELPE, 2014, apud FONSECA et al., 2019). A construção civil vem expandindo-se de acordo com o desenvolvimento econômico e social das cidades, alcançando assim, maior espaço, consumo de matérias primas, aumento de produção e geração de resíduos. Este último aspecto torna-se um fator alarmante quando se trata de meio ambiente, pois medidas como armazenamento, disposição e/ou destinação nem sempre são realizadas de maneira adequada, causando assim impactos ambientais ou até mesmo socioeconômicos. Mendes e Beck (2017, apud FONSECA et al., 2017) afirmam que a disposição irregular de resíduos da construção civil, podem provocar problemas de ordem estética, ambiental e saúde pública.

Recentemente, a pavimentação existente no bairro do Maiobão, localizado na cidade de Paço do Lumiar – MA, entrou em colapso em consequência das chuvas intensas provocadas na região. Diante desse fato, o presente artigo teve como objetivo principal, propor a aplicação dos resíduos sólidos provenientes dos processos de fresagem realizados na cidade de São Luís – MA, como agregados na pavimentação asfáltica deste bairro, utilizando métodos de reciclagem como forma de viabilizar economicamente e sustentavelmente este processo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Conceitos de pavimentação asfáltica

A demanda por pavimentação de qualidade é resultado das atividades e serviços socioeconômicos presentes em cada região. Segundo os dados fornecidos pela CNT (2015, apud ROCHA; REZENDE, 2017), o modal rodoviário brasileiro comporta 61% do transporte de cargas e mais de 90% dos deslocamentos de passageiros. A busca por renda de trabalho e atividades de educação também são fatos influentes, pois promovem o aumento do uso de transportes no espaço urbano. Logo, pode se observar que a infraestrutura está ligada diretamente com o desenvolvimento e crescimento do país. Diante disso, para empregar a pavimentação asfáltica é necessário analisar e identificar aspectos relevantes do determinado local a qual se deseja. Características como o tipo de tráfego, intensidade das cargas, clima e materiais disponíveis na região, terreno de fundação, geometria da via e drenagem são de suma importância para definir a combinação e especificação do método a ser utilizado.

No Brasil há quatro classificações sobre a forma que o asfalto é produzido. A primeira delas é a mais usual nos processos de pavimentação, chamada de CAP, cimento asfáltico de petróleo, e realizada em quatro padrões que consideram graus de viscosidade e penetração. Os padrões utilizados e comercializados no Brasil são o CAP 30/45 e o CAP 50/70, pelo fato de se adequarem com mais facilidade nas misturas asfálticas. O CAP, funciona como material de ligação para os agregados, além de possuir a característica de impermeabilidade. Este, é obtido pelo refinamento de petróleo cru, possui cor negra ou marrom escuro, e permite uma consistência sólida ou semissólida em temperatura ambiente. Para a aplicação do asfalto a quente, é preciso que este esteja aquecido entre 135 a 160° C, embora atualmente já seja utilizado com temperaturas menores, a fim de minimizar custos com combustível nas usinas e emissão de gases poluentes.

A segunda forma de aplicação é a ADP, asfalto diluído a petróleo, constituído por adição de misturas de solventes que podem ser: gasolina ou nafta, e querosene. No entanto, este método não é mais utilizado devido a questões ambientais. Em seguida, têm-se as emulsões asfálticas (EA), que são asfaltos que exigem o uso de algum tipo de emulsificante, o qual destina-se a reduzir as tensões superficiais. De acordo com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp (2017), estes são aplicados em temperatura ambiente e são empregados em várias áreas da pavimentação, como: tratamento superficial, microrrevestimento asfáltico a frio, pintura de ligação, reutilização de materiais fresados e removidos de camadas de asfalto desgastadas, conhecidas como RAP (*reclaimed asphalt pavement*), misturados com emulsão asfáltica e aplicados em novos pavimentos asfálticos, entre outros usos. Segundo Mendes (2017), o processo de EAP consiste em quebrar moléculas originadas pela mistura de água e óleo, deixando-as livres para ligarem-se entre si.

O processo de fabricação da EAP consiste na diluição do CAP em meio solvente, produzindo-se assim, a fase sólida (ligante). A fase líquida é produzida com o uso de água, emulsificante, solvente e ácido. Ambas as fases são então misturadas em um moinho, onde é aplicada energia mecânica para a dispersão das misturas. Geralmente são utilizados produtos tenso ativos para reduzir a tensão interfacial asfalto/água, garantindo a separação em duas fases, mesmo após estocagem (BALBO, 2015 apud MENDES, 2017, p.39).

E por último, têm-se os asfaltos modificados ou asfaltos-polímero, estes diferenciam-se dos demais em razão do uso de aditivos para obter maior resistência quando submetidos a variação de temperatura ou temperaturas elevadas e a melhoria das propriedades mecânicas do asfalto. São obtidos diretamente da natureza, através de óleos lubrificantes, madeira ou cortiças e assim transformados em materiais artificiais. Também usados para aumentar a durabilidade do material, elevar a coesão, resistência a fadiga, fissuração e deformações plásticas, reduzir as influências promovidas pela temperatura, entre outros objetivos. Estes aditivos possuem viabilidade para garantir o desempenho do tráfego pesado, assegurando maior tempo de conservação, que consequentemente reduzirá custos com manutenção ou reparo. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte – DNIT (2006, apud MENDES, 2017, p. 25), os pavimentos podem ser classificados como flexíveis, rígidos ou semirrígidos. Os primeiros caracterizam-se por apresentar deformação elástica quando a carga aplicada é distribuída ao longo de suas camadas. Já os pavimentos rígidos, possuem um alto grau de rigidez que permite a absorção da maior parte das

cargas, destinando-as para suas camadas inferiores, ou seja, as fundações. E por fim, os semirrígidos, que são constituídos por bases cimentadas.

De acordo com Rocha e Rezende (2017), as rodovias brasileiras são compostas principalmente por pavimentos flexíveis e asfálticos, devido apresentarem viabilidade de custo e facilidade construtiva, quando comparados aos outros tipos de pavimentos. Além disso, destaca que a diferença entre as demais classificações, são relacionadas a critérios de espessura, disposição e materiais constituintes. Contudo, a definição do tipo de pavimento ocorre em função da necessidade de distribuição das tensões e não em razão dos materiais utilizados. Pode-se citar também que os materiais asfálticos são viscoelastoplásticos e termoplásticos, propriedades diretamente relacionadas aos efeitos provocados por ações impostas ao material, ou seja, modificação do módulo de elasticidade deste conforme a temperatura. No Brasil, a maior parte das vias são constituídas por revestimentos asfálticos. O asfalto é composto por materiais betuminosos, os quais são obtidos através do petróleo ou seus derivados. Conforme Mendes (2017), o asfalto é impermeável a água, apresenta boa durabilidade e oxidação lenta quando entra em contato com a ar, embora sua aceleração pode ocorrer mediante elevação de temperatura.

2.2. Camadas da pavimentação asfáltica

A Fiesp (2017), conceitua pavimentos como estruturas construídas sobre o subleito, camada conhecida como o solo de fundação. Este sistema é feito de camadas compostas por material específico, no qual possui espessura finita. Os pavimentos são destinados a receber solicitações de tráfego e variações de tráfego, sem que haja o desconforto e insegurança do usuário ao rolamento. Segundo Senço (2001, apud SILVA et al., 2018) pavimentos rígidos são estruturas pouco deformáveis, constituídas principalmente de concreto de cimento Portland. Tendem a romper por tração na flexão, quando sujeitos a deformações. De modo geral, para que uma obra de pavimentação asfáltica obtenha bons resultados é necessário que esta siga as etapas de execução impostas no projeto. Para isso, essas etapas são realizadas mediante o preenchimento das camadas existentes na pavimentação, sendo assim denominadas de: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito. Vale ressaltar que todas essas camadas citadas são sustentadas pelo subleito, camada mais profunda.

O revestimento é a camada destinada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego (SENÇO, 2001, apud SILVA et al., 2018). Quando este é provido de misturas asfálticas, pode ser subdividido em duas camadas ou mais, as quais são chamadas de camadas de rolamento e camadas de ligação, e em alguns casos pode haver camada de nivelamento e camada de reforço. A primeira é designada a receber os esforços devido o contato direto com as cargas. A segunda, também conhecida como intermediária, também composta por misturas asfálticas, localiza-se entre a camada de rolamento e a base do pavimento. Já a camada de nivelamento é empregada quando há necessidade de recapeamento, a fim de corrigir erros de desníveis na pista, situa-se acima da camada de rolamento. E a última, é empregada somente quando a camada de rolamento se encontra deteriorada exigindo assim, um reforço estrutural ou funcional. A base tem como função, absorver as tensões transmitidas pelas camadas sobrepostas. Esta, é constituída de por uma camada na ordem de 20 cm de material britado de granulometria extensa. A sub-base complementa a base, sendo composta por cascalho, solo-cal e solo-cimento (SILVA, 2008, apud SILVA et al., 2018).

2.3. Processo para obtenção do material fresado

Segundo Rosa et al. (2016, apud OLIVEIRA et al., 2019), os pavimentos asfálticos devem gerar comodidade e condições ideais de trafegabilidade, porém, o aparecimento de patologias gera transtornos e reduz seu tempo de vida. De modo geral, Oliveira et al. (2019), cita que esses defeitos costumam aparecer na superfície de rolamento, causando desconforto, insegura e custos aos usuários. Esses defeitos podem ser classificados como estruturais ou funcionais. Os primeiros designam à diminuição da capacidade do pavimento de suportar cargas, havendo perda da sua integridade estrutural. Já os funcionais relacionam-se às condições de segurança e trafegabilidade do pavimento em termos de rolamento (DNIT, 2006 apud ROSA et al., 2016).

Visto que, quando a camada superior do pavimento, ou seja, o revestimento, sofre deterioração devido a ação de agentes físicos, mecânicos ou químicos, esta necessita de uma manutenção para possibilitar seu funcionamento contínuo. Desse modo, para corrigir esses defeitos ocorridos em pavimentos e o reestabelecimento da superfície de rolamento é necessário que seja feita a restauração do mesmo, através de processos de fresagem do material antigo e recomposição com um novo (DNIT, 2006^b; BONFIM, 2016, apud PASCHE, 2018).

A fresagem é realizada através de uma máquina chamada de “fresadora”, que tem como finalidade, remover partes do asfalto soltas ou sem resistência, triturando-as. Segundo Cunha et al. (2018), a composição dessa mistura triturada é formada por brita, areia, *filler* e CAP. A função desse método é nivelar o pavimento, quando há a presença de desníveis nos eixos longitudinais ou transversais, retirar antiga sinalização da pista e melhorar a aderência ao pavimento, em virtude da raspagem feita pela máquina (Figura 1).

Figura 1. Pavimento após a técnica de fresagem no km 100 da BR-316, Caxias – MA.



Com relação à rugosidade resultante na pista, a fresagem é classificada como profunda, rasa ou superficial. A primeira destas, é destinada para corrigir a estrutura, como execução de serviços de reparos e requadramento de buracos. Por alcançar uma quantidade considerada de profundidade, pode atingir as demais camadas como base e até mesmo a sub-base. A fresagem rasa é recomendada para a correção de defeitos funcionais e reparos superficiais. De acordo com o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DNER), a textura adquirida por esse processo influencia positivamente a ligação e a resistência ao cisalhamento da camada antiga e a nova camada de revestimento (DNER, apud FERREIRA FILHO, 2018). E a fresagem superficial, chamada também de fresagem de regularização, é aplicada para consertar defeitos do tipo exsudação e deformação plástica presente na superfície do pavimento. Quanto à espessura do corte, esta pode acontecer de três maneiras possíveis, variando conforme o tamanho dos bits (dentes) ou espaçamento da máquina fresadora (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação quanto ao tipo de fresagem.

Tipos de fresagem	Profundidade	Quantidade de bits	Espaçamento entre os bits (mm)
Padrão	10 a 30 cm	162	15
Fina	menor que 10 cm	274	8
Microfresagem	ordem de mm	672	6

Fonte: Adaptado de BALBO (2018).

2.4. Possibilidades de aproveitamento do material fresado

Segundo Oliveira e Reis (2017), a construção civil é uma das atividades que mais provoca impactos ambientais, devido ao consumo de recursos naturais, geração de resíduos e mudança de paisagem e na maioria das vezes a falta de gestão ambiental adequada. No Brasil, 41 a 70 % da massa total dos resíduos sólidos urbanos, correspondem aos resíduos gerados pelo setor da construção (BRASILEIRO; MATOS, 2015 apud LAFAYETTE et al., 2019). Paraná (2010, apud OLIVEIRA; REIS, 2017), afirma também que muitas construtoras não percebem a viabilidade da reciclagem de resíduos, devido aos aspectos econômicos. Estas, julgam ser um fator negativo à qualidade técnica dos serviços, em especial pela resistência ao uso de novas tecnologias. De outra forma, essa prática apresenta vantagens de redução do volume de resíduos sólidos, minimização de gastos com matérias-primas, redução de custos com limpeza e organização do local. Linhares, Pereira e Ritter (2007, apud FERNANDES; SILVA FILHO, 2017), também citam que a limpeza e a coleta de resíduos, juntamente com a saturação de aterros licenciados, ocasionam prejuízos financeiros e de planejamento para os municípios.

Bourscheid e Souza (2010, apud OLIVEIRA; REIS, 2017) ressaltam outra vantagem importante, ou seja, a diminuição de gastos com a destinação de resíduos sólidos a aterros sanitários ou a falta de destinação adequada por meio dos responsáveis. A proposta de empregar o resíduo como agregado, visa minorar a quantidade de materiais, como cimento, brita, areia, energia, água, e outros, além de reduzir despesas a médio e longo prazo na obra. Em função das melhorias em infraestrutura, a preocupação com a questão ambiental não se faz presente. Obras de pavimentação acontecem todos os anos, e em etapas como a de fresagem, é notável que a remoção da camada asfáltica constitui um processo físico que incorpora a geração de resíduos. Estes, até então, são pouco aproveitados na indústria da construção. Desse modo, duas formas bastante usuais nos dias de hoje é a reciclagem e a reutilização, que tem como objetivo amenizar os impactos ambientais causados pelas obras de construção civil. Fernandes e Silva Filho (2017) ressaltam que os Resíduos da Construção Civil (RCC) são provenientes de perdas e desperdícios ocorridos na construção, demolição, reforma e reparos de obras. Os RCC representam um valor significativo em relação ao volume produzido, e conforme a Resolução Conama nº 307, estes podem ser enquadrados em quatro classificações distintas.

Os resíduos classe A, correspondem aos que podem ser reciclados ou reutilizados como agregados, oriundos de construções, demolições e reparos, tanto de obras de infraestrutura quanto de edificações ou processos de fabricação ou demolição, ocorridos em canteiros de obras. Resíduos classe B, são aqueles que podem ser reciclados para outros fins, como plásticos, vidros, metais, madeiras e outros. A classe C designa resíduos aos quais não possuem uma tecnologia ainda existente para que possam ser reciclados e postos a outras destinações. E a classe D, são resíduos perigosos provenientes de construções, como por exemplo, tintas, solventes e óleos, ou resíduos oriundos de demolições ou reparos de clínicas de radiologia e indústrias, materiais compostos por amianto e demais produtos prejudiciais à saúde. Conforme citado na mesma Resolução, materiais de fresagem podem ser classificados em resíduos classe A e assim serem aplicados como agregados. O beneficiamento do determinado material permite que este seja utilizado como matéria prima ou produto. Dessa forma, o processo de reaproveitamento desse RCC possibilitará que o mesmo seja utilizado em novos processos de pavimentação, como agregado.

Os resíduos provenientes da construção ou demolição são extremamente heterogêneos, e em sua composição pode conter: concreto e argamassa (cimentícios); agregados (natural ou artificial); telhas, tijolos, azulejos e louças (cerâmicos), telhas de amianto, materiais metálicos, madeira, vidro, solo, entre outros (OLIVEIRA; ARAÚJO; ARAÚJO, 2018). O material fresado pode ser inserido no grupo de Solos Contaminados por Derivados de Petróleo (SCDP), por apresentar componentes betuminosos presentes no asfalto. O uso desse material surge como alternativa de descarte adequada na própria pavimentação com perspectiva econômica, ambiental e técnica (ALDIGUERI et al., 2004; ONOFRE et al., 2009 apud ARAUJO et al., 2016, p.78). Com isso, Silva (2011, apud SILVA; FARIAS, 2018), ressalta que o meio técnico rodoviário tenta atrair tecnologias afim de economizar com processos que envolvem a restauração da pavimentação asfáltica. Desse modo, destaca também que a reciclagem de revestimentos asfálticos apresenta rapidez executiva, custos competitivos e

valorização do aspecto ambiental. Cunha et al. (2018), afirmam que o valor do material presente na camada fresada muitas vezes é subestimado, porém, este apresenta o ligante asfáltico, como principal característica, componente de maior valor econômico na fabricação de pavimentos.

2.5. Métodos de reciclagem de pavimentos

Na intenção de mitigar os impactos ambientais, consumo de materiais naturais e reaplicação de resíduos sólidos, procura-se inserir os rejeitos da construção civil, geralmente em forma de agregados para a produção de aterros, argamassas e concretos (OLIVEIRA; ARAÚJO; ARAÚJO, 2018). Bonfim e Domingues (1995), afirmam que a reciclagem de pavimentos asfálticos no Brasil, vem ocorrendo desde a década de 1980, predominantemente após o uso de máquinas de fresagem. Assim, o material fresado obtido através da capa asfáltica, pode ser reaproveitado por meio de processos de reciclagem, para serem utilizados em novos revestimentos ou binder. Esse processo consiste em aplicar agentes rejuvenescedores ou aditivos químicos no resíduo fresado, a fim de recuperar características do ligante antigo (BONFIM E DOMINGUES, 1995, apud SILVA; FARIAS, 2018).

Desse modo, essa reciclagem pode ocorrer de duas formas: reciclagem a frio ou reciclagem a quente. A reciclagem a frio é baseada na remoção do pavimento antigo e a combinação deste com o novo ligante. Esses ligantes geralmente são emulsão asfáltica ou espuma de asfalto. Em seguida, são levados novamente para a obra, em silos de armazenamento, espalhados no local e compactados. No Brasil, essa técnica é pouco utilizada, pois demanda custos com o transporte do material fresado até a usina. O asfalto pré-misturado à frio é fabricado em temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (fíler) e emulsão asfáltica, espalhada e comprimida a frio (DNIT, 2009 apud ROSA et al., 2016). Quando essa reciclagem é feita *in situ*, não há a necessidade de levar o resíduo a uma usina. Então, logo após a fresagem, o material já é utilizado no local que houve a fresagem. Este processo ocorre através de uma máquina recicladora, seguido da complementação de camadas superiores em misturas betuminosas. A reciclagem a quente também pode ser feita em usina ou *in situ*, porém, o material fresado é misturado a quente com agregado natural, asfalto e/ou agente rejuvenescedor. Quando ocorre no local, a fresagem é feita a frio e processada a quente. A resultante dessa mistura pode ser aplicada em camadas de base, regularização ou camadas de deterioração. O ligante utilizado nesse tipo de reciclagem é o betume.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

O presente trabalho é destinado ao bairro Maiobão, localizado na cidade de Paço do Lumiar – MA, município pertencente a Região Metropolitana de São Luís – MA, e possui uma população de 120.621 habitantes, segundo estimativas de 2018 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Recentemente, o bairro Maiobão perdeu grande percentual da pavimentação das vias, em consequência do período chuvoso. A Figura 2 e a Figura 3, evidenciam a necessidade da construção de um novo pavimento.

Figura 2. Bairro Maiobão, no município de Paço do Lumiar – MA.



Figura 3. Camada de revestimento asfáltica deteriorada (Bairro Maiobão, Paço do Lumiar – MA).



Diante desse cenário, este artigo propõe empregar o uso de RCC, especificamente, material fresado, proveniente de obras de manutenção da cidade vizinha, São Luís – MA, em sua nova pavimentação.

3.2. Materiais e métodos

Foram feitos estudos embasados em artigos científicos, livros eletrônicos (e-books do CBR), sites e dissertações. Desse modo, foram analisadas as questões conceituais da pavimentação nos dias atuais, os impactos causados pela demanda de pavimentação pelos usuários e suas necessidades, de acordo com dados obtidos pelo DNIT. Também foram estudados os processos e camadas de pavimentação asfáltica, e como funciona o procedimento de fresagem quando a camada asfáltica se encontra deteriorada. Com isso, houve a verificação da viabilidade econômica e ambiental da reciclagem do material fresado, e seu emprego na pavimentação como agregado levando em consideração a Resolução Conama n° 307/ 2002. Por fim, realizou-se a coleta de imagens do bairro Maiobão e dados populacionais fornecidos pelo IBGE.

Com base nos estudos realizados e nos dados coletados de casos que já fizeram o uso do material fresado como agregado na pavimentação asfáltica, foi proposto o método de reciclagem mais viável tecnicamente, para efetivar o aproveitamento desse resíduo na nova pavimentação do bairro Maiobão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram fundamentados em estudos, aplicações já existentes da reciclagem do material fresado e análises laboratoriais. Na pesquisa feita por Ferreira Filho (2018), foram estudadas as misturas betuminosas a frio com a adição de emulsão de ruptura lenta do tipo RL-1C. Este, coletou material proveniente do processo de fresagem rasa na avenida José Sarney, localizada

no bairro São Cristóvão, no município de São Luís – MA. O material adquirido correspondia espessura de 3 cm de profundidade. Com isso, foram analisadas diferentes amostras compostas por material fresado e amostras compostas por material virgem. Assim, houve a confecção de corpos de provas com teores de emulsão distintos para que pudesse fazer um comparativo de comportamento com relação ao aumento da quantidade de ligante. Desse modo, constatou-se que misturas feitas com material fresado necessitava de aproximadamente 50% da quantidade de emulsão utilizada em misturas compostas apenas por agregado virgem, para que houvesse a ligação e coesão entre eles. Logo, tratando-se de obras de pavimentação, este fato é uma possibilidade de redução de materiais ligantes.

Os ensaios realizados com o material reciclado não corresponderam com aos requisitos de estabilidade Marshall e a resistência à tração por compressão diametral. Porém, apresentaram resultados satisfatórios em relação à algumas características físicas e mecânicas. Contudo, tanto a procedência do material quanto a sua qualidade, irão determinar sua viabilidade de utilização. Como exemplos de aplicações, Balbo et al. (2018) cita a BR – 101/RJ da Divisa do Espírito Santo como Rio de Janeiro até a ponte Rio/Niterói, e a Rodovia Fernão Dias, BR-381, que liga as cidades de Contagem/MG e Guarulhos/SP.

A primeira obra utilizou métodos de reciclagem analisando alguns critérios existentes na antiga pavimentação. A princípio, verificou as regiões onde o desgaste do material não atingiu a base da estrutura, depois realizou uma fresagem do tipo profunda (8 a 10 mm de profundidade), e o material coletado foi levado para uma usina fixa, onde foi peneirado após descartar os 2 cm remanescentes. A granulometria deste, deve ser compatível com a de projeto. Em seguida, realizou-se a mistura desse resíduo com agregado virgem, asfalto ou agente rejuvenescedor. Após esses procedimentos, o novo agregado foi utilizado como revestimento primário, sendo posto superiormente um revestimento secundário composto por Cimento Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), material não reciclado. Desse modo, foi constatado que 75% do material fresado foi aproveitando, evitando assim desperdícios como consumo de energia e exploração de recursos naturais.

Em regiões em que a deterioração do pavimento atingiu a base, foi realizado outro procedimento. Primeiramente, foi feita fresagem profunda na camada superior do revestimento, que seguiu os critérios citados anteriormente, e a coleta de material seguiu os mesmos parâmetros de projeto. Depois, foi feita uma nova fresagem, porém, na camada da base. Esse material fresado foi coletado e levado para uma usina móvel, onde foi misturado com emulsão asfáltica e cimento. O material resultante dessa mistura foi aplicado na camada da base e compactado. Esperou-se a cura do cimento, e posteriormente, inseriu o material reciclado do revestimento sobre a base, em uma espessura de 8 cm. Em seguida, foi aplicado o CBUQ na espessura de 5 cm, no qual foi compactado, totalizando uma espessura final de 10 cm, devido a redução de 3 cm na compactação.

Com a aplicação de cimento e emulsão asfáltica na camada da base, nota-se que há um beneficiamento das propriedades mecânicas a curto prazo e a permanência da flexibilidade da estrutura a longo prazo. Além disso, a utilização de usinas móveis, reduz custos com transporte de materiais fresados. O segundo exemplo, apresenta uma obra feita entre o km 641,5 e o km 642,3 no sentido de São Paulo. Esta, utilizou métodos de reciclagem profunda para recuperar o pavimento dessa via. Dessa maneira, foi feita uma fresagem na camada do revestimento degradado e a coleta do mesmo. Logo após, este foi misturado com água, cimento e emulsão modificada por polímero, em uma usina fixa. Foi adicionado cimento na superfície do solo, ajuste de umidade ótima e mistura e compactação do solo. Depois, esperou-se o tempo de cura e aplicou o material reciclado na primeira camada de revestimento, seguida da aplicação da camada de concreto asfáltico. Por fim, realizou-se a compactação da camada de revestimento.

Araujo et al. (2016) realizou análises para verificar a viabilidade técnica e ambiental da utilização de Solos Contaminados por Derivados de Petróleo (SCDP) em misturas asfálticas. Neste estudo, foi utilizado 30% em massa de SCDP em misturas de areia asfáltica (AA) usinadas à quente,

com e sem a utilização de cal. Os materiais analisados seguiram as especificações do DNIT e passaram por ensaios de fluorescência por Raio X, lixiviação (NBR 10.005) e solubilização (NBR 10.006). Desse modo, foram preparadas três amostras, a primeira, continha apenas agregados naturais; a segunda amostra foi composta por 70% de agregado natural e 30% de SCDP; e a terceira, continha 68% de agregado natural, 30% de SCDP e 2% de cal. Com base nos resultados das análises, os ensaios de lixiviação e solubilização classificaram os SCDP como perigosos, porém, as misturas asfálticas compostas com resíduos de SCDP são classificadas como não perigosas, característica na qual reduz os impactos ambientais.

Outro fator relevante observado nesta pesquisa, é que misturas contendo SCDP em sua composição, apresentavam melhor comportamento quando submetidos a ensaios de fadiga com baixos valores de tensões. Ressalta-se que em relação a viabilidade ambiental, misturas asfálticas contendo este tipo de resíduo representam diferenças pouco significativas às misturas asfálticas compostas por agregados naturais.

5. CONCLUSÕES

Visto que, o revestimento da pavimentação do bairro Maiobão foi praticamente todo perdido, deve-se refazer uma nova camada, com função aderente ao revestimento asfáltico a ser implantado. Seria recomendado utilizar o aproveitamento de materiais fresados provenientes da cidade vizinha, São Luís – MA, que atualmente está desenvolvendo obras de reabilitação do pavimento asfáltico.

Obras de fresagem geram um grande volume de resíduos sólidos, que em termos ambientais, há viabilidade de fazer um gerenciamento desse material, empregando-lhe um método de reciclagem eficiente. A reciclagem a quente em usina ou central é viável para este tipo de obra, pois o material a ser utilizado será obtido de uma localidade próxima e transportado em forma de mistura asfáltica.

Dessa forma, haverá a redução da exploração de jazidas e minimização do uso de agregados virgens, além da destinação correta desse resíduo e aumento da vida útil de aterros sanitários. Do ponto de vista social, técnicas de reciclagem proporcionam a geração de empregos e renda, além de trazer visibilidade para a imagem da empresa que executa essa tecnologia.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL- DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

ARAUJO, V. M. C.; CASTELO BRANCO, V. T. F.; LIMA, D. M.; CAVALCANTE, R. M. Avaliação ambiental da utilização de solo contaminado por derivados de petróleo (SCDP) em misturas asfálticas. **Transportes**, v. 24, n. 2, p. 77-87, 2016.

BALBO, J. T.; BERNUCCI, L. L. B. **Fresagem e reciclagem asfáltica em obras de reabilitação**. São Paulo, 2018. 23 p.

BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL- DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº. 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2002.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

CUNHA, C. B.; BUDNY, J.; KLAMT, R. A.; CANTOFANTE, R.; BARONI, M. Avaliação de concreto asfáltico usinado a quente com incorporação de material fresado. **Matéria (Rio de Janeiro)** v. 23, n. 3, p. 1-10, 2018.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Pavimento de vias no Brasil: infraestrutura de transportes terrestres rodoviários e cadeias produtivas da pavimentação**. São Paulo: 2017.

FERNANDES, M. P. M; SILVA FILHO, L. C. P. Um modelo orientativo para a gestão municipal dos RCCs. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 2, 2017.

FERREIRA FILHO, E. C. **Estudo de Revestimento Asfáltico Fresado em Misturas Asfálticas a Frio para Camadas de Pavimento**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Paço do Lumiar**. 2018.

MENDES, R. M. **Influência da seleção de materiais na vida útil de um pavimento asfáltico**. 2016. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL- DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

OLIVEIRA, A. A. F. F.; ARAÚJO, D. A. M.; ARAÚJO, M. J. O. Emprego de resíduos de construção e demolição produzidos em Natal/RN em camadas de pavimento: análise física e mecânica. **Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**, v. 16, n. 2, p. 75-88, 2018.

OLIVEIRA, D. C. BIFANO, R. P.; SOUZA, R. E.; OLIVEIRA, R. A. S. TOLEDO, C. E. Identificação de manifestações patológicas em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Margarida – MG. **Revista Pensar Acadêmico**, v. 17, n. 1, p. 33-42, 2019.

PASCHE, E.; SPECHT, L. P.; TANSKY, M. C.; CONSOLI, N. C. Avaliação da rigidez de misturas recicladas cimentadas: abordagem elástica e viscoelásticas. **Transportes**, v. 26, n. 1, p. 94-107, 2018.

ROCHA, M. T.; REZENDE, L. R. Estudo laboratorial de um solo tropical granular estabilizado quimicamente para fins de pavimentação. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. 4, p. 1-25, 2017.

ROSA, K. K. B.; MOTA, G. L. P.; SOUZA, J. M.; MARQUES, C. S.; NEVES, L. D.; FERNANDES, F. A. S. Diagnóstico e procedimento de recuperação das patologias apresentadas na pavimentação asfáltica de Palmas – TO. **Revista Integralização Universitária**, v. 11, n. 15, p. 1-15, 2016.

SILVA, J. P. S; FARIAS, M. M. Avaliação química e ambiental de misturas asfálticas rejuvenescidas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, p. 1-15, 2018.

SILVA, L. S.; NOGUEIRA, M. H. P.; LIMA, G. K. M.; BATISTA, N. J. S.; NASCIMENTO, F. R. Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT) – Belém – PA versus Fortaleza – CE. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 6, p. 1-25, 2018.

VOGEL, C. R. **Acompanhamento da Irregularidade Longitudinal Pós-Restauração de Pavimento em Concreto Asfáltico de Rodovia Estadual do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2015.

4.2 ASFALTO DO TIPO CONCRETO BUTIMINOSO USINADO A QUENTE MODIFICADO COM POLÍMEROS POLIPROPILENO

ARAÚJO, Leticya Fernanda Azevedo Alves
Universidade Ceuma
lethicya_fernanda@hotmail.com

LIMA, Ricardo de Jesus Paixão
Universidade Ceuma
ricardojplima@hotmail.com

MESQUITA, Ramaiany Carneiro
Instituto Federal do Maranhão
ramaianycarneiro@hotmail.com

GONÇALVES, Cintia Leite
Universidade Federal do Paraná
cintialeiteg@hotmail.com

RESUMO

O cimento asfáltico de petróleo (CAP) é um ligante utilizado para unir os agregados na pavimentação asfáltica, a pesquisa tem como objetivo substituir o CAP por um ligante polimérico de polipropileno (PP) que possui características bem parecidas, a fim de produzir um asfalto ecológico e econômico. A metodologia foi aplicada foi a norma DNER-ME 053/94. Que obtiveram resultados satisfatório em relação aos vazios do agregado mineral (VAM), volume responsáveis por preencher os espaços vazios, apenas dois pontos não entrou na norma contribuindo assim para um bom desempenho das amostras, já os parâmetros mecânicos o ligante PP foi positivo, pois alcançou-se o resultado esperado em todos os pontos, obtendo altas estabilidades nas amostras modificadas, levando destaque em dois pontos de amostras modificadas que chegaram na leitura máxima da prensa de Marshall sem romper o corpo de prova, assim podendo suportar mais carga. Após análises, verificou-se que os agregados utilizados não se encaixaram perfeitamente na faixa, deixando assim alguns espaços vazios nos pontos, quanto ao ligante obteve-se resultados esperados de estabilidades e aderência bem favoráveis.

1. INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo tem um grande significado no cenário econômico mundial. O petróleo possui uma gama de derivados obtidos por meio de seus processos de separação físicos-químicos, que corresponde desde a simples geração de energia até a sua utilização na indústria química e petroquímica. O fato de ser uma fonte de energia não renovável fica cada dia mais evidente que essa cadeia produtiva está com seus dias contados, com isso grandes investimentos e pesquisas vêm sendo desenvolvidos com o objetivo primordial de substituir os derivados de petróleo por materiais recicláveis a fim de utilizá-lo apenas para produtos que realmente não possa ser substituído por outra substância e assim diminuir as emissões de gases e resíduos sólidos que poluem o meio ambiente.

O cimento asfáltico do petróleo (CAP) ou simplesmente ligante asfáltico, é um resíduo final de todo o processo de destilação do petróleo. Age como ligante na preparação da mistura asfáltica, dando aderência aos agregados. Essa mistura é constituída de agregados (miúdos e graúdos), fíler ou enchimento e o cimento asfáltico do petróleo. A granulometria e a qualidade dos agregados são fatores fundamentais para a aplicabilidade ao uso de ligantes modificados para um bom desempenho do cimento asfáltico (FARIA, 2015).

O concreto asfáltico betuminoso à quente (CBUQ) é um dos revestimentos mais utilizado em rodovias e vias interior urbano de grande fluxo de veículos, sua aplicabilidade é bem mais favorável em temperatura de um clima tropical apesar de ser um asfalto do tipo flexível, que sofre deformações conforme esforços são aplicados simultaneamente sobre as camadas inferiores a mistura asfáltica, possui vantagens em comparação aos demais tipos de revestimento rígido e semirrígido, apesar do custo de produção ser mais elevado ele tem uma melhor rentabilidade em custo/benefício tanto para o usuário quanto para a empresa responsável pela obra (FARIA, 2015). A pavimentação trata-se de uma base horizontal composto de várias camadas (revestimento, base, sub-base, subleito) pré-dimensionadas uma sobreposta à outra, essas camadas são responsáveis por receber e transmitir ações provenientes do tráfego de veículos. As misturas betuminosas preparadas com o asfalto convencional nem sempre atendem as necessidades do alto tráfego de veículos nas vias. Com a incorporação de modificadores no asfalto melhoram as propriedades dessa mistura (MOREIRA, 2013).

Os problemas enfrentados hoje com a pavimentação asfáltica, é devido o grande fluxo de circulação de veículos nas cidades e rodovias, excesso de carga em caminhões que possibilita o desgaste das vias em um menor período de tempo. Devido a esses transtornos, o processo de pavimentação asfáltica tem desenvolvido gradativamente em melhorias contínuas na qualidade do asfalto, incorporando modificadores na mistura com intuito de aprimorar as propriedades contidas no nele. Esses modificadores são aditivos que proporcionam um aumento na durabilidade do revestimento, dando uma melhor resistência e adesividade no asfalto, promovendo assim conforto e segurança ao usuário (ABEDA, 2006). No presente trabalho, o CAP será substituído por polímeros polipropileno (PP) no asfalto do tipo CBUQ, com o objetivo de utilizar materiais recicláveis descartados ao meio ambiente, proporcionando um melhor aproveitamento de materiais poliméricos na mistura asfáltica, assim além de obter baixos custos na produção do pavimento a rentabilidade e a durabilidade do asfalto modificado produzido, tem-se demonstrado mais eficiente do que os asfalto comuns, pois, os polímeros têm comportamentos mecânicos que poderá dar uma melhor resistência ao pavimento asfáltico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sobre o surgimento do petróleo, a hipótese mais aceita que ele é proveniente de resto de materiais orgânicos, bactérias e produtos nitrogenados, acumulados no fundo de mares e oceanos, passando por transformações químicas durante centenas de anos, e sobre grandes pressões e altas temperaturas foram se formando e depositado nas rochas sedimentares (PETROBRÁS, 2014).

O petróleo percorre uma longa história na indústria da pavimentação asfáltica. Entre os anos 625 e 604 a.C., foi feita a primeira rodovia asfaltada, com material retirado de lagos naturais. Povos do Egito, Pérsia, Mesopotâmia, Judeia e Pré-Colombianos usavam para iluminação de suas residências, calafetagem de grandes construções e navios, embalsamar corpos, pavimentação de estradas, impermeabilizantes entre outros fins (SOUSA, 2017).

A *Standard Oil Company* foi à empresa pioneira no ramo da indústria do petróleo. Só após a Segunda Guerra Mundial, o Brasil iniciou um debate sobre como explorar e produzir petróleo no país, pois até o momento só empresas estrangeiras tinham capital e tecnologia necessária para investirem na exploração em terras brasileiras. Assim, com o surgimento da PETROBRÁS em 1953, uma empresa de economia estatal e capital aberto sendo o maior acionista o governo brasileiro, começou a exploração, produção, refino e comercialização dos produtos derivados do petróleo no país (DIAS; QUAGLINO, 1993).

O Brasil é um país de dimensões continentais, somando mais de 207 milhões de habitantes distribuídos irregularmente sobre cerca de 8,5 milhões de km², dotado de uma malha rodoviária pavimentada relativamente pequena em relação à malha total, por vezes em mal estado de conservação, com poucas ferrovias e uma rede fluvial de baixa utilização (SILVA; FARIAS, 2018). Com o passar dos anos a grande demanda pela infinidade de produtos derivados do petróleo fez dele a matéria prima mais cobiçada no mundo inteiro. Assim desencadeou uma nova indústria no mercado, surge então a indústria petroquímica responsável por consumir a maior parte do petróleo produzido gerando uma gama de produtos derivados do petróleo como a borrachas sintéticas, cosméticos, produtos farmacêuticos, plásticos, solventes e além dos combustíveis que é de grande utilidade para a sociedade atual (ANTUNES, 2011).

Considerando que o petróleo é a maior fonte de energia do mundo, sua finalidade é bastante favorável, apesar de ser uma matéria-prima totalmente poluente ao meio ambiente, ainda não se encontrou nenhuma matéria que possa substituir por completo o famoso petróleo, o “ouro negro” (SILVA, 2008).

3. METODOLOGIA

Os asfaltos convencionais e os asfaltos modificados são caracterizados pela realização dos ensaios recomendados pelos métodos de ensaio EM 095 (DNIT, 2006) e EM 129 (DNIT, 2011), respectivamente. De acordo com a norma DNER-ME 043/1995, menciona que o método de dosagem Marshall tem como objetivo determinar a estabilidade e a fluência de misturas betuminosas usinadas a quente, utilizando o aparelho Marshall. A estabilidade é a resistência máxima à compressão, apresentada pelo corpo de prova, quando moldado e ensaiado de acordo com o processo estabelecido neste método (ARAÚJO, 2016). Para fazer uma mistura asfáltica que atenda as necessidades exigidas pelos órgãos responsáveis pelo tráfego terrestre se faz necessário conhecer todas as informações dos materiais agregados, tais como propriedades mineralógicas, físicas e químicas de cada agregado. Com essas informações pode-se prever o comportamento dos materiais na mistura asfáltica e, com isso, ter bons resultados na estrutura pavimentada, essas características são obtidas através de ensaios e testes realizados em laboratórios antes da mistura ser realizada (BALBO, 2015).

A caracterização do ligante asfáltico também é feito em laboratório, por meio de análise térmica e permite obter, dentre algumas informações, o comportamento da estabilidade térmica do material com e sem modificador, podendo assim relacionar os resultados obtidos nas análises com a real influência da temperatura sobre o ligante tanto nas etapas de produção como durante o uso do cimento asfáltico no pavimento.

3.1. Materiais e métodos

O CAP 50/70 (teor de penetração) utilizado como ligante asfáltico dos agregados, veio da indústria de asfalto Top Engenharia, São Luis – MA. De acordo com a norma técnica NBR 9935

(ABNT, 2011), o agregado é definido como um material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a argamassa ou concreto. Os agregados utilizados no experimento foi a brita 1, pedrisco, pó de brita e areia provenientes de uma mineradora da região, o fíler utilizado foi oriundo da indústria Cimento Bravo (CP IV 32 – RS), Distribuidora São Luís – MA, e o polímero utilizado são os copos PP transparentes 200/240 ml oriundos da empresa THERMOVAC de Rio Maior – SC. Após a seleção dos agregados a serem utilizados para a análise granulométrica, pesou-se cerca de 500 g de cada um a ser utilizado em cada amostra e feito a granulometria seguindo a norma DNER-ME 083/98 para fabricação do mesmo. Essa análise é feita por meio de uma série de peneiras descritas na norma DNER-ME 035/95 de malhas graduadas específicas para esse tipo de concreto asfalto CBUQ, após o peneiramento anotou-se os dados retidos em cada uma das peneiras para curva granulométrica dos agregados utilizados na mistura. Feito a granulometria dos agregados obteve-se a faixa específica conforme determina a norma do DNIT- ES 031/2006 para a dosagem de concreto asfáltico.

Em seguida, feito a densidade de cada agregado por meio da norma DNER-ME 081/98 (para agregados graúdos) e DNER-ME 084/95 (agregados miúdos). Utilizando os métodos de ensaios descritos nas normas pegou-se uma proveta de 1000 ml para determinar as densidades da brita 1 e pedrisco, já para a areia, fíler e o pó de brita foi utilizado a vidraria de Chapman. Primeiramente pesou-se 500 kg de cada um dos agregados e misturou com 200 ml de água, agitou-se a proveta e o Chapman para retirar as bolhas de ar de dentro e aguardou cerca de 10 min. para que o material preenchesse todos os espaços vazios do recipiente, após esse período anotou-se os resultados aferidos em cada vidraria de cada um agregado. Com esses dados obtidos foi possível calcular as massas específicas e as densidades máximas teóricas DNER-ME 194/98 de cada corpo de prova.

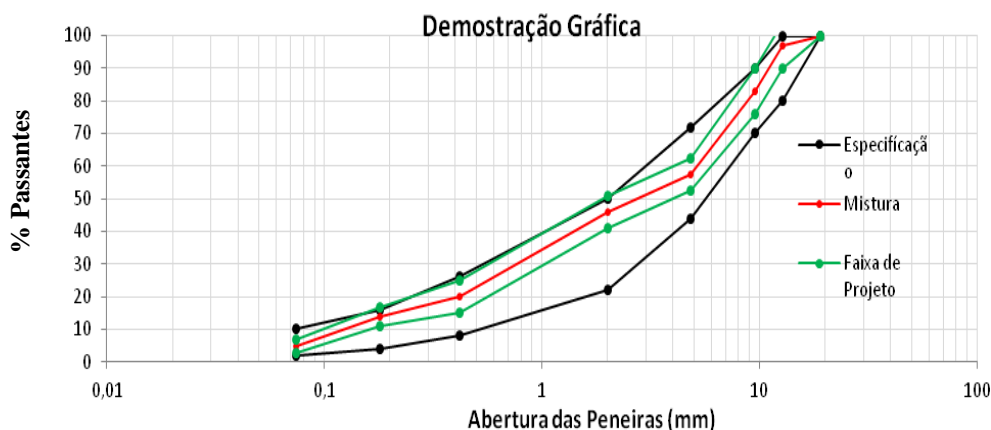
Para que seja feito a mistura dos agregados aos ligantes, é necessário aquece-los a uma temperatura de 160° C até que o ligante incorpore totalmente aos agregados, esse procedimento foi realizado tanto para os corpos de prova não modificados com polímero PP como os que foram modificados, os mesmos foram misturados nas temperaturas especificadas pelo método aplicado. Em seguida colocou-se a mistura dos agregados com o ligante no cilindro de Marshall e com uma espátula fez-se a acomodação da amostra onde será compactada, recebendo 75 golpes de cada lado do corpo de prova com o soquete de Marshall sem parar. Aguardou-se um período 24 horas em repouso para fazer retirada do corpo de prova do cilindro para continuar com as análises.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados obtidos na pesquisa foram feitos baseados nas normas do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes), DNER (Departamento Nacional de Estradas e Rodagens) e ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para a fabricação de misturas asfálticas modificados do tipo CBUQ. Seguindo as etapas do processo de fabricação dos corpos de prova, a granulometria se encaixa em uma das principais etapas desse processo, nela se caracteriza se os agregados a ser utilizado na mistura asfáltica estão dentro do padrão exigido pela norma. A Figura 1 mostra o resultado dessa análise.

Assim como demonstrado acima podemos verificar que os agregados utilizados na mistura estão dentro da faixa granulométrica exigido na norma de fabricação dos corpos de prova de asfalto do tipo CBUQ. O gráfico abaixo demonstra claramente isso, onde a mistura dos agregados se encaixa entre os tracejados das especificações e da faixa do projeto obtido.

Figura 1: Gráfico demonstrativo da composição da mistura.



4.1 Parâmetros volumétricos

Os resultados a seguir (Tabela 1) foram obtidos através dos ensaios volumétricos realizados com os corpos de prova. Feito a retirada dos copos de prova do cilindro de Marshall, realizou-se as pesagens do mesmo, pesagem ao ar e peso imerso para determinar as características dos parâmetros volumétricos de cada corpo de prova, no qual foi determinado os parâmetros V (volume do corpo de prova), Vv (volume de vazios), Gmb (massa específica aparente), DTM (densidade teórica máxima), VCB (vazios com betume), VAM (vazios do agregado mineral), RBV (relação betume/vazio). Através desses resultados podemos obter dados importantes suficientes para avaliar a estabilidade e durabilidade do concreto asfáltico.

Tabela 1. Parâmetros Volumétricos de cada corpo de prova.

		PONTO 1 (3,5%)	PONTO 2 (4,0%)	PONTO 3 (4,5%)	PONTO 4 (5,0%)	PONTO 5 (5,5%)
100% CAP	PESO AR	1204,80	1192,80	1193,50	1199,00	1185,80
	PESO IMERSO	704,00	672,00	696,00	686,00	688,00
	VOLUME CP	500,80	520,80	497,50	513,00	497,80
	DENS. APAR.	2,406	2,290	2,399	2,337	2,382
	Vv	5,86	9,69	4,68	6,44	3,93
	VCB	8,17	8,89	10,48	11,35	12,72
	VAM	14,04	18,58	15,16	17,78	16,65
	RBV	58,25	47,86	69,11	63,81	76,42
25% PP + 75% CAP	PESO AR	1165,70	1171,00	1189,20	1180,80	1166,50
	PESO IMERSO	700,00	704,00	698,00	686,00	684,00
	VOLUME CP	465,70	467,00	491,20	494,80	482,50
	DENS. APAR.	2,503	2,507	2,421	2,386	2,418
	Vv	2,21	1,31	4,01	4,69	2,74
	VCB	8,34	9,55	10,38	11,36	12,66
	VAM	10,56	10,86	14,39	16,05	15,40
	RBV	79,04	87,93	72,12	70,80	82,22
100% PP	PESO AR	1197,20	1138,60	1189,00	1173,70	1193,50
	PESO IMERSO	694,00	674,00	690,00	696,00	718,00
	VOLUME CP	503,20	464,60	499,00	477,70	475,50
	DENS. APAR.	2,379	2,451	2,383	2,457	2,510
	Vv	7,05	3,55	5,53	1,87	-0,98

	VCB	7,93	9,34	10,21	11,70	13,15
	VAM	14,98	12,88	15,74	13,57	12,17
	RBV	52,92	72,47	64,88	86,22	108,04
50% PP + 50% CAP	PESO AR	1150,30	---	1184,80	---	---
	PESO IMERSO	696,00	---	704,00	---	---
	VOLUME CP	464,30	---	480,80	---	---
	DENS. APAR.	2,532	---	2,464	---	---
	Vv	0,11	---	1,36	---	---
	VCB	8,44	---	10,56	---	---
	VAM	8,55	---	11,92	---	---
	RBV	98,75	---	88,61	---	---
75% PP+ 25% CAP	PESO AR	1176,60	---	1169,40	---	---
	PESO IMERSO	710,00	---	684,00	---	---
	VOLUME CP	466,66	---	485,40	---	---
	DENS. APAR.	2,522	---	2,409	---	---
	Vv	1,49	---	4,48	---	---
	VCB	8,41	---	10,32	---	---
	VAM	9,89	---	14,81	---	---
	RBV	84,96	---	69,74	---	---

Os dados da Tabela 1 são valores que os corpos de prova apresentaram após ser feito as pesagens dos mesmos. Como visto na tabela acima as amostras com 100% CAP o ponto 3 e o ponto 5 atingiram o ponto ideal de volumes vazios (Vv) que seria entre 3 e 5%. Para as amostras 25% PP + 75% CAP os pontos 3 e 4 também atingiram o ponto ideal de Vv. As amostras de 50% PP + 50% CAP nenhum dos pontos atingiram a meia ideal, nas amostras 75% PP + 25% CAP somente o ponto 3 entrou na média. Já as amostras 100% PP apenas o ponto 2 atingiu o ponto ideal, mais o ponto 3 chegou bem próximo a média esperada. Apenas o ponto 2 da amostra 100% PP não atingiu o volume VAM esperado os demais pontos de todas as amostras entraram na média do valor mínimo de agregados que fica entre 13 a 18%, volume responsável por preencher espaços vazios nas amostras, mais se o valor do VAM também for baixo em relação ao Vv possui defeitos indesejáveis, pois se os dois forem baixos como consequência acarreta problemas de durabilidade no asfalto podendo ocasionar desagregações precoces e trincas na pavimentação.

Considerando o volume relação betume-vazios (RBV) as amostras de 100% CAP, 25% PP + 75% CAP, 50% PP + 50% CAP, 75% PP + 25% não atingiu a média em nenhum dos pontos, todos os pontos ficaram abaixo da média esperada que varia entre 75 e 82% para o tipo de mistura CBUQ. Já nas amostras de 100% PP apenas um ponto se encaixou na norma o ponto 5, o volume RBV depende dos valores de Vv na qual os valores andam em conjunto afim de não produzir amostras com excesso ou falta de ligantes, o que pode ter ocorrido com os pontos a não atingirem a média. Em seguida colocou os corpos de prova submersos em banho-maria a 60° C durante 40 min, após o período imediatamente retira-se do banho-maria e põe no molde de compressão, aonde serão determinados por meio da prensa de Marshall os parâmetros mecânicos como a estabilidade (N) e fluência (mm) de cada corpo de prova.

4.2 Parâmetros mecânicos

Após o banho-maria os corpos de prova foram colocados no molde de compressão para submeter ao ensaio de tração, e determinar a estabilidade e a resistência à tração por compressão diametral conforme a norma da NBR 15.087 (ABNT, 2011). Colocado na Prensa de Marshall e

realizado o procedimento, fez-se a leitura da prensa e os pontos apresentaram os seguintes dados determinados (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros Mecânicos dos corpos de prova.

	CONSTANTE DA PRENSA "1,932"	PONTO 1 (3,5%)	PONTO 2 (4,0%)	PONTO 3 (4,5%)	PONTO 4 (5,0%)	PONTO 5 (5,5%)
100% CAP	leitura da prensa	780	750	530	720	500
	carga de ruptura	1506,96	1449,00	1023,96	1391,04	966,00
	fator de correção	1,02	1,09	1,09	1,08	1,05
	estabilidade corriida	1526,5	1562,8	1104,3	1450,1	1007,0
25% PP 75% CAP	leitura da prensa	1060	1100	980	945	690
	carga de ruptura	2047,92	2125,20	1893,36	1825,74	1333,08
	fator de correção	1,02	1,09	1,09	1,08	1,05
	estabilidade corriida	2074,4	2292,0	2042,0	1903,2	1389,7
100% PP	leitura da prensa	1980	2095	2250	2100	3090
	carga de ruptura	3825,36	4047,54	4347,00	4057,20	5969,88
	fator de correção	1,02	1,09	1,09	1,08	1,05
	estabilidade corriida	3874,9	4365,3	4688,3	4229,4	6223,3
50% PP + 50% CAP	leitura da prensa	520	---	2000	---	---
	carga de ruptura	1004,64	---	3864,00	---	---
	fator de correção	1,02	---	1,09	---	---
	estabilidade corriida	1409,0	---	4167,3	---	---
75% PP + 25% CAP	leitura da prensa	1320	---	3090	---	---
	carga de ruptura	2550,24	---	5969,88	---	---
	fator de correção	1,02	---	1,09	---	---
	estabilidade corriida	2583,2	---	6438,5	---	---

Os dados obtidos foram resultados da análise feita na prensa de Marshall, nos quais determinam os parâmetros mecânicos como a estabilidade e a resistência a tração por compressão dos corpos de prova. Como se pode observar todas as amostras apresentaram uma boa estabilidade, no qual todos os pontos tanto as amostras não modificadas como as modificadas pelo polímero PP atingiram a média estabelecida pela norma que é maior que 500. Ainda sobre a estabilidade houve dois pontos que atingiram a leitura máxima da prensa e não se deformaram causando o rompimento do mesmo, na amostra 100% PP o ponto 5 e na 75% PP + 25% CAP o ponto 3, isso significa que esses corpos de prova ainda suportariam mais carga, elevando assim mais a sua estabilidade (Tabela 2).

Como todos os corpos de provas obtiveram um resultado satisfatório quanto a estabilidade, podemos comparar esses resultados aos volumes Vv aos pontos que ficaram abaixo da média 3 a 5% a quantidade de fíler e/ou ligante deve ser diminuída para um melhor resultado, já para os pontos que ficaram acima da média deve-se aumentar a quantidade de fíler e/ou ligante para obter um resultado

dentro dos padrões da norma. Aos pontos que ficaram entre 3 e 5% de Vv e que a estabilidade foi melhor do que esperado deve-se aumentar o teor do ligante e reduzir a quantidade de fíler para melhores resultados (Tabela 2). Quanto a resistência a tração por compressão todas as amostras não modificadas 100% CAP quanto as modificadas com o polímero PP atingiram o intervalo esperado que varia de 0,6 MPa a 1,6 MPa.

5. CONCLUSÕES

Para que possamos fabricar uma boa pavimentação asfáltica quanto a sua estabilidade e resistência adequada, além de seguir todas as normas regidas pelos departamentos responsáveis pelo tráfego terrestre a atenção não pode faltar quanto aos resultados das análises antes de efetuar as misturas. Esses dados obtidos devem sempre estar dentro dos limites exigidos para a fabricação da mistura. O concreto betuminoso usinado a quente é um tipo de concreto muito utilizado nas vias de alto fluxo de veículos na qual exige que seu desempenho seja o mais favorável possível. No trabalho apresentado foi realizado a misturas de agregados que pelos resultados das análises realizadas estão dentro do padrão exigidos pela norma e ligantes CAP e PP que gradativamente foi substituído um pelo outro até obter os resultados.

Percebeu-se que para obter amostras com resultados favoráveis nos parâmetros analisados, todos os dados devem se encaixar perfeitamente dentro das normas, pois através de um dado vai se obtendo os outros. Um dos problemas mais evidente que acontece na pavimentação asfáltica é nos resultados de volumes vazios, a partir desse valor vai tendo comparações favoráveis e/ou desfavoráveis aos resultados obtidos na pesquisa realizadas, na maioria das vezes isso acontece quando o resultado esta de acordo com os padrões normativos. Levando em consideração que alguns pontos obtiveram grande vantagem no quesito à estabilidade e boa resistência, mas os parâmetros volumétricos das amostras não foram tão favoráveis. Quanto à substituição do ligante o resultado foi positivo, pois a medida que foi aumentando a quantidade de PP e retirando o CAP a resistências das amostras aumentaram conforme a modificação.

REFERÊNCIAS

ABEDA. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto. **Manual básico de emulões asfálticas. Solução para pavimentar sua cidade.** Rio de Janeiro: Abeda, 2006. 504 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.935/11. **Agregados – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15087. **Misturas Asfálticas – Determinação da Resistência a Tração por Compressão Diametral.** Rio de Janeiro, 2011.

ANTUNES, A. M. S. Prospectiva para a indústria química do Brasil: uma visão para o futuro. **Economia & Tecnologia**, v. 26, p. 1-11, 2011.

ARAÚJO, F. **Aditivo polimérico derivado de fonte renovável para aplicação em cimento asfáltico de petróleo.** 2016. 137 f. Tese (Doutorado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

ASFALTO EM REVISTA. 2012. **Crescimento dos investimentos em rodovias aumenta a demanda por asfaltos.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSESSORIA DE IMPRENSA BETUSEAL. 2014. **As origens do asfalto – Betuseal.** Disponível em: <<http://www.betuseal.com.br/origens-asfalto/>>. Acesso em: 15 maio 2017.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2008.

DIAS, J. L. M.; QUAGLINO, M. A. **A questão do petróleo no Brasil: uma história da Petrobrás**. FGV, 1993.

_____. DNER-ME 035/95: **Peneiras de malhas graduadas para análise granulométrica**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

_____. DNER-ME 043/95: **Misturas asfálticas a quente – Ensaio Marshall: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

_____. DNER-ME 084/95: **Agregado miúdo – determinação da densidade real**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

_____. DNER-ME 053/94: **Misturas asfálticas – porcentagem de betume: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

_____. DNER-ME 081/98: **Agregados – determinação da absorção e da densidade de agregados graúdos**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

_____. DNER-ME 083/98: **Agregados – análise granulométrica: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

_____. DNER-ME 194/98: **Agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos para meio do frasco de Chapman**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNIT. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes*. **Pavimentos flexíveis – Concretos Asfálticos – Especificação de serviço**. ES 031/2006. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes*. **Cimentos Asfálticos de Petróleo Especificação de Material**. EM 095/2006. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes*. **Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero**. EM 129/2011. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2011.

FARIA, H. B. **Análise do comportamento do CBUQ com diferentes agregados combinados ao cimento asfáltico convencional e polimérico**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga, Campo Belo, 2015.

MARCONDES, C. P.; FARIAS, M. M.; SALES, M. J. A.; SOUZA, M. V. R.; RESCK, I. S. Avaliação das modificações químicas no cimento asfáltico de petróleo (CAP) com a adição de Polipropileno (PP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 19., 2010, Campos do Jordão. Anais... Campos do Jordão: CBECiMat, 2010. p. 2884-2891.

MOREIRA, A. A. G.; SOARES, S. A. **Propriedades reológicas e resistência a oxidação de cimento asfáltico de petróleo (CAP) modificado com cardanol**. 2013. 139 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PEREIRA, M. C. **Revestimentos asfálticos: tipos e propriedades**. 2014. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2014.

PETROBRÁS. **Dicionário Guia Técnico**. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wcm/connect/publicacoes-dicionario-guia-tecnico-petrobras-distribuidora.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2019.

PETROBRÁS. **Pavimentação, cimentos asfálticos de petróleo**. Disponível em: <<http://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-pavimentacao/cimentos-asfalticos-de-petroleo/>>. Acesso em: 12 maio 2019.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA. **Pavimento com alta tecnologia – 60**. Rio de Janeiro: Revista Soluções, 2015.

SILVA, J. M. C.; BOZELLI, R. L.; SANTOS, L. F.; LOPES, A. F. Impactos ambientais da exploração e produção de petróleo na Bacia de Campos, RJ. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília. Anais... Brasília: ANPPAS, 2008. p. 1-20.

SILVA, J. P. S.; FARIAS, M. M. Avaliação química e ambiental de misturas asfálticas rejuvenescidas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, n. 3, p. 1-15, 2018.

SOUSA, R. G. Brasil Escola. "História do Petróleo no Brasil". Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/historia-do-petroleo-no-brasil.htm>>. Acesso em: 10 maio 2019.

TINAJEROS, R. A. P. **Estudo do comportamento mecânico de misturas asfálticas a quente convencional e modificada com polímero**. 2016. 171 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

4.3 BENEFICIAMENTO DO TECIDO CHITA PARA CONFECÇÃO DE VESTUÁRIO

ALVES, Hemilene Margarida Nogueira
Universidade Ceuma
hemy.garcia@hotmail.com

COSTA, Ricardo Jessé Santana da
Universidade Ceuma
ricardo.jesse@ceuma.br

GUILHON, David
Universidade Ceuma
david.guilhon@ceuma.br

BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite
Universidade Ceuma
helton.costa@ceuma.br

RESUMO

O tecido chita tem origem popular e, ao longo de sua história no país, chegou a ser associado a clandestinidade e rebeldia; de certo modo, é marginalizado, por causa do baixo custo, acabamento e qualidade de fabricação. Sendo assim, o presente trabalho tratou de um estudo preliminar de beneficiamento do tecido chita, a fim de que possa ser utilizado para a confecção de roupas, visando seu reposicionamento no mercado local. A referida pesquisa apresenta o método de amaciamento, dividido em desengomagem, limpeza e mercerização. A última etapa não foi viabilizada por se tratar de um processo industrial, sendo realizada em seu lugar a caustificação. Como resultados, foram observados maior nitidez na estampa, opacidade aumentada no tecido e ganho de maciez desejada. Também foram observadas retrações de 28,45% no sentido do urdume e 14,6% no sentido da trama, podendo ser compensador pelas qualidades adquiridas no beneficiamento.

PALAVRAS-CHAVE: Chita, Beneficiamento, Caustificação.

1. INTRODUÇÃO

Para a economia do país, a indústria têxtil apresenta-se como um setor de grande relevância (PINHEIRO; COELHO; SILVA FILHO, 2017), conferindo mundialmente ao país a marca de quarta maior atividade produtiva do ramo de confecção e o quinto maior do setor têxtil (KROEFF; TEIXEIRA, 2014; MENEGUCCI; MARTELI; CAMARGO; VITO, 2015). O progressivo avanço tecnológico ocorre simultaneamente com a industrialização, favorecendo o que Alencar e El-Deir (2017) apontam por benesses a produção de novos produtos e insumos, favorecendo de modo mais cômodo e facilitado o cotidiano dos seus usuários. A expansão desse tipo de atividade, é para Pinheiro e Francisco (2013), também confere o crescimento do uso de seus insumos em sua cadeia produtiva e, conseqüentemente, a geração de resíduos ao longo desta. Isso vai de encontro ao pensamento de Alencar e El-Deir (2017) ao falarem que na mesma proporção que se produz artefatos, também se observam a geração de resíduos ao longo do processo produtivo como um malefício ao homem e ao meio ambiente. Estes rejeitos são descartados na natureza, mudando-a em termos de cores, odores e vibrações, conforme afirmam Alkaya e Demirer (2014).

Ribeiro, Albuquerque Junior e Alencar (2017) apontam que os resíduos gerados pela indústria têxtil, classificados como classe II A pela NBR 10.004 (ABNT, 2004), por apresentarem, por exemplo, a combustibilidade, a biodegradabilidade ou a solubilidade em água, podem ser reconduzidos praticamente por completo, desde que não haja a contaminação destes durante o processo produtivo. Especificadamente o algodão, um tecido natural, Menegucci et al. (2015) apresentam que seu processo de decomposição em aterros após o descarte passa de um ano. Alencar et al. (2015) assinalam o país como autossuficiente em sua grande produção do cultivo algodoeiro, apesar do uso de produtos que afetam a saúde dos trabalhadores do setor, bem como potencializam os danos ambientais.

Observa-se a chita ou pano de colchão, como sugere Chaves (2015), um tecido de algodão mais barato, cuja estampa apresenta cores vivas, geralmente com temas florais no atual cenário como elemento alternativo de objetos de decoração. Historicamente, o tecido conhecido como chita está ligado às manifestações folclóricas e a peças de confecção de baixo-custo. No Brasil, devido às políticas protecionistas de Portugal do comércio, tais como importação em grande escala de tecidos indianos (GARCIA, 2007). Na segunda metade do século XVIII, além de imposições arbitrárias como o alvará de proibição da produção manufatureira, de 1785, este tipo de tecido sofreu grande concorrência e sendo até mesmo considerado clandestino. Para Mellão & Imbroise (2005), vestir roupas feitas com o tecido chita, em Minas Gerais tornou-se um protesto de rebeldia contra todos os desmandos cometidos pela metrópole.

Segundo Ortiz (1985), a identidade cultural brasileira está estreitamente ligada ao conceito de mestiçagem, ou seja, de misturas raciais e culturais. Essa mistura formaria os traços da identidade deste país, o que daria grande significado para o elemento diversidade que aqui pode ser observado. Logo, é possível definir a cultura brasileira como sendo produto das diversas manifestações trazidas para o país ao longo da sua construção histórica. No Brasil, Rocha e Queiroz (2010) ressaltam que a chita nasceu como tecido de uso popular, vestindo populações carentes e escravos, sendo um tecido barato comprado pelo povo. Mellão & Imbroise (2005) citam ver na alegre estampa da chita e nas suas combinações de cores toda a brasilidade inerente ao país. Diante deste cenário, este estudo apresenta o resultado de um experimento com o tecido chita, visando adicionar mais maciez às suas tramas para propor uma nova inserção deste tecido como mais uma opção de insumo para indústria de confecção. A pesquisa se deu em torno de amostras de tecido chita que foram tratadas através dos processos de desengomagem, limpeza e mercerização, apresentadas no capítulo a seguir, onde cada um dos processos resultaram em um aspecto de melhoria sobre as tramas do tecido. Entende-se que a realização do experimento proporcionou um estudo primário sobre este tecido e sua composição.

2. METODOLOGIA

Para que se possa alcançar os objetivos propostos por esta pesquisa, sendo o principal objetivo o melhoramento do tecido chita para a confecção de roupas de uso casual, pode-se dizer que o projeto seguiu como prática metodológica o beneficiamento do tecido para adição de química e consequente conforto ao toque, a maciez; a modelagem, que tem suma importância para adicionar fluidez ao tecido. Tal melhoria ao fabrico é, por conseguinte, dividida em três fases: desengomagem, limpeza e mercerização. Segundo Alcântara (1995), o beneficiamento de um tecido se torna necessário para a aplicação de um processo químico, que no caso, o resultado desejado é o amaciamento. A chita, no seu processo de fiação, recebe goma de amido para aumentar a sua resistência, além de receber lubrificantes para que os fios durante o processo não adiram um no outro, o que acaba comprometendo a fluidez do tecido, então por esse motivo, o tecido passara três processos de beneficiamento para o seu melhoramento:

a) Desengomagem: é a primeira etapa do beneficiamento que visa a remoção da goma. Foi feito com a lavagem do tecido com tensoativos. Processo também chamado de ensaboamento. No caso da chita, que utiliza goma de amido em sua trama, foi utilizado o processo de oxidação com peróxidos, para torná-lo solúvel. Tal processo se dá pela imersão do tecido em água oxigenada por pelo menos 24h, de modo que o amido seja destruído e diluído posteriormente com água.

b) Limpeza: é um processo de lavagem do tecido com a finalidade de retirar das fibras os lubrificantes, ceras naturais ou agentes pós-enceragem. Consiste na fervura do tecido com tensoativos. Neste experimento foi utilizado o detergente comum de lavar louças e água quente na temperatura de 90° C, uma vez que o primeiro possui em sua composição todos os componentes necessários para esse processo.

c) Mercerização: é o tratamento do tecido com uma solução de hidróxido de sódio concentrado, a frio e sob tensão. Quando não há tensão aplicada no tecido o processo é chamado de caustificação. Esse processo conferirá a maciez desejada para o aumento do conforto. A norma técnica para o processo de mercerização é a ISO 105-X04:1994. Dessa forma o tecido é total e uniformemente mergulhado em um recipiente com uma solução que utiliza 280 g de soda cáustica para cada 1 l de água, durante um período de 25 s a 40 s, sem sofrer tensão e, posteriormente, lavado em água abundante.

A referida norma para a efetuação desses procedimentos exige equipamentos de uso industrial para seu manuseio e execução, que são de custos mais elevados e de difícil aquisição. Dessa forma, por se tratar de um estudo preliminar, o processo foi adaptado para uma escala doméstica, valendo-se do uso de produtos, utensílios e instrumentos mais acessíveis em termos financeiros, como recipientes plásticos, detergentes comuns, água oxigenada e equipamentos de segurança (óculos, luvas e aventais).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descreve como foram realizados os processos metodológicos necessários para o cumprimento dos objetivos desta pesquisa, além de analisar os seus resultados. O processo de beneficiamento têxtil da chita foi realizado seguindo as etapas descritas a seguir.

3.1. Desengomagem

Os passos para a realização da desengomagem iniciam-se com o corte de um corpo de prova de 200x200 mm (Figura 1a). Depositaram-se os corpos de prova em um recipiente de cor branca para facilitar a percepção das modificações nas fibras do tecido, sendo, em seguida, imersos em uma solução de peróxido de hidrogênio (água oxigenada), para que se inicie o processo de amolecimento da goma (Figura 1b). Apesar de que tal composto não seja uma solução pura (ainda que tenha como

base o peróxido de hidrogênio), optou-se pela água oxigenada em decorrência do fácil acesso, em detrimento da dificuldade de obtenção da solução definida pelo processo.

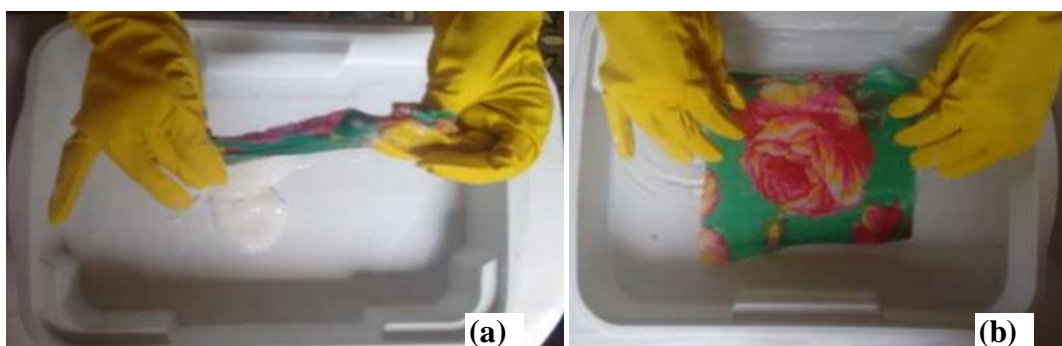
Figura 1. (a) Amostra do tecido chita 200x200 mm e (b) imersão do corpo de prova em peróxido de hidrogênio.



Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Passado o período de 24h, os corpos de prova foram retirados da solução de água oxigenada (Figura 2). Retirou-se o excesso da solução e, em seguida, foram lavados em um outro recipiente até que houvesse a total retirada do peróxido aplicado. É interessante dizer que o aspecto cremoso da água oxigenada dificultou a sua retirada da amostra, ocasionando, assim, o elevado uso de água durante a lavagem.

Figura 2. Retirada do excesso de peróxido de hidrogênio (a); imersão em outro recipiente com água para a total retirada do peróxido de hidrogênio (b).



Fonte: Adaptado de Alves (2017).

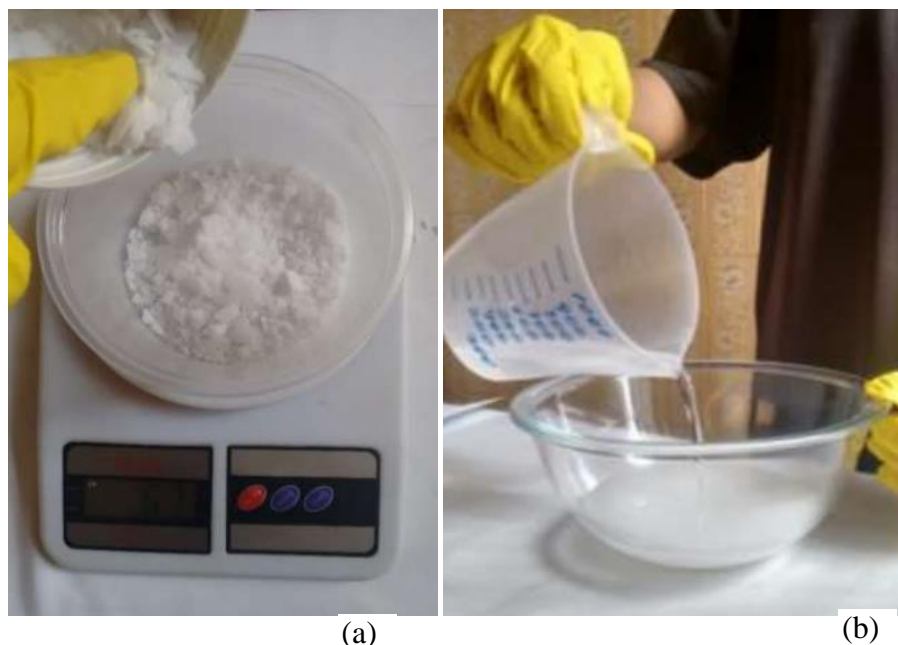
3.2. Limpeza

Também chamado de purga, a próxima etapa é a limpeza do corpo de prova com tensoativo e água com a temperatura de 90° C. Para Pacheco e Juliano (2017), o tecido deve ser cozido em água fervente, durante 20 min, e depois ser lavado com água a 60° C. Tanto nessa etapa, quanto na anterior, não se encontrou o tensoativo puro. Galgano (2012) fala que atualmente os tensoativos aniônicos e os não-iônicos são os 12 mais consumidos, encontrados em forma de detergentes, emulsificantes, dispersantes e umectantes. Dessa forma, seguindo os critérios da pesquisa, optou-se pelo o uso do detergente de lavar louças. Tal escolha é pautada no uso de um produto onde em sua composição aparece tal composto e abrangesse uma menor quantidade de outros componentes misturados.

3.3. Caustificação

Esta fase foi utilizada no lugar da mercerização, pois, conforme Pacheco (2014), não houve aplicação de tensão nas fibras do tecido que, conseqüentemente, não terão maior brilho. O mesmo autor reforça, ainda, que o material não terá suas fibras alinhadas. Ademais, a mercerização é praticada em escala industrial, conforme ISO 105-X04:1994. Desse modo, tal técnica fora adaptada para uma escala doméstica seguindo todas as normas e apontamentos que a literatura aponta. Ambos os processos apresentam como proporção 250 g de soda cáustica (NaOH) para cada 1 l de água (H₂O). Para este estudo, com a ajuda de uma balança digital com precisão de duas casas decimais, empregou-se 75 g de soda cáustica em 300 ml de água (Figura 3).

Figura 3. (a) Medição de massa da soda cáustica e (b) mistura da água com a soda cáustica.



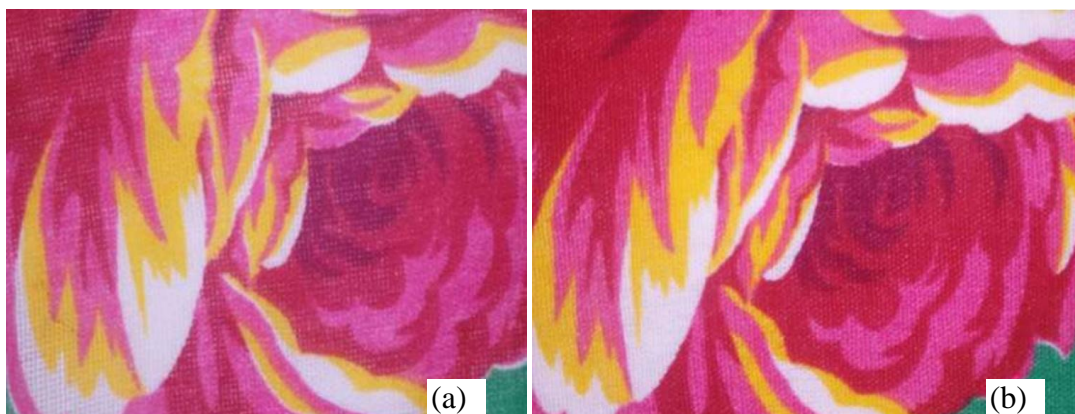
Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Em um outro recipiente, depositou-se o corpo de prova e foi posto sobre ele toda a solução de NaOH e água. Tal amostra ficou sob a ação dessa solução por 40 s e, em seguida, foi retirado com o auxílio de uma pinça de inox e posto em um outro recipiente com água. Logo após, foi lavado até a total eliminação da solução no tecido. Por fim, os corpos de prova foram lavados com amaciante, de modo que o tecido possa obter maior maciez.

3.4. Análise das amostras

Para este experimento foram utilizadas cinco amostras de tecido de duas estampas diferente, para que o processo de análise obtivesse maior eficiência. Como parâmetro, usaram-se as iniciais A e B para representar cada tipo de estampa. Ambas as séries possuem 6 amostras cada, variando de A0 a A5, bem como de B0 a B5. Definiram-se A0 e B0 as amostras quem não receberam o tratamento; portanto, são amostras puras. As demais de cada série representam os corpos de provas submetidos ao experimento como todo, de maneira igual para todos. Após todo o tratamento, comparando com as amostras A0 e B0, pode-se observar que houve a junção das fibras dos corpos de prova, bem como sua dilatação. De forma comparativa, percebe-se como o tecido ficou mais encorpado, menos transparente e, aparentemente, mais resistente (Figura 4). Os objetos puros realçam a diferença, pois apresentam-se mais transparentes e com aspecto mais frágil. Essa mudança pode, segundo Alves (2017), auxiliar na ressignificação da chita enquanto material para confecção de roupas. Pois, o referido autor frisa como o tratamento torna a estampa do tecido mais nítida, coisa que aumenta seu valor estético.

Figura 4. (a) Amostra A0 não beneficiada e (a) amostra A1, após o beneficiamento.



Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Percebeu-se, também, que o tecido beneficiado ganhou elasticidade, propriedade de grande importância quando se trata de conforto para vestuário. Higgins e Anand (2003) ressaltam como uma das características deste conforto o aspecto físico. Os mesmos autores dizem que tal atributo tem ligação direta com as sensações ocasionadas pelo contato da pele com o tecido, bem como a permissibilidade dessa peça de vestuário de movimentos do usuário sem o seu comprometimento. Sendo assim, a elasticidade que a chita tratada obteve dará maior liberdade de movimentos ao usuário que veste uma roupa confeccionada com tal material. Entretanto, a fase de caustificação denunciou retração significativa nos dois sentidos da fibra, onde o sentido do urdume (transversal) teve maiores valores que o da trama. As amostras A0 e B0 como os valores anteriores ao processo, onde 200 mm no sentido da trama e do urdume (Tabelas 1 a 4). Já nas outras amostras submetidas ao beneficiamento, houveram redução das dimensões.

Tabela 1. Medidas das amostras da série A após beneficiamento, no sentido do urdume.

Retração no sentido do urdume (mm) – Série A					
A0	A1	A2	A3	A4	A5
200	140	150	145	141	140

Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Tabela 2. Medidas das amostras da série A após beneficiamento, no sentido da trama

Retração no sentido da trama (mm) – Série A					
A0	A1	A2	A3	A4	A5
200	176	175	180	172	169

Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Tabela 3. Medidas das amostras da série B após beneficiamento, no sentido do urdume

Retração no sentido do urdume (mm) – Série B					
A0	A1	A2	A3	A4	A5
200	140	145	142	147	141

Fonte: Adaptado de Alves (2017).

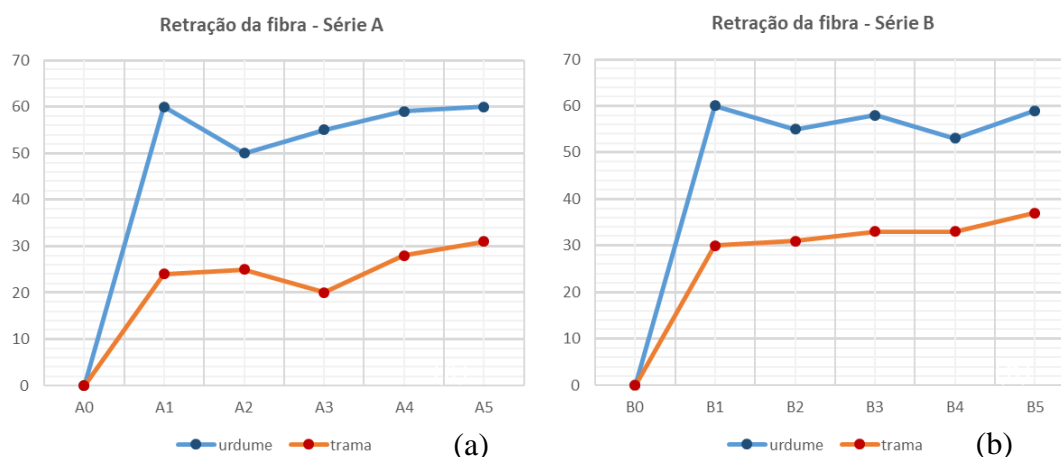
Tabela 4. Medidas das amostras da série B após beneficiamento, no sentido da trama

Retração no sentido da trama (mm) – Série B					
A0	A1	A2	A3	A4	A5
200	170	169	167	167	163

Fonte: Adaptado de Alves (2017).

Percebeu-se que a maior perda por retração do tecido foi no sentido do comprimento, ou seja, do urdume. Tal decréscimo chega até a 60 mm, no sentido do urdume, e 37 mm, no sentido da trama. Tal diferença de perda influencia, segundo Alves (2017), grandemente no processo de modelagem e de corte do material, pois é no sentido da largura da fibra. Essa variação também é vislumbrada nos gráficos, consoantes ao discurso de Giordano e Campos (2009), quando falam que a gramatura do tecido (de algodão) após a lavagem aumenta, mesmo que haja alguma perda de massa pela eliminação da goma (Figura 5). Os referidos autores acrescentam que, ainda assim, houve o aumento da gramatura decorrente da retração do tecido, pois é de se esperar que o algodão, como fibra natural, retraia em contato com a água, sobretudo em temperatura de ebulição.

Figura 5. (a) Gráfico da retração da fibra urdume x trama - Série A e (b) Gráfico da retração da fibra urdume x trama - Série B.



Fonte: Adaptado de Alves (2017).

A temperatura da água utilizada neste estudo foi de 90° C, bem próxima da temperatura de ebulição, que é de 100° C. Sendo assim, tal encolhimento é percebido em decorrência do aumento da densidade dos fios em relação ao espaço. Em outras palavras, uma mesma área passou a ter mais fios, conseqüentemente, teve aumento na gramatura. Além de o material ficar também mais encorpado, para Alves (2017) a fase de caustificação também colaborou com o aumento significativo do nível de retração.

Em média, a retração foi de 56,9 mm (28,45%) no sentido do urdume e de 29,2 mm (14,6%) no sentido da trama. Tendo por base as medidas coletadas, pode-se calcular as perdas das medidas e seu impacto no processo produtivo. Diante disso, pode-se afirmar que para cada metro quadrado de material se perde, após o seu beneficiamento, no sentido do urdume 0,2845 m e, no sentido da trama, 0,146 m. Isso totaliza cerca de 4,15% de perda de material. Com isso, é possível, ainda, projetar moldes que favoreçam o melhor aproveitamento da chita, somadas às delimitações das medidas.

Apesar desse índice de retração, o grau de maciez do material foi satisfatório, o que aumentou o conforto da roupa durante o uso em contato com a pele do usuário. Vale ressaltar que são necessários estudos mais específicos para melhor analisar esse aspecto e avaliar sua aplicação e viabilidade diante da perda de área do material.

4. CONCLUSÕES

Dentro deste estudo apresentado, a caustificação apresentou-se como uma fase importante de beneficiamento da chita. Apesar de haver uma sensível retração percebida no sentido longitudinal, houve um grande ganho na qualidade do material, em relação a sua maciez, opacidade, corpo e aspecto visual. Tal dedução tem grande importância para o referido material, que com o passar dos séculos, acabou tendo seu modo de uso banalizado, visto como inadequado como vestuário, sendo utilizado apenas para fins religiosos e culturais, devido ao baixo custo.

Será, ainda, necessária maior investigação por meio de estudo aprofundado, quanto ao beneficiamento químico da chita, focando sobretudo na fase de mercerização e na caustificação. De igual modo, sugere-se testes comparativo com amostras beneficiadas e sem o devido beneficiamento, onde seriam concebidas peças do vestuário para que os usuários possam, por meio de teste de satisfação, descrever o conforto do ato de vestir.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, M. R. **A química do processo têxtil**. Instituto de Química, Universidade de São Paulo: São Paulo, 1995.
- ALENCAR, J. L. S.; SIMONI, J. H.; FIORELLI, M. N.; LINK, P. P.; ANGELIS NETO, G. Os efeitos socioambientais causados pelos resíduos sólidos das indústrias de confecções do polo moda de Maringá – PR. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, 2015, p. 478-504.
- ALENCAR, S. K. P.; EL-DEIR, S. G. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados pelas empresas de galvanoplastia de Juazeiro do Norte – CE. In: BEZERRA, R. P.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 190-198.
- ALKAYA, E.; DEMIRER, G. N. Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 595-603, 2014..
- ALVES, H. M. N. **Recondicionamento do tecido chita para confecção de vestuário: beneficiamento têxtil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design) – Universidade CEUMA, São Luís, 2017.
- CHAVES, L. M. A chita – uma gravura na cultura brasileira. IN: ENCONTRO DA ANPAP, 24., . 2015, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: ANPAP, 2015. p. 2664-2678.
- GALGANO, P. D. **Líquidos iônicos tensoativos: correlação entre estrutura molecular e propriedades micelares de cloretos de 1,3-dialquilimidazólio**. 2012. 227 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- GARCIA, C. Chita, chitinha, chitão: notas sobre imagens e andanças. In: COLÓQUIO DE MODA, 3., 2007. *Anais...* Unisinos, 2007. p. 1-7.
- GIORDANO, J. B., CAMPOS, J. S. C. Aumento de absorção de água em tecido de algodão tratados com descarga corona. In: CONGRESSO DE POLÍMEROS, 10., 2009, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: CBPol, 2009. p. 1-10.
- HIGGINS, L; ANAND, S. **Textile materials and products for activewear and sportswear**. United Kingdom, 2003.
- KROEFF, S. M. T.; TEIXEIRA, F. G. Industrial textile brazilian context and the prospecting for scientific research. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF FASHION AND DESIGN, 1., 2012. *Anais...*
- MELLÃO, R.; IMBRIOSI, R. **Que chita bacana!**. São Paulo: A Casa Casa-Museu do Objeto Brasileiro, 2005.
- MENEGUCCI, F.; MARTELI, L.; CAMARGO, M.; VITO, M. Resíduos têxteis: análise sobre descarte e reaproveitamento nas indústrias de confecção. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM

GESTÃO, 11., 2015, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CNEG, 2015. p. 1-12.

ORTIZ, R. **Cultura brasileira e identidade nacional**. Brasiliense: São Paulo, 1985.

PACHECO, S. M. V.; JULIANO, L. N. **Apostila de Estamparia e Beneficiamento Têxtil**. 1ª ed. Ministério da Educação Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina Unidade de Ensino de Araranguá, 2017.

PACHECO, C. M. S. Tambor de crioula do Maranhão. **Revista Científica Ciência em Curso**, v. 3, n. 1, p. 69-74, 2014.

PINHEIRO, E.; FRANCISCO, A. C. O desempenho ambiental e o descarte de resíduos têxteis nas indústrias de confecções - uma abordagem teórica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. *Anais...* Salvador: ENEGEP, 2013. p. 1-12.

PINHEIRO, F. C.; COELHO, A. C. D.; SILVA FILHO, C. A. Avaliação da implementação da produção mais limpa numa microempresa de tecelagem. In: BEZERRA, R. P.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 76-88.

RIBEIRO, M. C. B.; ALBUQUERQUE JUNIOR, E. C.; ALENCAR, B. S. Resíduos sólidos gerados em uma lavanderia de beneficiamento de jeans em Toritama – PE: Diagnóstico e destinação. In: BEZERRA, R. P.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 199-211.

ROCHA, M. D.; QUEIROZ, M. O significado da cor na estampa do tecido popular: a chita como estudo de caso. In: COLÓQUIO DE MODA, 6., 2010. *Anais...* 2010. p. 1-7.

4.4 COMPÓSITO À BASE DE CONCRETO SIMPLES E PÓ DE MDF COM ADIÇÃO DE PLASTIFICANTES E SUPERPLASTIFICANTES

SANTOS NETA, Aldenora Vieira
Universidade Ceuma
aldenora1010@hotmail.com

SANTOS, Ananda Costa
Universidade Ceuma
anandasantosc@hotmail.com

LEMOS, Bruna
Universidade Ceuma
brunaleticia21@hotmail.com

BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite
Universidade Ceuma
helton.costa@ceuma.br

RESUMO

O reaproveitamento do resíduo pó de MDF obtido do corte de placas em movelarias da cidade de São Luís, Maranhão, busca desenvolver um compósito a base de concreto simples com substituição parcial do agregado miúdo pelo pó de MDF, este compósito é uma tecnologia que busca aplicação na área da construção civil, favorável aos setores econômicos, ambientais e sociais. O estudo utiliza conceitos teóricos, ensaios práticos e análise da qualidade dos dados de resistência a compressão dos corpos de prova fazendo o uso das respectivas normas. A caracterização dos materiais foi realizada com ensaios de granulometria, absorção, moldagem, cura e resistência a compressão de corpos de provas. Durante a confecção do compósito foram realizados ensaios sem aditivo e com aditivos plastificante e superplastificante para otimizar as propriedades de consistência, homogeneidade e trabalhabilidade. O presente estudo obteve resultados de densidades, resistência a compressão, absorção e qualidade química que atendem o uso do compósito para a produção de blocos de alvenaria de vedação interna e pisos tácteis, principalmente nos traços com o uso do superplastificante que obteve resistências aos 28 dias entre 6 a 20 MPa com o uso do MDF.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Concreto não estrutural, Resíduos de MDF.

1. INTRODUÇÃO

As engenharias e as ciências dos materiais atualmente vêm buscando aliar a construção civil e a sustentabilidade, com o uso de materiais alternativos que atendam a necessidade social, econômica e ambiental, com o reaproveitamento de resíduos e, conseqüentemente a diminuição dos impactos. O aumento da produção do setor moveleiro e do número de placas de madeira comercializadas tem sido proporcional ao aumento da geração dos resíduos provenientes dessa produção em massa, que são descartados inadequadamente e sem tratamento no meio ambiente. Partindo desse pressuposto, o presente estudo visa o reaproveitamento dos resíduos de pó de MDF (*medium density fiberboard*) com intuito de propor soluções para o seu destino final favorável ao meio ambiente e desenvolver um compósito a base de concreto simples que utilize o pó em substituição parcial em relação a areia.

O desafio é fazer o controle tecnológico do compósito sustentável homogeneizando os materiais usados, o concreto e o pó do MDF, para produzir um compósito que atenda as aplicações. Como possível resolução para a problemática supracitada foi adicionado aditivo plastificante e superplastificante ao traço com o objetivo de otimizar as propriedades de homogeneidade, consistência e trabalhabilidade, reduzir o fator água/cimento e aumentar a resistência à compressão. A pesquisa se baseia em conceitos teóricos e ensaios já realizados sobre o material, bem como nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), realizando ensaios de granulometria, absorção, moldagem, cura e compressão, substituindo parcialmente o MDF em relação ao agregado miúdo em 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10%. Estudando também as propriedades e aplicabilidades do concreto e do MDF, tendo como resultado a junção desses dois materiais na produção do compósito.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção de resíduos sólidos tornou-se um grande problema no mundo devido à ausência de sustentabilidade e ao consumo e descartes de materiais. Com isso, há uma preocupação crescente com as políticas de resíduos sólidos produzidos pela humanidade, com vistas a minimizar sua geração e reutilizá-los, buscando ainda a recuperação desses resíduos e sua reintrodução na cadeia produtiva. (COSTA, 2011).

A utilização de materiais alternativos como agregados para confecção de produtos na área da construção civil é uma inovação tecnológica atual que concilia a sustentabilidade e a engenharia, muitos autores fazem adições ou substituições desses materiais na busca de desenvolver produtos sustentáveis que tenham a mesma eficiência dos convencionais ou que consigam atingir os parâmetros mínimos necessários para sua aplicabilidade, como exemplos cita-se os autores Lopes, Rudnick e Martins (2018); Ferreira et al (2016); Cardoso, Almeida e Santos (2016); Molina, Tarifa e Mendoza (2015).

Silva et al (2016), realizou seu estudo utilizando argamassa industrializada, água e fibra de coco seco com 15 mm de comprimento, sendo a dosagem a determinada pelo fabricante da argamassa. No traço foi adicionado os percentuais de 0%, 0,5% e 1% da fibra, ensaiados em corpos de prova cilíndricos de dimensão 5x10 cm e corpos de prova prismáticos de 4x4x16 cm. Os ensaios das resistências à compressão, tração na flexão e aderência a tração foram realizados aos 28 dias de cura, seguindo as normas técnicas NBR 7215 (ABNT, 1995), NBR 13279 (ABNT, 2005) e NBR 13528 (ABNT, 2010) respectivamente, resultados apresentados abaixo:

- Resistência a compressão dos corpos de prova cilíndrico:
 - a) Traço de 0% - 11,33 MPa;
 - b) Traço de 0,5% - 7,26 MPa;
 - c) Traço de 1% - 5,11 MPa.
- Resistência a compressão corpos de prova prismáticos:

- a) Traço de 0% - 7,75 MPa;
- b) Traço de 0,5% - 6,79 MPa;
- c) Traço de 1% - 6,51 MPa.

Partindo dos resultados apresentados, o estudo foi satisfatório apesar da redução da resistência em alguns corpos de prova, ressaltando que em argamassas de revestimento se torna necessário ser mais deformável e menos resistente, sendo assim, a adição de fibras de coco possui resultado positivo quanto a resistência à compressão e à tração. (SILVA et al., 2016).

Lima e Iwakiri (2014), utilizaram o traço de 1:10 com substituição da serragem da madeira *Pinus spp.* pelo agregado miúdo nos percentuais de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%, sendo utilizado a substituição pela *Pinus spp.* in natura; *Pinus spp.* in natura com adição de 4,5% de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; *Pinus spp.* com pré-tratamento tipo extração em água fria por 48 horas (AF48H) e com 4,5% de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. O fator água/cimento (fator a/c) foi corrigido ao decorrer da execução dos corpos de prova, de modo a manter a saturação da fibra sempre no percentual de 30%. O ensaio de resistência a compressão foi realizado aos 7 dias de idade, sendo quatro corpos de prova por traço nas dimensões de 5x10 cm, os resultados se apresentam abaixo:

- Resíduo de *Pinus spp.* in natura

- a) Traço de 0% - 10,26 MPa;
- b) Traço de 20% - 6,60 MPa;
- c) Traço de 40% - 4,60 MPa;
- d) Traço de 60% - 3,10 MPa;
- e) Traço de 80% - 2,95 MPa;
- f) Traço de 100% - 1,49 MPa.

- Resíduo de *Pinus spp.* in natura com adição de 4,5% de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

- a) Traço de 0% - 10,26 MPa;
- b) Traço de 20% - 7,48 MPa;
- c) Traço de 40% - 5,11 MPa;
- d) Traço de 60% - 3,68 MPa;
- e) Traço de 80% - 2,69 MPa;
- f) Traço de 100% - 1,73 MPa.

- Resíduo *Pinus spp.* com pré-tratamento tipo extração em água fria por 48 horas (AF48H) e com 4,5% de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

- a) Traço de 0% - 10,26 MPa;
- b) Traço de 20% - 8,37 MPa;
- c) Traço de 40% - 6,00 MPa;
- d) Traço de 60% - 3,86 MPa;
- e) Traço de 80% - 3,24 MPa;
- f) Traço de 100% - 1,74 MPa.

Segundo o autor supracitado, os resultados de até 50% de substituição foram satisfatórios para os parâmetros analisados.

Para Silva et al (2016) em uma sociedade que exige a adoção do conceito de desenvolvimento sustentável, objetivou-se analisar a influência da adição de resíduos de fibras vegetais em concretos, com a análise da resistência a compressão axial do concreto com adição de fibra vegetal de sisal e eucalipto. O estudo supracitado é uma revisão literária, entre os autores citados têm-se Fleming et al (2015) que utilizou adições de fibras de celulose em relação ao cimento nos percentuais de 2,5%; 5,0% e 7,5%, para analisar a influência da adição dessa fibra na resistência a compressão do concreto. Fleming et al (2015) utilizou o traço 1:3,1:3,5:0,65 (cimento: areia: brita: fator a/c) e a partir deste foram elaborados os outros traços com adições de fibras de celulose em relação ao cimento nos percentuais de 2,5%, 5,0% e 7,5%. Aos 28 dias de idade os corpos de prova produzidos apresentaram os seguintes resultados:

- a) Sem adição de fibra - 16,6 MPa;
- b) 2,5% de fibra - 9,78 MPa;
- c) 5% de fibra - 11,09 MPa;
- d) 7,5% de fibra - 9,30 MPa.

Para a finalidade do artigo de Fleming et al (2015) os resultados se mostraram ineficientes, pois a adição da fibra de celulose tinha como aplicação a denominação de concreto estrutural, não atendendo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) sobre projeto de estrutura de concreto que determina à resistência mínima estabelecida de 20 MPa, porém para o propósito de concreto para alvenaria não estrutural, os resultados são positivos. O uso do pó de MDF como material alternativo na substituição do agregado miúdo para produção de concreto com fins não estruturais, é um estudo inovador desenvolvido por Santos et al. (2017), em percentuais de 0, 5, 10, 15 e 20% de substituição do pó em relação a areia. Nesta primeira etapa do estudo os percentuais de 15% e 20% não atenderam os parâmetros mínimos necessários para a aplicabilidade do concreto como não estrutural.

Assim, deu-se continuidade ao estudo sendo desenvolvida uma segunda etapa utilizando apenas os percentuais de 0, 5 e 10% de substituição com o diferencial da inserção de aditivo plastificante e superplastificante. Santos et al (2018), utilizou o traço padrão de 1:1,57:1,935:0,58 (cimento: areia: brita: fator água/cimento) e a partir deste, foram desenvolvidos os outros dois com substituição do pó de MDF. Para o desenvolvimento do estudo foram produzidos cinco corpos de prova para cada traço nas dimensões de 5x10 cm e com adição de 4,24g de plastificante e 10 g de superplastificante. Os resultados a compressão foram obtidos aos 28 dias de idade através da resistência média do concreto à compressão, apresentada a seguir:

- Traços sem aditivo
 - a) Traço 1 – 13,43 MPa;
 - b) Traço 2 – 10,24 MPa;
 - c) Traço 3 – 7,92 MPa.
- Traço com aditivo plastificante
 - a) Traço 1 – 11,50 MPa;
 - b) Traço 2 – 11,90 MPa;
 - c) Traço 3 – 0,78 MPa.
- Traço com aditivo superplastificante
 - a) Traço 1 – 25,60 MPa;
 - b) Traço 2 – 16,40 MPa;
 - c) Traço 3 – 1,40 MPa.

Os resultados obtidos foram na maioria satisfatório para o propósito do estudo, podendo ter sua aplicabilidade em concreto não estrutural, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2015) que determina a resistência à compressão mínima de 3 MPa. A exceção do não atendimento foi percebida nos traços T3 com plastificante e T3 com superplastificante. A discrepância nos dois traços que não atendem é justificada pelo fator a/c e o uso do percentual máximo de aditivo plastificante e superplastificante utilizado no traço. (SANTOS et al., 2018). Partido disto é que no presente estudo realizou-se algumas adaptações do já foi desenvolvido por Santos et al (2018), o diferencial é a inserção de dois percentuais de substituição do pó de MDF, 2,5% e 7,5%, e a utilização do cimento CP IV – 32 RS.

3. METODOLOGIA

O presente estudo é a continuidade da pesquisa realizada por Santos et al (2017), com a finalidade na melhoria da qualidade do compósito e controle tecnológico do material fazendo o uso do mesmo traço com adição de aditivo plastificante e superplastificante na busca da diminuição do fator água/cimento e a inserção dos traços com substituição parcial da areia por pó de MDF de 2,5% e 7,5%. Para o desenvolvimento do traço que atenda as expectativas do estudo, foi correlacionado o conhecimento e controle das características dos materiais, que tem fundamental influência no processo de dosagem do compósito.

O estudo de dosagem realizado a nível de pesquisa é definido em função de parâmetros adotados, pois qualquer modificação implica a necessidade de um novo estudo. O traço foi calculado fazendo uso do método de dosagem do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), que consistiu na definição do diâmetro máximo do agregado graúdo, fator a/c, da resistência média na idade especificada, escolha de no mínimo três traços de massa seca de cimento (1:m-1), (1:m) e (1:m+1), da verificação das resistências e demais requisitos nas idades especificadas e por fim na definição do consumo do cimento em quilogramas por metros cúbicos. Após o estudo do traço pelo método IPT foi definido o uso somente do traço com 1:m que é o de 1:3,505, nesta etapa do estudo. O traço final que foi utilizado para produção do compósito com substituição parcial da areia por pó de MDF é o 1:1,57: 1,935:0,58 (cimento: areia: brita: fator a/c).

Para o melhor controle tecnológico do compósito foi realizado o ensaio de granulometria da brita, areia e pó de MDF, sendo os mesmos realizados, somente para a confirmação se os materiais se encontram nos intervalos desejado pelo presente estudo. A caracterização desejada é que a areia utilizada na produção do compósito seja do tipo grossa e com granulometria da brita no intervalo de 4,8 mm a 9,5 mm, que caracteriza como sendo brita 0. O controle tecnológico dos materiais e dos agregados presentes no compósito buscam o aumento na trabalhabilidade, na consistência e na resistência do material em desenvolvimento.

Após a realização da caracterização dos materiais, por intermédio do ensaio de granulometria e absorção, foi determinado o uso de 15 traços do compósito com o uso do CP IV – 32 RS. As porcentagens de resíduos de pó de MDF utilizadas na produção do concreto foi de 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% do agregado miúdo dos traços com fator água/cimento que variam entre 0,58 a 0,737. O percentual de areia permaneceu sendo substituído pelo mesmo percentual do Pó de MDF. A realização prática do estudo teve a duração de quarenta dias, para cada traço, sendo realizado os ensaios de granulometria, determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, moldagem, cura, absorção e compressão dos corpos de prova, seguindo as normas da ABNT.

Para uso estatístico foi determinado o número de unidade experimental de dez corpos de prova para cada traço do compósito a base de Pó de MDF. Sendo confeccionados cinco corpos de prova 5x10cm e os outros cinco com dimensões de 10x20cm. Tendo com variáveis experimentais de análise as densidades iniciais, densidades finais, absorção, consumo de cimento em quilogramas por metro cúbico e compressão dos corpos de prova aos 28 dias. Após a produção dos traços supracitados e da análise de seus resultados, foram desenvolvidos traços com o uso de plastificantes e superplastificantes, na busca na diminuição do fator a/c. O uso de aditivos químicos tem como

objetivo a diminuição da quantidade de água do concreto e aumento da resistência a compressão axial.

Partindo dos traços e dos volumes obtidos no estudo realizado por Santos et al. (2017) e traços supracitados, diminuindo o fator água/cimento e adicionando os aditivos, buscou-se a melhoria nas características de resistência a compressão do compósito fazendo o uso de traços com menor consumo de água, com o uso do aditivo plastificante Muraplast FK 97. Após a análise dos resultados a compressão dos corpos de prova confeccionados com o aditivo plastificante, foi realizado uma nova diminuição do fator a/c e uso do aditivo superplastificante MC Powerflow 4000, que tem como principais propriedades a redução do fator a/c e geração de concreto com alto desempenho.

Na finalização de cada traço foi realizado a quantificação da absorção dos corpos de prova com dimensões de 5x10cm. O ensaio é normalizado pela NBR 9778 (ABNT, 2005), que descreve e caracteriza a execução do ensaio. O ensaio consistiu na retirada dos corpos de prova aos 28 dias para a realização da pesagem nos estados secos e saturados. O estado seco, é alcançado quando os corpos de provas são inseridos na estufa com temperatura de 105° C por 72 horas, tendo-se a massa seca. Após a retirada da massa seca, através de pesagem, foram colocados os corpos de provas na imersão em água pelo período de 72 horas e após isto, se teve a massa saturada das amostras. Com o conhecimento das massas secas e saturadas das amostras, tornou-se conhecido a absorção de água pelo compósito. O procedimento citado foi realizado em todos os traços, em busca de avaliar o aumento ou a diminuição da absorção da água no compósito que foi desenvolvido. Após a análise dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados, foi realizado o estudo estatístico. Os dados de compressão dos corpos de provas, foram analisados, fazendo o uso da resistência característica do concreto a compressão (f_{ck}) normatizado pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Define-se como sendo um valor que tem confiança de 95%, ou seja, o f_{ck} é o valor da resistência, de modo que 95% dos resultados dos ensaios estejam acima dele, ou 5% não estão acima dele. O cálculo do f_{ck} consiste na aplicação da Equação 1.

$$f_{ck} = f_{cm} - (1,65 \times sd) \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

f_{cm} = resistência média;

sd = desvio padrão entre as amostras.

As análises e ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais que é situado na Universidade CEUMA, campus Renascença, São Luís – MA, e com parcerias no Laboratório de Polímeros do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), na pessoa do Professor Dr. Ernandes Paiva e Laboratório de Materiais do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo busca viabilizar o uso do Pó de MDF a base de concreto simples com intuito na geração de um novo compósito que poderá ser aplicado na confecção de blocos de alvenaria de vedação interna e pavimentos tácteis. A geração do pó de MDF pode ser realizada de diversas formas desde a produção inicial da placa ou até os cortes para a elaboração de móveis projetados. Diante de levantamentos realizados por Santos et al (2018) foi percebido que se tem matéria-prima suficiente para a elaboração da pesquisa e aprimoramento da tecnologia que vem sendo estudada e desenvolvida.

No levantamento realizado por Santos et al (2018) nas três distribuidoras (A, B e C) de MDF da cidade de São Luís – MA, obteve-se o quantitativo de placas que foram comercializadas durante

todo o ano de 2015 e 2016, que foi totalizada em 255.556 chapas de MDF com várias espessuras. Os ensaios de granulometria realizado nos agregados comprovaram que a areia se encontra no intervalo que a caracteriza como sendo grossa; a granulometria da brita, comprovou que a mesma se encontra no intervalo que a caracteriza como sendo zero, que é o desejado pela pesquisa e a granulometria do pó de MDF, comprovou que o mesmo é ultrafino. Sendo este o real motivo de aliar o agregado miúdo grosso com brita zero e pó de MDF ultrafino, tentando melhorar a homogeneização do compósito, visando uma melhor trabalhabilidade e consistência do material com o uso do CP IV – 32 RS.

O ensaio de absorção do pó de MDF consistiu em 60 ml água e 20 ml pó de MDF colocados em uma proveta plástica de 100 ml, após esse procedimento, foi misturado a água com o pó de MDF e feitas observações e misturas a cada 24 horas para a análise da saturação do Pó de MDF. Foi percebido que o MDF absorveu 19 ml de água e aumentou 2 ml de volume, correspondendo a 31,67% de água que o MDF absorveu e gerou 10% de inchamento no seu volume. Na proveta de 500 ml foi colocado de 150 ml água e 50 ml pó de MDF, foi percebido que o MDF absorveu 55 ml de água e aumentou 15 ml de volume no MDF, correspondendo a 36,67% de água que o MDF absorveu e gerou 30% de inchamento no seu volume.

Esse resultado comprometeu a produção do compósito a base de pó de MDF e concreto simples, sendo necessário um controle tecnológico do material buscando o equilíbrio entre o fator a/c e a quantidade de absorção e inchamento que o resíduo do MDF apresenta. Após a realização da granulometria e absorção do pó de MDF, foi realizada a dosagem usando o método IPT para a determinação dos traços que foram utilizados no desenvolvimento do presente estudo. A princípio foi determinado o diâmetro máximo característico (DMC) do agregado graúdo, sendo ele de 19 mm, pois corresponde a peneira que apresenta percentual acumulado menor ou igual a 5%. Após a determinação do DMC do agregado, tornou-se necessário a determinação do fator a/c , fazendo o uso do gráfico de Abrams. Para o uso do gráfico de Abrams é necessário a fixação do f_{ck} do concreto.

Para o presente estudo, prever-se um compósito de ordem não estrutural, o que caracteriza, que o f_{ck} desse material pode ser inferior a 20 MPa, logo, foi utilizado esse divisor como parâmetro para a dosagem. A princípio foi determinada a resistência da dosagem do concreto em função do desvio padrão aos 28 dias, fazendo uso da Equação 1. Foi obtido a resistência de laboratório na ordem de 13,4 MPa, logo tem-se a certeza de que se pode utilizar um fator a/c alto. Desta forma, optou-se por utilizar um fator a/c padrão de 0,58 para após isso, em laboratório com a adição do pó de MDF fosse corrigido de acordo com a necessidade. A primeira mistura experimental utilizada e que foi desenvolvida no presente estudo, devido está trabalhando com um compósito a base de Pó de MDF foi de (1:m) que é a de 1: 3,505, com teor de argamassa inicial na proporção de 57,05%, o que é considerado muito alto, ou seja, tem-se um compósito rico em argamassa.

A determinação do teor de umidade consiste na relação em massa de água por massa seca e foi obtido o resultado de 12,87% de umidade no traço do compósito, o que representa um alto fator a/c que é justificado pela alta absorção de água pelo Pó de MDF. Após a determinação do fator a/c , teor de argamassa e umidade do traço, foi realizado a definição em laboratório da quantidade de areia e brita que seria utilizado na dosagem. Por ser um traço com alto teor de argamassa e com alta umidade, no primeiro teste em laboratório do traço de concreto simples, foi observado um aspecto da superfície a não presença de vazios, indicando que o teor de argamassa é adequado. Foi fixado o uso de 1,570 de areia e 1,935 de brita no traço padrão, chegando no denominador comum, que é o traço padrão que gerou os quinze traços em estudo. Não esquecendo da necessidade de fazer o traço $m-1$ e $m+1$, que terá que fazer correções na quantidade areia e brita, devido à alta absorção do pó de MDF.

Com os traços determinados, foi iniciado a confecção do compósito para a moldagem dos corpos de provas 5x10cm e 10x20cm, foram moldados todos os traços com o uso do CP IV – 32 RS. Foram produzidos em média dois a três traços por dia e desmoldados somente com quatro dias após a moldagem, pois com a adição do Pó de MDF ocorreu o aumento no tempo de pega do compósito. Os corpos de provas foram pesados vazios e com o compósito fresco, para o cálculo de consumo de

cimento (C_c) em quilogramas por metro cúbico em todos os traços. O cálculo foi executado fazendo o uso da Equação 2.

$$C_c = \gamma_{\text{concreto}} \times \frac{\text{cimento}(kg)}{\text{concreto}(kg)} \quad (\text{Equação 2})$$

O cálculo do peso específico do concreto, foi realizado para cada traço. Para entendimento prático, têm o exemplo de cálculo do C_c do traço 1. A massa de cimento consiste na quantidade de cimento que foi utilizada na dosagem para a confecção do traço. Em todos os traços foi utilizado o fator multiplicativo 5, pois gera o volume suficiente para o preenchimento dos corpos de prova 5x10 cm e 10x20 cm. A massa de concreto consiste na somatória total dos agregados, ou seja, somatória do traço unitário multiplicado por 5.

$$m_c = (1+1,57+0+1,935+0,58) \times 5$$

$$m_c = 25,43Kg$$

Com a diferença entre as massas dos corpos de prova com o compósito fresco e vazio dividido pelo volume do corpo de prova 10x20 cm é obtido o peso específico do concreto. Após isso é calculado o C_c , usando a Equação 2.

$$C_c = 2,34.10^3 \times \frac{5}{25,43}$$

$$C_c = 459,22 \frac{Kg}{m^3}$$

No consumo de cimento do CP IV – 32 RS sem aditivo foi perceptível a diminuição do C_c de cimento entre os traços, quando se aumenta a quantidade de Pó de MDF. Foi obtida a diminuição de 8,86% do C_c entre os traços de 0% e 2,5%, entre os traços de 0% e 5% a diminuição foi de 17,09%, entre os traços de 0% e 7,5% a diminuição foi de 12,92% e entre os traços de 0% e 10% a diminuição foi de 14,89%. É importante salientar ainda, que foi obtido um aumento do C_c quando comparados os traços com 5% com os de 7,5% e 10%, isso se deve ao aumento do $f(a/c)$ necessário. Com o uso do plastificante foi percebido mais uma vez a diminuição do C_c de cimento entre os traços, sendo que o percentual de variação na melhor situação, que é quando se compara o traço com 0% e 7,5% tem uma diminuição 33,11% no consumo. Novamente foi percebido um aumento de 14,73% no C_c entre os traços de 7,5% e 10,0%, decorrente do fator a/c .

Com o superplastificante foi obtido os melhores resultados, pois em nenhum dos traços houve aumento do C_c . A melhor situação de C_c , foi entre os traços de 0% e 10%, com a diminuição de 15,68% em C_c , o que equivale a 76,70 kg de cimento a menos utilizado na produção de 1 metro cúbico de compósito. É importante salientar ainda, que foi percebido que têm-se um aumento do C_c com a introdução dos aditivos químicos no compósito, isso se deve a diminuição do fator a/c entre os traços sem aditivos e com aditivos. Após os quatro dias, os corpos de prova foram desformados, pesados e colocados na cura. Os pesos iniciais dos corpos de provas, são os dados para o conhecimento da densidade inicial do material em cada traço. A cura úmida foi realizada em caixas de isopor por um período de 28 dias e após isso, foram pesados e rompidos os corpos de prova 10x20 cm e colocados os de 5x10 cm na estufa para o ensaio de absorção do compósito.

Os corpos de provas produzidos com compósito a base de concreto simples foram realizados com todos os traços, sem aditivo químico e com aditivo plastificante e superplastificante. O rompimento foi realizado com 28 dias de idade e a apresentação dos dados se encontra na Tabela 1. Os dados foram analisados fazendo uso da NBR 6118 (ABNT, 2014) e foram obtidos os resultados

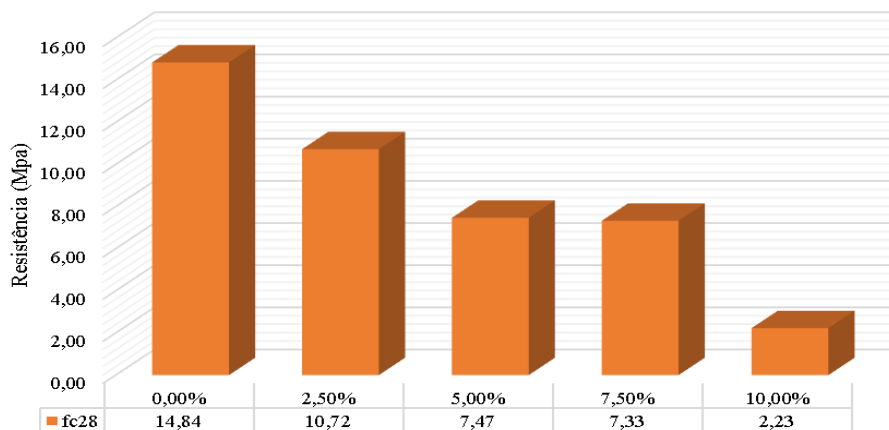
de resistência que se apresentam a seguir. O intuito do presente estudo é fazer uso deste compósito para fins não estruturais, cabendo futuramente a busca por uma aplicabilidade para cada traço.

Tabela 1. Análise resistência a compressão dos corpos de prova 10x20 cm.

TRAÇO	RESISTÊNCIA (MPa)					ANÁLISE NORMATIVA		
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Fm	Sd	fc28
0,00%	15,10	15,48	16,69	16,91	17,52	16,34	0,91	14,84
2,50%	10,80	11,80	12,99	11,95	11,80	11,87	0,69	10,72
5,00%	7,69	7,58	8,07	8,05	7,65	7,81	0,21	7,47
7,50%	8,64	7,95	7,32	8,93	8,50	8,27	0,57	7,33
10,00%	2,75	2,55	2,25	2,50	2,45	2,50	0,16	2,23
0,00% - AP	36,33	34,89	33,45	31,19	0,00	33,97	1,90	30,83
2,50% - AP	11,13	10,60	10,41	10,95	11,79	10,98	0,48	10,19
5,00% - AP	10,18	9,39	9,41	9,69	10,26	9,79	0,37	9,18
7,50% - AP	2,60	1,90	3,00	2,05	2,15	2,34	0,40	1,67
10,00% - AP	1,50	1,70	2,00	2,35	2,35	1,98	0,34	1,42
0,00% - AS	29,59	26,07	24,22	25,47	32,79	27,63	3,14	22,46
2,50% - AS	20,88	21,68	22,77	26,87	23,47	23,13	2,07	19,72
5,00% - AS	15,32	14,26	13,85	13,21	14,50	14,23	0,70	13,07
7,50% - AS	14,97	15,33	14,97	14,35	13,29	14,58	0,72	13,39
10,00% - AS	7,29	6,64	6,24	6,24	6,54	6,59	0,38	5,96

A apresentação gráfica dos resultados obtidos se encontra representada no Gráfico 1, 2 e 3, em linhas gerais os traços têm atendido as expectativas da pesquisa. Para melhor análise foi dividido os gráficos com os traços sem aditivo e com aditivos plastificantes e superplastificantes, na busca de melhor apresentar os dados.

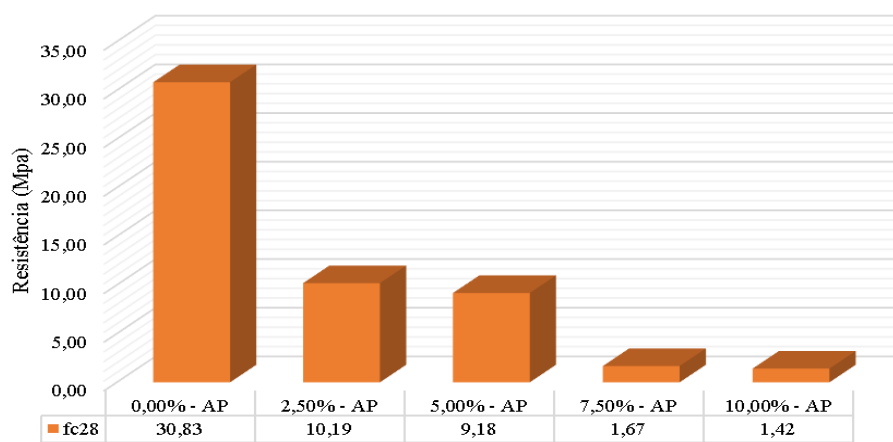
Gráfico 1. Resistência a compressão dos corpos de prova 10x20 cm sem aditivo.



No traço com 2,50% apresentou uma diminuição de resistência na ordem de 27,76% em relação ao traço com 0% de Pó de MDF. No traço com 5,00% foi obtido uma diminuição de 49,66% da resistência quando comparado com o traço 0% e 30,32% quando comparado com o de 2,50%.

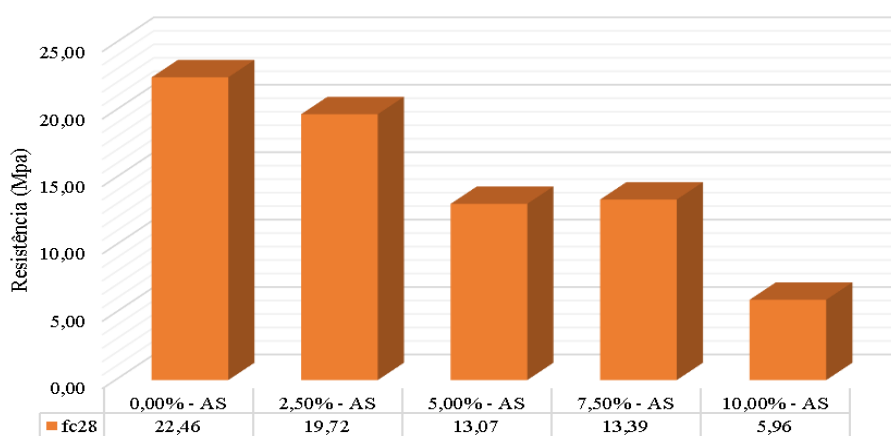
No traço com 7,50% apresentou uma diminuição de resistência de 1,87% quando comparado com o traço de 5,00% e o traço de 10%, apresentou uma diminuição de resistência de 70% quando comparado ao traço de 7,50%. Esta diminuição de resistência se deve ao aumento no fator a/c e pó de MDF, porém mesmo com essa diminuição é importante que até os 7,50% de MDF foi encontrado uma resistência que atende a aplicabilidade de pisos tácteis.

Gráfico 2. Resistência a compressão dos corpos de prova 10x20 cm com plastificante



Nos traços com aditivo plastificante quando comparado com o mesmo percentual sem aditivo, têm-se uma resistência muito próxima no traço de 2,50% e um aumento de resistência na ordem de 19%, porém teve uma diminuição brusca no traço com 7,50% e 10%.

Gráfico 3. Resistência a compressão dos corpos de prova 10x20 cm com superplastificante.



Nos traços com aditivo superplastificante quando comparado com o mesmo percentual com plastificante, têm-se a resistência aumentada em 48,33% no traço de 2,5%, 29,76% no traço de 5%, 87,53% no traço de 7,50% e 76,17% no traço de 10%. Este aumento na resistência com o uso dos aditivos, apresenta a importância na diminuição do fator a/c nos traços do compósito. Mesmo com essa diminuição de resistência significativa, o presente estudo busca aplicabilidade de cunho não estrutural e que busque transformar o resíduo pó de MDF em matéria prima na confecção de um compósito inovador. No ensaio de absorção foi utilizado cinco amostras de corpos de provas 5x10

cm para cada traço do compósito, obedecendo o que a norma NBR 9778 (ABNT, 2005) específica. As massas iniciais e finais obtidas com o ensaio de absorção de água pelo compósito, que foram obtidas após os 28 dias de cura, após 72 horas dentro da estufa e após 72 horas de cura, foram aplicadas na Equação 3.

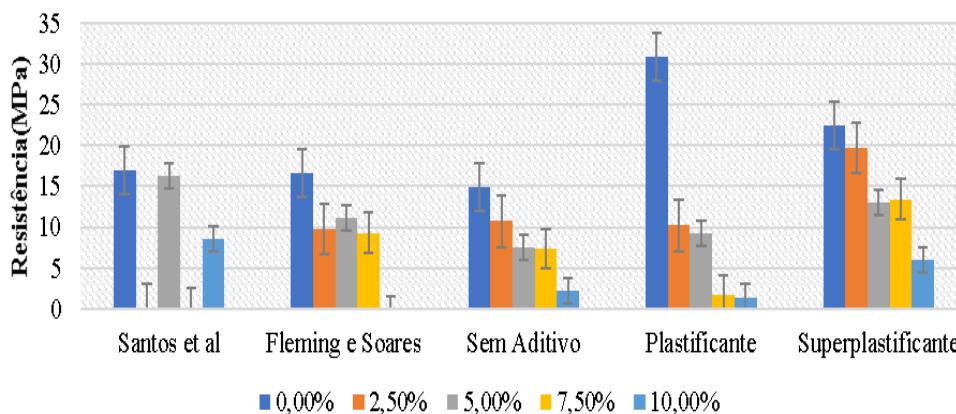
$$\frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

Sendo: m_{sat} : massa do corpo de prova saturado; m_s : massa do corpo de prova seco em estufa.

Foi realizado a aplicação da Equação 3 obtida na NBR 9778 (ABNT, 2005) com o intuito de se obter a absorção de água por imersão dos corpos de provas de todos os traços. A norma 6136 (ABNT, 2016) indica que para este índice, não pode ser obtido maior do que 16% e o resultado deve ser apresentado com a média entre as amostras e com no máximo duas casas decimais. No ensaio de absorção para cada traço do compósito, foi obtido o atendimento de todos os traços com exceção do traço com 10,00% com aditivo plastificante. A partir dos resultados obtidos, foi percebido que o aumento da quantidade de água absorvida nos corpos de prova é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de Pó de MDF, ao fator a/c e à adição de aditivos dos traços estudados. Estes resultados apontam uma das justificativas possíveis na diminuição de resistência à compressão dos corpos de prova, pois correlaciona a quantidade de água absorvida com o percentual de vazios que se tem.

Diante do supracitado, observou-se que com os aditivos plastificantes e superplastificante se têm o aumento da capilaridade e a diminuição das características físico-mecânica em alguns traços, sendo necessário um melhor controle da quantidade de aditivos e fator a/c inseridos em cada traço. Sendo este controle fundamental, para controle de patologias, estudos futuros, no material inovador que essa pesquisa vem desenvolvendo. Para a finalização dos resultados da presente pesquisa, vale a pena salientar a comparação dos resultados (Gráfico 4) obtidos por Santos et al (2017), Fleming et al (2015) e os obtidos neste estudo.

Gráfico 4. Comparação entre as resistências à compressão axial com barras de erro.



Com a comparação entre os resultados é possível averiguar, que pesquisas com fibras de madeira, apresentam resistências à compressão axial com intervalos próximos e com aplicações parecidas, sendo a resistência aumentada ou diminuída de acordo com o percentual da fibra inserida, o fator a/c e o uso ou não de aditivos químicos na busca de melhoria nos resultados de abatimento, homogeneidade, consistência e resistência do material.

5. CONCLUSÕES

Em face aos dados teóricos e práticos foi percebido que o estudo dos resíduos sólidos dentro da construção civil é de suma importância para o desenvolvimento ambiental, social e econômico de

um país. Foram realizados ensaios para caracterizar e comprovar o controle tecnológico do compósito, fazendo o uso dos ensaios de granulometria, absorção, moldagem, pesagem, cura e compressão de corpos de prova de cada traço. Na análise granulométrica foram obtidos resultados positivos e dentro no intervalo granulométrico requerido pelo estudo, que trabalha com o intervalo de areia grossa, brita 0 e Pó de MDF ultrafino.

No ensaio de absorção com o uso de provetas, obteve-se o intervalo entre 30% e 40% de absorção da água pela fibra de madeira na granulometria ultrafina, sendo este um dos desafios no melhor controle tecnológico do compósito. A análise dos dados de densidade inicial e final foram realizados fazendo o uso do software OriginPro 9. O uso deste software promoveu uma melhor análise na qualidade de dados usando o método estatístico de análise de variância – ANOVA.

Os traços a base de concreto simples e pó de MDF com 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10% de substituição obtiveram alguns resultados bem próximos, outros com valores mais distintos, porém valores válidos levando em consideração o aumento de MDF e conseqüentemente do fator água/cimento, reduzindo a resistência. Foram obtidos resultados positivos no estudo estatístico realizado no OriginPro 9 em todos os traços com os dados de densidade inicial e final. Com exceção do traço com 10% de Pó de MDF sem o uso do aditivo. A discrepância neste traço que não atende é justificada pelo fator *a/c* e o uso do percentual máximo de MDF.

Quanto as resistências a compressão aos 28 dias os melhores resultados foram obtidos nos traços com superplastificante, pois as resistências até no traço com 10,00% de MDF atendem a norma NBR 6136 (ABNT, 2016). A norma apresenta que os blocos de concreto para alvenaria de vedação interna, da classe C necessita de resistência final maior ou igual a 3,0 MPa para alvenaria de vedação. No ensaio de absorção de água por imersão, todos os traços obtiveram absorção menor ou igual a 16% como é determinado pela NBR 6136 (ABNT, 2016), com exceção do traço de 10% com pó de MDF com plastificante.

As propriedades que foram percebidas fazendo uso dessa inovação, vem suprindo as expectativas do projeto em questão, pois o uso desse resíduo apresenta diversas possibilidades de aplicações para este compósito, sendo o foco principal a aplicação em alvenaria de vedação e pisos tácteis. A pesquisa busca resultados futuros na inserção de aditivos químicos do tipo plastificante e superplastificante nos traços com 12,50% e 15,00% da areia por pó de MDF, visando ampliar os resultados e melhor gerir os resíduos de MDF que são jogados in natura.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 5738**. Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 5739**. Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 6136**. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 15316-1**. Chapas de fibras de média densidade (painéis de MDF). Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Cenários IBÁ: Estatísticas, 2016**. Disponível em: <<https://www.iba.org/dados-estatisticos>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

CARDOSO, G.; ALMEIDA, T. N.; SANTOS, E. J. Obtenção e caracterização de compósito de matriz cimentícia com fibra do mesocarpo de coco da Baía (*Cocos nucifera* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., 2016, Natal. *Anais...* Natal: CBECiMat, 2016. p. 2729.

COSTA, S. L. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: aspectos jurídicos e ambientais.** 1ª ed. Aracaju: Evocati, 2011.

FERREIRA, C. R.; FONSECA, S. J. G.; TAVARES, S. S.; FERREIRA, B. H. M.; GOUVEIA, L. L. A.; TEIXEIRA, R. L. P.; OLIVEIRA, C. A. S. Estudo comparativo das propriedades mecânicas do concreto estrutural padrão e concreto com adição de fibras vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22., 2016, Natal. *Anais...* Natal: CBECiMat, 2016. p. 3789.

FLEMING, R.; SOARES, W.; GONZALES, E. G.; FERREIRA, C. A. Caminhos para a sustentabilidade na produção de concretos. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n. 54, 2015.

LIMA, A. J. M.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos da madeira de *Pinus* spp. como substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural. **Revista Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 223-235, 2014.

LOPES, J.; RUDNICK, T.; MARTINS, C. Utilização de resíduos industriais para produção de concreto sustentável. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 4, n. 2, p. 216-228, 2018.

MOLINA, N. F.; TARIFA, O. I. F.; MENDOZA, L. V. Resíduos agroindustriais como acréscimos no desenvolvimento de blocos de concreto não estrutural. **Neogranadine Science and Engineering**, v. 25, n. 2, p. 99-116, 2015.

SANTOS NETA, A. V.; SANTOS, A. C.; FARIAS, M. F. L.; BEZERRA, H. J. C. L. Blocos de alvenaria de vedação de compósito com concreto simples e pó de MDF. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 374-385.

SANTOS NETA, A. V.; SANTOS, A. C.; LIMA NETO, R. M.; BEZERRA, H. J. C. L. Desenvolvimento de um compósito utilizando o pó de MDF como agregado para a produção do concreto não estrutural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 61, 2017, Gramado. *Anais...* Gramado: CBC, 2017. p. 1747-1754.

SILVA, A. F. A.; SILVA, D. G. C.; SANTANA, C. V.; SILVA, J. D. J. C. Adição de diferentes fibras de resíduos vegetais na resistência à compressão axial do concreto. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias.** 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 823-832.

SILVA, D. G. C.; FONSECA, J. M. M.; SILVA, D. L.; SILVA, A. J. C. Influência da adição de resíduo de coco seco em argamassas de revestimento. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias.** 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 393-401.

4.5 REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO ASFÁLTICO NA ESTABILIZAÇÃO MECÂNICA DE CAMADAS DE PAVIMENTO

PASSOS, Bruno Conde

Universidade Federal de Pernambuco
bcondepastos@gmail.com

ANDRADE, Carlla Rafaella de Barros

Universidade Federal de Pernambuco
carlla.rafaella@hotmail.com

SANTOS, Iany Andrade

Universidade Federal de Alagoas
ianyandrade@hotmail.com

BATALHA, Thalline dos Santos

Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco
thalline22@gmail.com

RESUMO

Sabendo da necessidade da preservação ambiental dos materiais naturais, do elevado custo envolvidos nas obras de pavimentação e do passivo ambiental gerado por materiais fresados, torna-se indispensável a busca de insumos alternativos, que otimizem a sustentabilidade do meio rodoviário. O presente trabalho foi fundamentado na realização de ensaios laboratoriais em misturas de solo, material fresado, e areia, com a finalidade de determinar diferentes teores de material fresado para serem utilizados como camada de sub-base para pavimentos, analisando o comportamento e as características mecânicas. O solo estudado foi usado como sub-base da obra na duplicação da AL-220, onde foi classificado, segundo a classificação HRB, como argiloso, A-6. Inicialmente este solo apresentou Índice de Suporte Califórnia (ISC) igual a 17,5% e Índice de Grupo (IG) igual a três, valores fora dos padrões determinados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para ser utilizado como sub-base. Com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte do solo foram realizadas três misturas de solo, areia e resíduo de pavimentos fresados, realizando nessas misturas os ensaios de granulometria, de compactação, de limites de Attenberg e de ISC. As misturas foram classificadas como pedregulho siltoso, A-2-4, tiveram ISC acima de 20% e IG igual a zero. Verificou-se que a medida que houve o acréscimo da proporção de areia ou de resíduo, o ISC da amostra também aumentou, evidenciando o potencial do material fresado como agregado para misturas a serem empregadas em camadas de pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem de pavimentos, Resistência, Reutilização.

1. INTRODUÇÃO

Pavimento é uma estrutura destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e à segurança e resistir aos esforços horizontais (desgaste), tornando mais durável sua superfície (GONÇALVES, 1999). Segundo Senço (2007), os pavimentos são classificados em rígidos e flexíveis, onde os flexíveis são compostos por camada superficial asfáltica apoiada sobre as demais camadas do pavimento: base, sub-base, reforço e regularização do subleito. E estas são constituídas por matérias granulares, solos e misturas. Os materiais utilizados em pavimentação estão cada vez mais escassos e de difícil acesso no meio ambiente, assim a exploração desses materiais pode gerar custos extras às obras de infraestrutura e degradar a região explorada (ARAÚJO; BARROSO, 2007). Fundamentado nisso faz-se necessário à procura de soluções que causem menor degradação ao meio ambiente e garanta que o solo apresente as propriedades exigidas para serem usados em camadas de pavimentação. Nesse caso, a utilização dos resíduos de pavimento flexível reciclado (fresado) pode ser uma opção viável para melhoria das características do solo para uso em pavimentação e/ou reaproveitamento do resíduo que seria descartado.

O processo de fresagem é conceituado como corte de uma ou mais camadas do pavimento, com espessuras pré-determinadas, por meio de processo mecânico visando a restauração de pavimentos (BONFIM, 2000). O grande desafio é dar um destino correto a esse material, que por muito tempo foi considerado um rejeito da construção civil e que normalmente são descartados em aterros ou em botaforas, determinados pela fiscalização da obra. Para reaproveitamento deste material, é necessário fragmentá-lo a fim de se obter uma determinada granulometria, faz-se a mistura ou não com outros materiais e aplica-se em uma nova camada do pavimento. O reaproveitamento de resíduo fresado, que é constituído de seixo rolado ou pedra britada, areia, filler (pó de pedra ou cimento) e cimento asfáltico de petróleo (CAP).

A produção de um novo pavimento através da utilização de resíduo de pavimentos fresados resulta na redução do custo, de energia e de matéria-prima, o que reduz a degradação do ambiente. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) confirma a ideia ao afirmar que além da redução do impacto ambiental também é possível identificar uma redução do custo da manutenção de uma rodovia utilizando a técnica da reciclagem de pavimentos. Neste trabalho foram utilizadas misturas entre resíduo fresado, areia e solo argiloso que após serem feitas avaliações das propriedades físicas desses materiais, foi avaliada as propriedades mecânicas do solo e das misturas. Com isso, foi possível verificar a influência dos materiais utilizados no melhoramento do solo. Um dos benefícios desta mistura é característica de estabilização do solo. Este método de estabilização melhora as propriedades do solo pelo aspecto técnico, pois torna-o qualificado a cumprir as determinações do projeto. Pode-se afirmar que esse método tem como propósitos primordiais o ganho de resistência, a redução da deformação em decorrência do tráfego, a diminuição da compressibilidade, e a utilização de material reciclado (ANDRDAE JÚNIOR; REIS, 2017).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor rodoviário brasileiro enfrenta uma crise anunciada desde o princípio dos anos 1980, que possui dois aspectos que paralelamente vêm se agravando com o passar do tempo. De um lado, de acordo com DNIT (2012), sabe-se que existe uma demanda de mais de 1,3 milhões de quilômetros de estradas carentes de pavimentação. Por outro lado, o segundo aspecto é referente à qualidade das estradas e vias pavimentadas. Na pesquisa anual da Confederação Nacional do Transporte (CNT) 50% dos trechos avaliados, correspondentes a 52.911 km vias pavimentadas do país, apresentava condição de rolamento de deficiente até péssima, que exigiria reconstrução e não simples serviços de conservação e de manutenção (CNT, 2017). Contudo, de acordo com Baldo e Dornelas (2015) não será possível superar as carências no Brasil, em matéria de infraestrutura viária, bem como é muito difícil atender toda a demanda existente de novas construções, sem a consideração do uso racional de materiais reciclados a partir dos próprios pavimentos já existentes.

Diante do cuidado mundial pelo desenvolvimento sustentável e a implantação no Brasil da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), que estabelece uma hierarquia de ações para gestão ambientalmente adequada de resíduos: primeiramente, a não geração, em seguida, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, por fim, a disposição final dos rejeitos (TASHIMA E MONDELLI, 2017; SILVA E ALMEIDA, 2019), os órgãos de infraestrutura rodoviária estão estudando outros caminhos para suas atividades devido ao risco de escassez de matérias-primas (petróleo e agregados minerais) e ao rigor das políticas ambientais. Assim, tem-se como possível solução a reciclagem de pavimentos por meio da incorporação do material removido de revestimentos deteriorados pela técnica de fresagem. (OLIVEIRA et al., 2019)

A reciclagem de pavimentos surgiu na década de 1930, entretanto, apenas despertou interesse na década de 1970 com a crise do petróleo, e foi aprimorada a partir do desenvolvimento do equipamento de fresagem simultaneamente na Europa e na América do Norte. Porém, no Brasil, Bernucci et al. (2008) evidencia que o equipamento foi utilizado somente na década de 1980. No ano de 1985 ocorreu a primeira obra de reciclagem na rodovia Anhanguera, que liga São Paulo a Campinas em pista dupla e com extensão total de 90 quilômetros (COSTA; PINTO, 2011).

Tipicamente, as técnicas de restauração de pavimentos flexíveis no Brasil têm se concentrado na reconstrução parcial (apenas fresagem do pavimento antigo) ou total (reconstrução de todas as camadas do pavimento) da estrutura da via. Nos dois casos citados normalmente são gerados resíduos, que apresentam relativo potencial de contaminação ambiental caso não sejam corretamente dispostos na natureza. (ROSA et al., 2015; APAZA et al., 2018). Em função dessa demanda, a reciclagem de pavimentos flexíveis torna-se uma opção atrativa, uma vez que é possível incorporar capacidade de suporte ao pavimento antigo, além de reduzir a quantidade de resíduo e diminuir os custos do ciclo de vida de uma rodovia. Costa e Pinto (2011), Pires et al. (2016), Andrade Júnior e Reis (2017), Klamt et al. (2017) e outros autores, em suas pesquisas, apresentaram os benefícios resultantes do uso da técnica de reciclagem de pavimentos flexíveis. Tais aspectos positivos estão concentrados principalmente na redução do passivo ambiental, na minimização da exploração de pedreiras e jazidas de solos, no aumento da capacidade da estrutura e na redução dos custos de manutenção de um pavimento (FERRI et al., 2017).

Contudo, no Brasil não existe organizações, governamentais ou não, voltadas especificamente para reciclagem de pavimentos asfálticos, mas a assunto é comumente abordado dentro das empresas e órgãos rodoviários. O elevado número de variáveis associadas à reciclagem, especialmente devido à variabilidade do material deteriorado, justifica a dificuldade da definição de procedimentos totalmente aceitos (SANTOS et al., 2017). Portanto, a utilização do material fresado ainda necessita de uma metodologia de dosagem e projeto, podendo levar ao comprometimento do desempenho da camada reciclada (SILVA et al., 2017).

O pavimento rodoviário pode ser classificado como rígido ou flexível, a depender da forma com que é executado e dos materiais empregados. O pavimento rodoviário flexível, por sua vez, é composto por uma mistura de, basicamente, agregados e ligantes asfálticos, sendo amplamente empregado o concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ). (BERNUCCI, et al, 2006).

Conforme Santos e Demuelenaere (2018), a manutenção do revestimento asfáltico gera um material reciclável, tanto o proveniente do processo de fresagem do pavimento, quanto do processo de manutenção do pavimento. No início a reciclagem era executada com equipamentos manuais com dispositivos de lâminas e escarificadores, para a retirada do material da pista. Atualmente, utilizam-se máquinas fresadoras (Figura 1), com um potente mecanismo de corte e desbaste, retira por raspagem da porção previamente determinada do pavimento. No entanto, o princípio básico ainda é o mesmo: fragmentar, triturar e retirar a camada antiga do pavimento e, assim, reutilizá-la através da combinação com materiais novos obtendo-se uma nova camada (COSTA; WANDEMYR FILHO, 2010). A remoção desses pavimentos gera um acúmulo de resíduos, com potencial para incorporação na composição de novas misturas asfálticas. Contudo, a opção por esta tecnologia tem sido feita exclusivamente com base no fator econômico. Na maioria das obras não é realizado um estudo

prévio capaz de escolher a modalidade mais apropriada, segundo os aspectos técnicos, econômico e ambiental.

Figura 3. Equipamento realizando a fresagem de revestimento asfáltico flexível com geração de material fresado.



Fonte: Portal dos Equipamentos (2017).

De modo geral, é comum classificar as técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos em apenas duas modalidades, que são a reciclagem a quente e a fria, que por sua vez, podem ser executadas no próprio local ou em usina apropriada. (COSTA; WANDEMYR FILHO, 2010). No Brasil, os métodos são chamados pelo DNIT de Marini e de Wirtgen, respectivamente, a fria e a quente, ambos atendem as especificações do DNER ES-187/1987.

3. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, o solo analisado foi proveniente da jazida Gunga (Figura 2), localizada as margens da AL-101 no município de Barra de São Miguel. Este material chamado de Top Soil por está localizado no horizonte mais aflorado da jazida foi usado como material de sub-base da obra de duplicação da AL-220, no trecho que liga Barra de São Miguel a São Miguel dos Campos. A obra foi executada em consórcio pelas empresas Engenharia de Materiais Ltda (ENGEMAT) e L. Pereira & Cia. Ltda. que concedeu acesso a obra, aos materiais e ao laboratório.

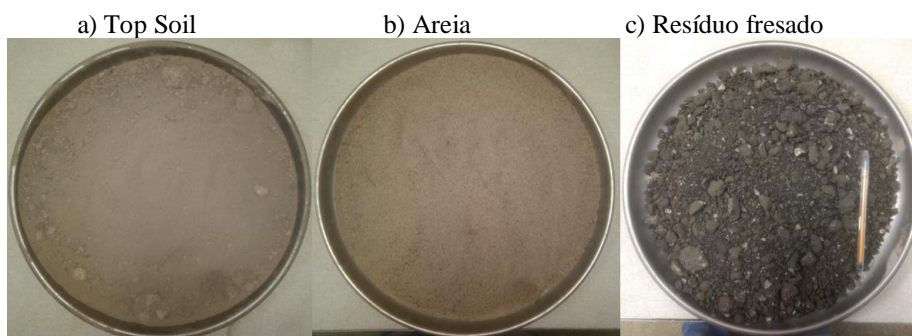
Figura 2. Jazida Gunga.



Inicialmente foram feitos ensaios laboratoriais de caracterização em amostras compostas totalmente pelo Top Soil (Figura 3a), as amostras 1 e 2. Os ensaios consistiram em: granulometria (NBR 7181/2016), compactação com energia de Proctor intermediária (NBR 7182/2016), Limite de Liquidez (NBR 6459/2016), Limite de Plasticidade (NBR 7180/2016) e Índice de Suporte Califórnia (NBR 9895/2016). Como a amostra composta somente pelo solo da jazida não oferecia as características especificadas para sub-base granulometricamente estabilizada, onde o IG tem que ser igual a zero e o ISC tem que apresentar valor maior ou igual a 20%, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), algumas adições em diferentes proporções de material granular foram feitas para tornar o material menos plástico e com uma capacidade de suporte maior.

Assim, as amostras que foram ensaiadas em seguida eram misturas do Top Soil com areia (Figura 3b), e resíduo fresado do asfalto da pista já existente (Figura 3c) com objetivo de aumentar ainda mais a capacidade de suporte do solo, diminuir o uso de jazidas naturais e dar destinação ao passivo ambiental. Para cada mistura, foram feitas duas amostras, as proporções escolhidas foram: amostras 1 e 2 compostas 100% por Top Soil; amostras 3 e 4 compostas de 55% de Top Soil, 35% de areia e 10% de resíduo fresado; amostras 5 e 6 compostas de 65% de Top Soil, 20% de areia e 15% de resíduo fresado e, por fim, as amostras 7 e 8, compostas de 60% de Top Soil, 20% de areia e 20% de resíduo fresado.

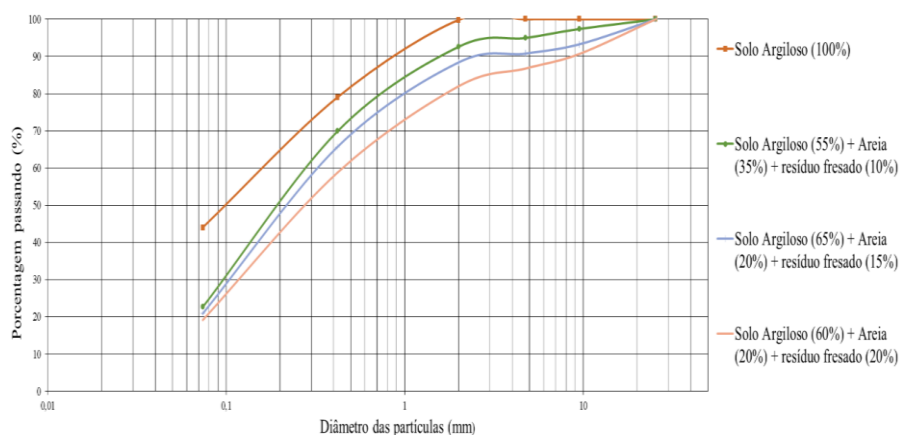
Figura 3. Materiais utilizados nas misturas.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O melhoramento da capacidade de suporte do solo estudado se deu devido a uma estabilização granulométrica, ou seja, adicionando um material grosso, como a areia e o resíduo fresado, em um solo argiloso tornamos a amostra mais bem graduada, aumentando sua capacidade de suporte, onde as curvas (Figura 4) melhores graduadas apresentam um ISC maior que as curvas mal graduadas.

Figura 4. Curvas granulométricas das misturas ensaiadas.



4.1. Top soil – amostra 1 e 2

A partir dos resultados dos ensaios com Top Soil, o mesmo pode ser utilizado como um solo argiloso A-6, segundo o sistema HRB. A média dos limites de liquidez (LL) das duas amostras foi igual a 37,3% e a média dos índices de plasticidade (IP) foi igual a 11,85%, com esses dados foi possível calcular o índice de grupo (IG), que para essas amostras, a média foi igual a 3. O solo também apresentou na compactação uma densidade máxima de 1887 g.dm⁻¹ e umidade ótima de 13,8%, em média. O ISC médio foi de 17,5% e a expansão igual a 0,1%. Apesar do solo apresentar dados de caracterização e de resistência satisfatórios, o solo sozinho não tem capacidade de suporte mínima exigida para servir de material de sub-base e por se tratar de um solo argiloso, a plasticidade do material elevou o IG para além do permitido segundo o DNIT (2006), que para uso em camadas

de sub-base, deve atender os seguintes critérios: $ISC \geq 20\%$, $expansão \leq 1$ e $IG = 0$. Portanto o material para ser utilizado como material de sub-base fica condicionado a uma estabilização granulométrica e/ou química.

4.2. Top soil + areia + material fresado – amostras de 3 a 8

A areia utilizada nessa etapa da estabilização granulométrica foi uma areia lavada adquirida próximo a uma Jazida na praia do Francês, no município de Marechal Deodoro. A areia foi submetida apenas ao ensaio de granulometria, onde apresentou-se como um solo granular, A-1-b. Não houve nenhum ensaio de caracterização ou resistência somente com o resíduo fresado, porém visualmente via-se considerável parte graúda e deficiência de finos. Os resultados e as classificações das misturas de solo com areia e resíduos estão apresentados abaixo (Tabela 1). Como dito anteriormente, para cada mistura entre solo, areia e resíduo foram feitas duas amostras, assim, os valores apresentados são as médias entre os respectivos pares de amostra de uma mesma proporção.

Tabela 1. Resultado dos ensaios das amostras compostas por Top Soil, areia e resíduo fresado

Parâmetros	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
	Top Soil (55%) + Areia (35%) + resíduo fresado (10%)		Top Soil (65%) + Areia (20%) + resíduo fresado (15%)		Top Soil (60%) + Areia (20%) + resíduo fresado (20%)	
Classificação	A-2-4		A-2-4		A-2-4	
LL (%)	N/L		N/L		N/L	
IP (%)	N/P		N/P		N/P	
IG	0		0		0	
Dens. Máx. (g/dm ³)	1965		2002,0		2006,0	
Umidade ótima (%)	11,4		9,8		9,7	
ISC (%)	26		29		30	
Expansão (%)	0,0		0,0		0,0	

Assim, quanto mais adicionamos o resíduo nas misturas, maior o ISC se tornava, mas, ainda assim, qualquer uma das amostras com resíduos atendeu as especificações do DNIT e poderia ser usada como material de sub-base.

5. CONCLUSÕES

Após serem feitas avaliações das propriedades físicas do solo obtido na Jazida Gunga e avaliado as propriedades mecânicas das misturas de solo-areia-resíduo fresado, pode-se chegar à conclusão que a estabilização mecânica com adição de areia ou de areia mais resíduo ao solo argiloso se mostrou bastante eficiente. As amostras estabilizadas não somente atingiram os valores prescritos em norma como as superou.

Sendo assim, a técnica de estabilização abordada nesse trabalho traz benefícios às obras de pavimentação não somente pelo ganho de capacidade de carga, mas também pela economia financeira, pois dá a possibilidade de se usar uma jazida mais próxima do trecho a ser pavimentado, mesmo que seu solo não atenda o suporte de carga prescrito no projeto quando puro. Outra vantagem é o reaproveitamento do material fresado para estabilização mecânica dos solos usados em camadas de pavimentos, promovendo a sustentabilidade, pois além de preservar a jazida, evita que estes resíduos sejam descartados na natureza.

REFERÊNCIAS

APAZA, F. R.; GUIMARÃES, A. C. R.; SOUSA, M. A. S.; CASTRO, C. D. Estudo sobre a utilização de resíduo de minério de ferro em microrrevestimento asfáltico. **Transportes**, v. 26, n. 6, p. 118-138, 2018.

ARAÚJO, A.; BARROSO, S. H. A. O uso da técnica de solo-cal para melhoramento das propriedades tecnológicas de um solo da região do baixo Jaguaribe no estado do Ceará. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 21, 2007, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ANPET, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459/2016. **Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 7180/2016. **Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 7181/2016. **Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 2017.

_____. NBR 7182/2016. **Solo - Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 9895/2016. **Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2017.

ANDRADE JÚNIOR, R.; REIS, E. A. P. Estudo de viabilidade da utilização de material asfáltico reciclado como substituto do agregado graúdo na elaboração de concreto. **Revista ETIC**, v. 13, n.13, p.1-11, 2017.

BALBO, J. T.; DORNELAS, R. C. Custos de reciclagem de pavimentos de concreto e seu potencial econômico na realidade brasileira. **Revista Transportes**, v. 23, n. 2, p. 75-84, 2015.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

BONFIM, V. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. 1ª ed. São Paulo: Fazendo Arte, 2000.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: Relatório gerencial**. Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2017, 406 p.

COSTA, C.; PINTO, S. O uso de reciclagem de pavimentos como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. São Paulo: **Revista Engenharia**, v. 602, p. 96-102, 2011.

COSTA, G.; WANDEMYR FILHO, W. O uso de reciclagem de pavimentos, como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. **Revista Traços**, v. 12, n. 26, p. 39-58, 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, IPR 719. **Manual de Pavimentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Rede sob jurisdição federal – versão 2012**. Disponível em: <dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/snv2014-juris-dicao-federal.pdf>. Acesso em: 27 fev.2018.

FERRI, S.; SUZUKI, C. Y.; KABBACH, F. I.; SANTOS, C. R.; VALLEJO, F. M. L. Proposição de Metodologia Para Análise de Risco em Estruturas de Pavimentos Asfálticos Flexíveis. **Transportes**, v. 25, n. 1, p. 93-101, 2017.

GONÇALVES, F. P. **O desempenho dos pavimentos flexíveis**. Notas de Aula. 149 p. 1999.

KLAMT, R. A.; FONTOURA, P. R.; BUDNY, J.; DOS SANTOS, F. Estudo da Utilização da Reciclagem de Concreto Asfáltico como Camada de Pavimento. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 539-553, 2018.

OLIVEIRA, R. L. C.; MENEZES, S. K. O.; ANDRADE, C. R. B.; PASSOS, B. C. Impactos ambientais causados pela duplicação da rodovia AL-145 no município de Delmiro Gouveia – Al. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2019. p. 44-52.

PIRES, G. M.; SPECHT, L. P.; PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, D. S.; RENZ, E. M. Comportamento mecânico de material fresado após processo de estabilização granulométrica e química por meio da incorporação de cimento e cinza de casca de arroz moída. **Revista Matéria**, v. 21, n. 2, p. 365-384, 2016.

ROSA, F. D.; JORGE, F. S.; BRITO, L. A. T.; CERATTI, J. A. P. Análise do comportamento mecânico de um pavimento reciclado com adição de diferentes agentes estabilizadores. **Revista Transportes**, v. 23, n. 2, p. 95-104, 2015.

SANTOS, M. R.; DEMUELENAERE, R. G. A. Reciclagem de pavimento asfáltico a quente *in situ*. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 01, n. 02, p. 5-16, 2018.

SANTOS, R. O. G.; REZENDE, L. R.; SILVA, V. M. S.; COSTA, L. C. S.; HÓMEZ, J. H. G. Monitoramento do desempenho da técnica de reciclagem profunda em pavimentos do estado de Goiás. **Revista Transportes**, v. 25, n. 4, p. 27-41, 2017.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, M. R.; BARONI, M.; BUDNY, J.; CERVO, T.C.; SPECHT, L.P. Avaliação do comportamento mecânico do material fresado com adições de cimento portland, cal hidratada, sílica de casca de arroz e cinza volante. **Revista Estradas**, v. 22, p. 82-86, 2017.

SILVA, V. P.; ALMEIDA, L. M. C. A. Resíduos sólidos versus desastres urbanos: alguns aportes teóricos. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 18-30.

TASHIMA, G. H. M.; MONDELLI, G. Reflexão sobre os conceitos de rejeitos na lei e na prática paulista. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de (Orgs.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 123-131.

4.6 SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO ASFÁLTICO DO PETRÓLEO POR ISOCIONATO NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

LIMA, Ricardo de Jesus Paixão
Universidade Ceuma
ricardojplima1@hotmail.com

ARAÚJO, Leticya Fernanda Azevedo Alves
Universidade Ceuma
lethicya_fernanda@hotmail.com

MACHADO, Fabricio Morais
Universidade Ceuma
fabricio_pesquisa@hotmail.com

GONÇALVES, Cintia Leite
Universidade Federal do Paraná
cintialeiteg@hotmail.com

RESUMO

Com o intenso crescimento populacional, houve uma grande necessidade de mobilidade e isso impulsionou diretamente na utilização maior das vias pavimentadas e, conseqüentemente, refletindo em novos métodos usando materiais alternativos para encontrar melhorias técnicas na pavimentação asfáltica. O presente estudo partiu de uma pesquisa inovadora para análise experimental da aplicação do composto químico isocianato, o mesmo usado na fabricação de poliuretano, na composição do asfalto. Teve como objetivo aplicar na mistura asfáltica o isocianato líquido de espuma rígida, com intuito de encontrar melhorias mecânicas e características físicas adequadas para esse tipo de pavimentação em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), se enquadrando dentro dos parâmetros estabelecido pela norma de pavimentação asfáltica brasileira. A metodologia aplicada foi a norma DNER-ME 053/94. Após as análises dos resultados de todas as proporções de isocianato e cimento asfáltico de petróleo (CAP) utilizadas durante os procedimentos, foi possível verificar que o uso do isocianato como substituição total apresentou todos os requisitos da norma, tornando-se viável a sua utilização em pavimentação asfáltica, atendendo alguns dos mais importantes parâmetros de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Isocianato; Pavimentação Asfáltica; Substituição.

1. INTRODUÇÃO

As estradas nacionais tiveram surgimento visando a necessidade de escoar produtos e possibilitar mobilidade à população. Com o passar do tempo as vias de rodagem passaram a receber revestimentos asfálticos, dessa forma, ganharam estruturas mais resistentes e de maior conforto para as pessoas que a utilizam. Mas, somente por volta do século XX, com a implantação da indústria automobilística no Brasil, foi que a pavimentação das vias brasileiras ganhou importância e obteve grande relevância na sua utilização. Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2014), a rodovia pioneira no Brasil a ser pavimentada, é nos dias de hoje conhecida como a Rodovia Washington Luís localizada no Estado do Rio de Janeiro, na cidade de Petrópolis, esse fato ocorreu no ano de 1928.

A pavimentação das estradas do Brasil é em sua grande maioria revestida por concreto asfáltico, que consiste numa mistura de agregados e cimento asfáltico do petróleo (CAP), esse ligante asfáltico nada mais é do que o resíduo final do processo de destilação do petróleo, e por apresentar características como qualidade e consistência são utilizadas diretamente na execução de pavimentos asfálticos (DNIT, 2009). Atualmente, o crescimento intenso da população imprime a necessidade de mobilidade e isso reflete diretamente na utilização maior das vias pavimentadas, com isso, muitos projetos estão sendo desenvolvidos na intenção de amenizar ou mesmo solucionar por completo o grande problema das nossas vias brasileiras. Constantes falhas na construção das rodovias originam um processo de deformação mais acelerado do pavimento, resultando em maiores custos de manutenção, maior número de acidentes, entre outros fatores consideráveis para a situação atual (CNT, 2014).

Fica evidente a importância de estudos na busca de novas alternativas para o segmento de pavimentação, levando em consideração o tráfego atuante nas rodovias e o clima do nosso país definido por diferentes regiões. Diante desse cenário, vem destacando-se estudos de pavimentos modificados nos seus mais diversos seguimentos, que garantem mais qualidade em seu revestimento, durabilidade e reduz o impacto ambiental. Segundo Silva et al. (2018) e Boeira et al. (2018) o asfalto a aplicação da camada asfáltica deverá ser levado em consideração a capacidade de lixiviação e a de solubilidade, além de depois da aplicação verificar a recuperação do ligante asfáltico betuminoso em relação ao meio ambiente e suas intempéries.

Dentre os variados projetos inovadores voltados para a área de pavimentação asfáltica, estamos trazendo uma nova linha de pesquisa um composto químico utilizado na fabricação de Poliuretano (PU). O PU é um material composto por Isocianato e Polioliol, e é considerado um dos principais polímeros das últimas décadas por causa da sua grande versatilidade em se obter materiais com propriedades físicas e químicas diferentes que podem ser aplicadas em muitos setores industriais. Maj et al. (2018) identificaram que uma das primeiras utilizações do poliuretano foi na utilização de telhados como protetor e isolante térmico. Tal fato permite ao PU desenvolver papel importante no mercado mundial de polímeros sintéticos, e quando associado ao setor de pavimentação asfáltica, espera-se que o mesmo possa ser uma alternativa econômica, além de consistir na criação de um pavimento com características sustentáveis e de qualidades superiores ao pavimento de mistura convencional para solucionar ou amenizar os problemas da pavimentação. É importante lembrar que a maior parte desses problemas podem ser oriundos também das condições geotécnicas e o que está relacionado a força de impacto mecânico a esse pavimento (SOBALA et al., 2017).

O Asfalto Modificado por Isocianato será abordado e utilizado neste trabalho. Trata-se de um trabalho de pesquisa novo para observar o comportamento do pavimento a fim de melhorar as características adesivas e coesivas da mistura, propiciando um material mais leve, de maior resistência e durabilidade, dando qualidade final ao revestimento a ser empregado. Considerando essa relevância, o presente trabalho tem como objetivo aplicar na mistura asfáltica o Isocianato de poliuretano rígido visando melhorias mecânicas, características físicas que proporcionam ao pavimento asfáltico melhores condições de tráfego e vida útil, estando dentro dos parâmetros

estabelecido pela norma de pavimentação asfáltica brasileira e possivelmente se tornar uma prática sustentável com a reutilização dos resíduos sólidos de poliuretano descartado no meio ambiente de forma irregular como alternativa de aditivo ou substituição de agregado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O pavimento asfáltico modificado é uma alternativa reutilizando materiais descartados de maneira irregular no meio ambiente ou adicionando novos materiais que altera as características físico-químicas, dando origem a um novo produto de maior desempenho, com ponto de amolecimento e capacidade elástica elevados, apresentando capacidade de estabilidade e resistência superior ao asfalto convencional, fazendo com que o mesmo sofra menos danos provocados pelo tráfego e pelas intempéries, tendo maior vida útil (BASTOS et al., 2015). Dependendo do material utilizado na modificação o pavimento se torna bem mais econômico, sendo indicado na maioria das vezes para revestir pavimentos de rodovias e vias de cidades com volumes de tráfego moderado, alto e muito pesado.

2.1. Ligantes asfálticos

O asfalto utilizado em pavimentação nada mais é que um ligante betuminoso que se dá a partir da destilação do petróleo e apresenta propriedade de ser um adesivo termoviscoelástico, impermeável à água e pouco reativo, além de exibir propriedades adesivas e termoplásticas. A baixa reatividade química à ação de muitos agentes não evita que esse material possa sofrer ao longo do tempo um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água (ARAÚJO et al., 2017). No Brasil utiliza-se a denominação CAP para designar esse produto de característica semissólido a temperaturas baixas, viscoelástico à temperatura ambiente e líquido a altas temperaturas, e que se enquadra em limites de consistência para determinadas temperaturas estabelecidas em especificações variadas, no nível molecular, a grande variedade de moléculas presentes torna impossível a determinação exata de sua composição (CERATTI et al., 2010).

Segundo o que consta no Sindicato da Indústria da Construção Pesada do Estado de São Paulo – SINICESP (2010), o cimento asfáltico de petróleo é designado como material produzido em sistemas de refino de Petróleo e é caracterizado segundo as normas brasileiras e especificado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), contando atualmente com quatro tipos de CAP, classificados por penetração: CAP 30/45, CAP 50/70, CAP 85/100 e CAP 150/200, dando origem a outros produtos básicos para a produção de derivados de materiais asfálticos. Segundo Lucena (2016) óleos vegetais também podem ser inseridos como aditivos para melhoramento das propriedades físico-química do CAP.

O asfalto de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é do tipo de pavimento caracterizado como flexível de maior empregabilidade na maioria das rodovias que apresenta elevado tráfego de veículos. Proveniente da mistura de agregados produzido em uma usina de especificidade singular, pois as misturas são feitas a quente e toda produção se faz mantendo o cuidadoso controle de dosagem dos materiais agregados, seguindo tais critérios tem-se uma mistura de alta qualidade, atendendo assim as especificações de preparo e manuseio dessa massa asfáltica (BALBO et al., 2015).

2.2. Materiais alternativos como aditivos asfálticos

O tráfego cada vez mais intenso e diferentes tipos climáticos do nosso país agindo diretamente nas rodovias brasileiras, veem ocasionando problemas na pavimentação, o que exige soluções alternativas sobre os tipos de materiais empregados na pavimentação asfáltica, que apresentam maior durabilidade e melhoria nas condições das estradas. Para isso, estudos elaborados em materiais alternativos de ligantes vêm tomando destaque na tentativa de dar qualidade aos pavimentos asfálticos, diminuir os impactos ambientais e agregar valor à técnica da reciclagem e reutilização de resíduos sólidos, como por exemplo, o uso de polímeros, pneus, dentre outros materiais. Silva et al.

(2018) e Gama et al. (2015) destacam que a modificação de ligantes asfálticos pode dar por toda cadeia de elastômeros e de plastômeros. Sendo os mais usados: o polietileno, o acetato de vinila, o polipropileno, entre outros.

Os polímeros quando utilizados para melhorar a qualidade do asfalto, ultrapassa os paradigmas de classificação seguindo algo mais óbvio e direcionado às técnicas de implantação rodoviárias, onde são classificados alguns grupos como os termorrígidos; elastômeros; elastômeros-termoplásticos e o termoplástico, este último por sua vez sendo o principal grupo utilizado na mistura do tipo CBUQ ou areia asfáltica usinada a quente (AAUQ) onde suas características físicas irão depender do tipo de polímero a ser utilizado na composição (NEGRÃO, 2006). Silva et al. (2009) diz que o uso de pneus inservíveis em revestimentos asfálticos é uma tendência crescente no mundo inteiro, inclusive em determinados lugares no Brasil. Quando triturados e adicionados ao cimento asfáltico, resulta em um ligante denominado asfalto-borracha com características físicas bem satisfatórias. O asfalto-borracha nada mais é do que um preparo da mistura asfáltica aproveitando os resíduos sólidos, provenientes do descarte de pneus, sua adição serve para melhorar características como resistência, permeabilidade e aderência das pistas de rolamento. (ZATARIN et. al., 2016).

2.3. Isocianato

De acordo com Clemente et al. (2014), os isocianatos são compostos orgânicos que apresentam radicais isocianatos designados NCO, que são ligados à cadeia carbônica podendo ser de quatro grupos funcionais que são, alifáticos, aromáticos, cicloalifáticos ou policíclicos. Muitos tipos de isocianatos alifáticos e aromáticos são os mais fáceis de serem encontrados no mercado, porém, cerca de 95% são derivados do tolueno diisocianato (TDI) e do difenilmetano diisocianato (MDI). A seleção do isocianato, de modo geral para determinada empregabilidade, se baseia em alguns fatores relevantes, como por exemplo, estrutura química, funcionalidade da molécula, reatividade, massa molar e a disponibilidade no mercado. Os isocianatos mais utilizados na síntese de espumas flexíveis é o TDI. As reações mais importantes dos isocianatos, na síntese do poliuretano, são com polióis que então formam os poliuretanos, e com aminas ou água resultando em poliuréias (SOARES, 2012).

Akindoyo et al. (2016) faz a divisão entre os poliuretanos e os classifica de acordo com suas propriedades. Os isocianatos é que são responsáveis pelo chamado segmento rígido dentro da estrutura dos elastômeros de poliuretano, é o que dá rigidez conforme o tipo de isocianato utilizado e sua finalidade, os quais conferem ao elastômero propriedades como a dureza, resistência ao cisalhamento e módulo de elasticidade à tração e/ou compressão. Com a junção dos dois compostos químicos, isocianato e polioliol, forma-se o poliuretano, que são as espumas flexíveis que possuem uma enorme e variada aplicabilidade no mercado de produtos como colchões, travesseiros, estofados, calçados, bancos de automóveis, dentre outros. Essa gama de variedade só é possível porque os compostos químicos empregados na fabricação dão ao poliuretano capacidade de amortecimento de impacto, flexibilidade, durabilidade e facilidade de moldagem. Já as espumas rígidas produzidas dos mesmos compostos químicos, mas com alguns diferenciais, trazem características excelentes como isolamento acústico e térmico e propriedades mecânicas, e também apresenta uma variada linha de aplicação em protetores de equipamentos eletrônicos, fabricação de equipamentos, indústria automotiva, aplicações náuticas construção civil, etc (KLOSS et al., 2017). Diante dessas características, o isocianato PU-B – BB 1,1 kg rígido foi escolhido para fazer parte da linha de pesquisa deste trabalho, baseado na modificação de pavimento asfáltico atuando como aditivo à mistura dos agregados juntamente com o CAP, ou mesmo sendo o ligante principal da composição.

3. METODOLOGIA

O CAP 50/70 utilizado como ligante asfáltico dos agregados, foi adquirido da indústria de asfalto TOP ENGENHARIA São Luís – Ma. De acordo com a norma técnica NBR 9935 (ABNT, 2011), o agregado é definido como um material granular, normalmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a argamassa ou o concreto. Os agregados utilizados nos procedimentos experimentais foram, brita 0, pó de brita e areia oriundos da mesma indústria que cedeu o CAP, de

mineradora da própria região. Primeiramente foi realizado um teste experimental para descobrir o ponto ótimo das dosagens a serem empregadas nos corpos de prova. Para isso foi feita a seleção dos agregados a serem utilizados para a análise granulométrica, pesou-se então, três amostras de areia com cerca de 1016,3 kg; 1061,3 kg e 1074,2 kg. Feito o mesmo procedimento de pesagem para o pó de brita com três amostras e cerca de 1064 kg; 1090 kg, 1080,2 kg. Em seguida, foi feito para a brita 0 com três amostras respectivamente, de 1158,7 kg; 1125,7 kg e 1161, 8 kg. A granulometria seguiu a norma DNER-ME 083/98, a análise foi feita por meio de uma série de peneiras descritas na norma DNER-ME 035/98 de malhas graduadas específicas para esse tipo de concreto asfalto CBUQ e foram as seguintes: 1/2; 3/8; 4; 10; 40; 80; 200, nessa respectiva ordem. Após o peneiramento de cada um dos agregados, anotaram-se os dados retidos em cada uma das peneiras para demonstrar a curva granulométrica dos agregados utilizados na mistura. Encontrada a composição granulométrica dos agregados a serem utilizados na mistura que ficaram graficamente com as seguintes curvas, Brita 0 = 55; Pó de Brita = 37 e Areia = 8, e do teor de CAP adotado, 3,5%; 4,0%, 4,5%; 5,0% e 5,5%, foi possível calcular as massas específicas e as densidades máximas teóricas a ser utilizada em cada corpo de prova.

Executou-se então o teste de densidade de cada agregado por meio da norma DNER-ME 081/98 (para agregados graúdos). Utilizando os métodos de ensaios descritos na norma, usou-se uma proveta de 1000 ml para determinar as densidades da brita 0, já para a areia, e o pó de brita foi utilizado a vidraria de Chapman. Primeiramente pesou-se 500 kg de cada um dos agregados e misturou com 200 ml de água, agitou-se a proveta e o Chapman para retirar as bolhas de ar de dentro e aguardou cerca de 10 min para que o material preenchesse todos os espaços vazios do recipiente, depois desse período anotaram-se os resultados aferidos em cada vidraria de cada um agregado. Foi feito também o teste de pesagem do agregado graúdo (brita 0) utilizando o método do cesto, sendo o cesto imerso, cesto e amostra úmida (ao ar), cesto e amostra (imerso), amostra ao ar seco e amostra imerso.

Realizadas as etapas de caracterização dos agregados e calculados os resultados de cada análise (granulometria e densidades), foram obtidos dados para fabricação de cada corpo de prova conforme determinado o traço da mistura dos agregados para esse tipo de concreto asfáltico. A partir desses resultados também se chegou a quantidade ideal em porcentagem do ligante a ser utilizado em cada amostra para encontrar o ponto ótimo, usando a porcentagem de 100% CAP para todos os corpos de prova. Fez-se a pesagem em gramas de cada agregado para a mistura asfáltica a quente, seguindo o método de misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall norma DNER-ME 043/95 na fabricação dos corpos de prova de concretos asfálticos, e foi determinada a confecção de dez corpos de prova (CP), dois CPs de cada teor do ponto ótimo. Para fazer a mistura dos agregados ao ligante, é necessário seguir algumas condições técnicas, como por exemplo, a seleção da temperatura, e por isso o aquecimento do CAP foi feito entre uma temperatura de 145° C a 150° C, o aquecimento dos agregados foi feito entre 150° C a 155° C. Em seguida foi colocada a mistura dos agregados com o ligante (CAP) no cilindro de Marshall aquecido e com uma espátula fez-se a acomodação da amostra onde foi compactada. A energia de compactação foi efetuada com 75 golpes por face do corpo de prova com o soquete de Marshall que tem o peso de 4,540 kg e altura de queda livre de 45,72 cm. Aguardou-se, então um período de 24 horas em repouso para fazer retirada do corpo de prova do cilindro para dar continuidade com as análises.

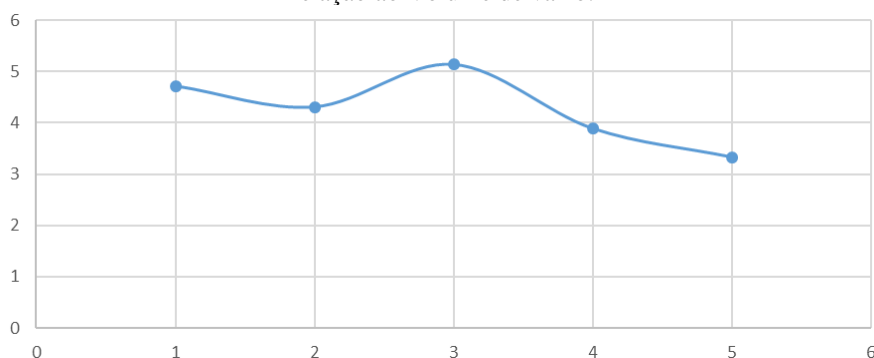
Tendo todos os corpos de prova retirados dos cilindros, foram realizadas análises de altura (h) e diâmetro (d) dos mesmos, assim como os testes de peso ao ar e peso imerso de cada um. Posteriormente, os corpos de prova foram submersos em banho-maria a 60° C por 30 a 40 min. Retiraram-se os corpos de prova um por vez e colocando imediatamente na prensa Marshall para determinar os parâmetros mecânicos de estabilidade e fluência resistência, anotando os dados observados de cada corpo de prova e depois feitos cálculos computadorizados para a determinação do ponto ótimo. Encontrado o ponto ótimo que foi do teor de dosagem de 4,5%, o próximo passo foi a fabricação dos novos corpos de prova utilizando o teor ótimo, porém, seguindo a nova linha de pesquisa que é asfalto modificado. E o aditivo utilizado na mistura foi o ISOCIANATO ESPUMA – PU-B – BB 1,1 kg. Feito o mesmo procedimento anterior, de acordo com a norma, no isocianato,

utilizaram-se as proporções de 25%, 50%, 75% e 100%. Fez-se o mesmo procedimento experimental para as proporções do isocianato como mostra os resultados discutidos a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que o resultado do volume de vazios (Vv) (Gráfico 1), que a cada proporção de ligante adotada, devem se enquadrar dentro dos valores da norma que são entre três e cinco, a média observada nos corpos de prova com as proporções 25%ISO/75%CAP, 50%ISO/50%CAP, 100%ISO e 100%CAP, ficaram dentro da margem mínima e um máximo que a norma permite, somente o corpo de prova com a proporção 75%ISO/25%CAP apresentou resultado fora da margem aceita, ou seja, nessa proporção de ligantes, o resultado ultrapassou o valor máximo de Vv que serve para garantir uma densidade suficiente em conjunto com outras propriedades como estabilidade e resistência à tração, que garantem melhor qualidade ao asfalto. Talvez esse resultado seja decorrente da mistura de diferentes ligantes e o uso de uma proporção maior de isocianato com relação a proporção de CAP.

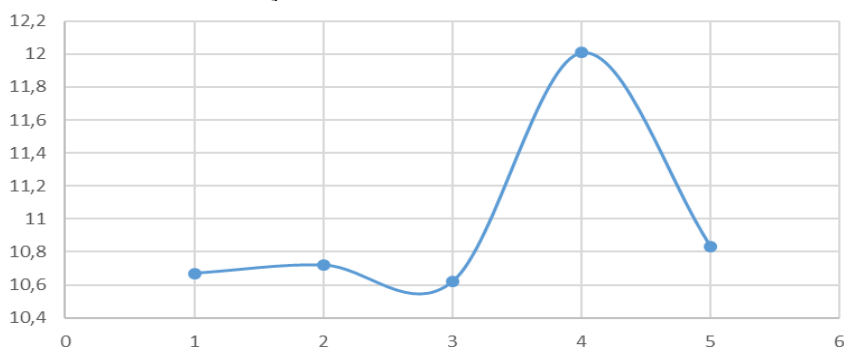
Gráfico 1. Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova modificados e do 100% CAP com relação ao Volume de vazio.



Legenda: 1 - 25%ISO/75%CAP; 2 - 50%ISO/50%CAP; 3 - 75%ISO/25%CAP; 4 - 100%ISO e 5 - 100%CAP

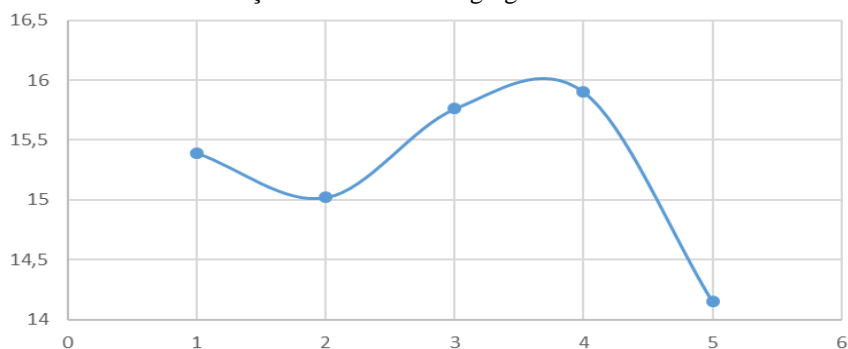
Caracterizou-se os Vazios do Agregado Mineral (VAM) (Gráficos 2 e 3) para identificar o desempenho da misturas de concreto asfáltico, a partir do tamanho dos agregados utilizados, quanto maior for o agregado, maior será a área superficial do agregado na mistura e isso implicará em uma maior quantidade de ligante para preencher esses espaços. O resultado varia com o tipo e tamanho de agregado empregado que ficam retidos nas peneiras (CERATTI et al., 2011).

Gráfico 2. Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova modificados e do 100% CAP com relação ao Volume Cheio de Betume.



Legenda: 1 - 25%ISO/75%CAP; 2 - 50%ISO/50%CAP; 3 - 75%ISO/55%CAP; 4 - 100%ISO e 5 - 100%CAP

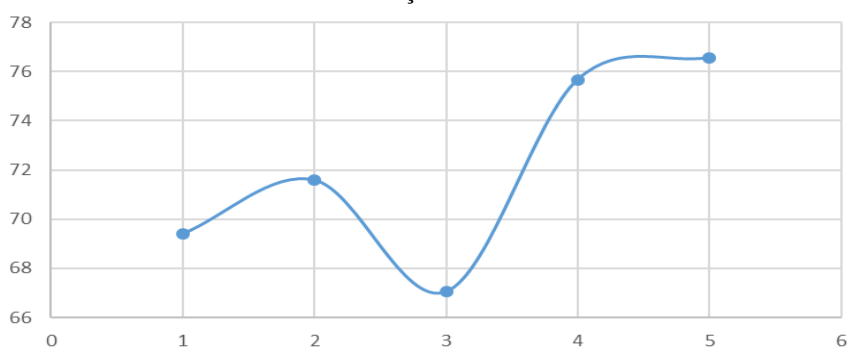
Gráfico 3. Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova modificados e do 100% CAP com relação ao Volume de Agregado Mineral.



Legenda: 1 - 25%ISO/75%CAP; 2 - 50%ISO/50%CAP; 3 - 75%ISO/55%CAP; 4 - 100%ISO e 5 - 100%CAP

Neste trabalho foram utilizados agregados como brita 0, areia e pó de brita, e os resultados não foram satisfatórios com o que a norma exige para esse tipo de agregado (DNIT 031/2006 ES), pois o VAM encontrado (Gráfico 3) foi inferior ao que a norma estabelece de 18% para tamanho de agregado de 9,5 mm em todos os corpos de prova de proporções 25%ISO/75%CAP, 50%ISO/50%CAP, 75%ISO/25%CAP, 100%ISO e 100%CAP, este resultado deve-se pela utilização apenas de brita 0, ocasionando a diminuição dos valores dos agregados minerais.

Gráfico 4. Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova modificados e do 100% CAP referente Relação Betume-Vazio.



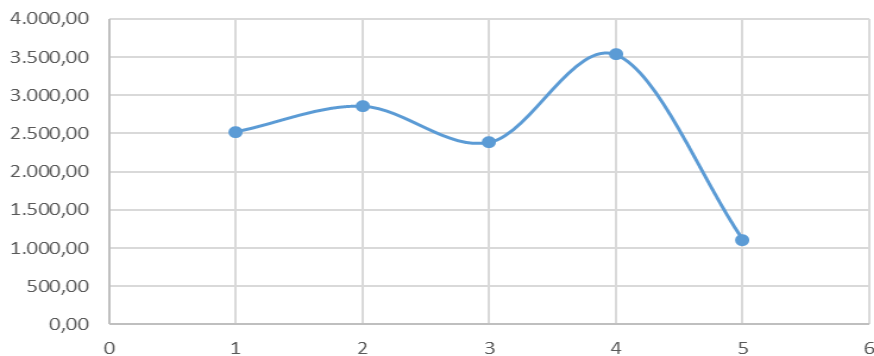
Legenda: 1 - 25%ISO/75%CAP; 2 - 50%ISO/50%CAP; 3 - 75%ISO/55%CAP; 4 - 100%ISO e 5 - 100%CAP

Para cada proporção de ligante adotado, o resultado da média observada nos corpos de prova com as proporções 25%ISO/75%CAP, 50%ISO/50%CAP, 75%ISO/25%CAP, ficaram abaixo do valor mínimo que a norma permite sobre a Relação Betume-Vazios (RBV) que é de 75 (Gráfico 4). Já os corpos de prova nas proporções 100%ISO e 100%CAP se enquadram dentro do valor mínimo e máximo que a norma permite. O RBV define o teor de ligante ideal para ser utilizado na pavimentação, os valores limites devem se encontrar em conjunto com o Vv a fim de não produzirem camadas com excesso ou falta de ligante. O gráfico deixa bastante evidente a oscilação dos resultados na qual demonstra que a mistura de isocianato e CAP como ligante nas proporções 1, 2 e 3, não satisfazem os requisitos que a norma estabelece, esse resultado depende do VAM (Gráfico 3) e RBV (Gráfico 4).

Nota-se que o resultado de estabilidade para teor de ligante 100% CAP no ponto ótimo foi o mais baixo dentre os demais, mas estando dentro dos requisitos mínimos estabelecido pela norma de

dosagem de concreto asfáltico (Gráfico 5). É possível verificar ainda que o resultado dos corpos de prova utilizando proporções de isocianato (25%ISO/75%CAP, 50%ISO/50%CAP, 75%ISO/25%CAP e 100%ISO) teve grande eficiência de estabilidade apresentando números superiores ao que a prensa suporta, estando também dentro dos requisitos mínimos estabelecidos pela norma de dosagem de concreto asfáltico, isso caracteriza que o composto de isocianato tem grande eficácia com relação às propriedades mecânicas esperadas quando utilizado como aditivo ou mesmo sendo usado 100% como único ligante da mistura asfáltica.

Gráfico 5. Representação gráfica do comportamento dos corpos de prova modificados e do 100% CAP referente ao ensaio de Estabilidade.



Legenda: 1 - 25%ISO/75%CAP; 2 - 50%ISO/50%CAP; 3 - 75%ISO/25%CAP; 4 - 100%ISO e 5 - 100%CAP

5. CONCLUSÕES

Após as análises, o asfalto modificado por isocianato apesar das limitações de ser uma pesquisa nova, conseguiu mostrar que é possível o seu uso na pavimentação asfáltica, mesmo não atingindo alguns resultados de parâmetros dentro do que a norma pede. A estabilidade dos corpos de prova modificados por isocianato foi o ponto mais forte e satisfatório, pois a medida que foi aumentando a quantidade de isocianato e retirando o CAP, a resistências das amostras aumentaram conforme a modificação, havendo apenas uma pequena queda no resultado de uma das amostras modificada, mas mostrando boa resistência.

Os parâmetros volumétricos das amostras não foram tão favoráveis, como por exemplo, o VAM, na qual todas as amostras ficaram abaixo do valor mínimo que a norma propõe, mas que não chega a comprometer os resultados. Porém, as amostras modificadas obtiveram êxitos favoráveis em sua maioria no parâmetro Vv. Com relação ao RBV, as amostras tendo o isocianato como aditivo foram as que ficaram fora dos parâmetros da norma, sendo a amostra de 100% isocianato como ligante, a única ideal para a mistura e mais próxima dentre todos os parâmetros.

Por isso, é fundamental que os estudos sobre a utilização do composto químico isocianato em pavimentação asfáltica venham a crescer para se ter melhorias na sua didática e no seu quadro técnico, podendo futuramente vir a ser viável com qualidade e em larga escala na pavimentação de vias, pois com este trabalho foi possível elaborar um estudo científico sobre esse material, inserindo-o como modificador de asfalto para pavimentação.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9935:2011. **Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2011.

AKINDOYO, J. O.; BEG, M. D. H ; GHAZALI, S.; ISLAM, M. R.; JEYARATNAMA, N.; YUVARAJC, A. R. Polyurethane types, synthesis and applications – a review. **RSC Advances**, v. 6, p. 114453-114482, 2016.

ARAÚJO, F.; SILVA, I. S. V.; PASQUINI, D. Application of polyester derived from biomass in petroleum asphalt cement. **Polímeros**, v. 27, n. 2, p. 136-140, 2017.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

BASTOS, J. B. S.; BORGES, R. L.; SOARES, J. B.; KLINSKY, L. M. G. Avaliação em laboratório e em campo da deformação permanente de pavimentos asfálticos do Ceará e de São Paulo. **Revista Transportes**, v. 23, n. 3, p. 44-55, 2015.

BOEIRA, F. D.; PINHEIRO, G. S.; SPECHT, L. P.; DRUZIAN, E. L.; JUST, M. L.; BABADOPULOS, L. F. A. L.; NASCIMENTO, L. A. H.; PEREIRA, D. S. Projeto e implementação de ensaio de fadiga por tração-compressão direta (uniaxial) para avaliação de dano em misturas asfálticas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 03, e-12148, 2018.

CERATTI J. A. P. Materiais betuminosos. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p.1351-1386.

CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. **Manual de dosagem de concreto asfáltico**. São Paulo: oficina de textos; Rio de Janeiro: Instituto pavimentar, 2011.

CLEMENTE, M.; ROCHA, R. J.; IHA., K.; ROCCO, J. A. F. F. Desenvolvimento de tecnologia de pré-polímeros na síntese de poliuretanos empregados em combustíveis sólidos. **Química Nova**, v. 37, n. 6, 2014.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Atlas do Transporte 2006**. Brasília: CNT,2006. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 035/98: **Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solo**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 043/95: **Misturas asfálticas a quente – ensaio Marshall: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1995.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 081/98: **Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER-ME 083/98: **Agregados – análise granulométrica: método de ensaio**. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Pavimentos flexíveis - Misturas betuminosas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio**. Revisão da Norma DNER - ME 138/94. Rio de Janeiro, 2009.

GAMA, D. A.; LUCENA, A. E. F. L.; MONTEIRO, V. E. D.; PAIVA, W.; SOUZA, L. J. S. Verification of the effect of EVA s residues addition and the aging in mechanical properties of asphalt mixtures. **Petroleum Science and Tech-nology**, v. 33, p. 936-942, 2015.

KLOSS, J., MORITA, R. Y. Espumas de poliuretano biodegradáveis: uma revisão. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 8., 2017, Curitiba. *Anais...* Curitiba: FIRS, 2017. p. 1-10.

LUCENA, L. C. F. L.; SILVEIRA, I. V.; COSTA, D. B. Avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo de *Moringa Oleifera* Lam para uso em misturas mornas. **Revista Matéria**, v. 21, n. 01, p. 72-82, 2016.

MAJ, M.; UBYSZ, A.; TAMRAZYAN, A. Durability of polyurethane-cement floors. **MACTEC Web of Conferences**, v. 251, e-02026, 2018.

NEGRÃO, D. P. **Estudo de Asfaltos Modificados Por Polímero do Tipo RET Para Aplicações em Pavimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 179 p.

NORMA DNIT 031/2006 – ES. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

NORMA DNIT 095/2006 – EM. **Cimentos asfálticos de petróleo – Especificação de material**. Rio de Janeiro, 2006.

NORMA DNIT 129/2011 – EM. **Cimentos asfálticos de petróleo modificado por polímero elástico – Especificação de material**. Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, B. T. G. D. **Utilização de materiais alternativos par a construção de pavimentos urbanos na Região metropolitana de Fortaleza**. 2009. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SILVA, J. A. A.; RODRIGUES, J. K. G.; CARVALHO, M. W.; LUCENA, L. C. F. L.; CAVALCANTE, E. H. Avaliação reológica de ligante modificado com Politereftalato de etileno (PET). **Revista Matéria**, v. 23, n. 01, e-11951, 2018.

SILVA, J. P. S.; FARIAS, M. M. Avaliação química e ambiental de misturas asfálticas rejuvenescidas. **Revista Matéria**, v. 23, n. 03, e-12189, 2018.

SINICESP. Sindicato da Indústria da Construção Pesa do Estado de São Paulo. 2010. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

SOARES, M. **Síntese e caracterização de espumas de poliuretano para imobilização de células integras e aplicação na síntese de biodiesel**. 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.

SOBALA, D.; RYBAK, J. Role to be played by independt geotechnical supervison in the foundation for bridge constrution. **IOP Conference Series – Materials Science and Engineering**, v. 245, e-022073, 2017.

ZATARIN, A. P. M.; SILVA, A. L. F. D.; ANEMAM, L. D. S.; BARROS, M. R. D.; CHRISOSTOMO, W. Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, 2016.

CAPÍTULO 5. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

5.1 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UM COMPÓSITO SOLO-RESÍDUO-FIBRA

ALMEIDA, Suyanne Monteiro de
Universidade de Pernambuco
suyannemonteiro@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Universidade de Pernambuco
klafayette@poli.br

SANTOS, Michele Joyce Pereira dos
Universidade de Pernambuco
mjps2@poli.br

PEDROSA, Aléssia de Albuquerque
Universidade de Pernambuco
a.lessia@hotmail.com

RESUMO

A indústria da construção civil apresenta uma alta relevância para a economia do país, contribuindo significativamente para a geração de empregos. Entretanto, é um dos ramos que mais ocasionam impactos sobre o meio ambiente, seja pelo elevado consumo dos recursos naturais ou pela alta quantidade de resíduos que são gerados. Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de uma gestão integrada que busque novas alternativas eficazes para a reciclagem e reuso dos resíduos que são produzidos. Este trabalho tem como objetivo a avaliação do comportamento mecânico do solo com adição de agregado reciclado e fibras de polipropileno, através de ensaios laboratoriais realizados com a mistura de diferentes proporções de fibras, mantendo o mesmo percentual de agregado. O agregado foi recolhido numa obra de médio porte no Centro de Recife – PE. Os ensaios realizados foram o de granulometria, densidade real dos grãos, mineralogia, compactação e compressão simples. Com os resultados do ensaio, foi verificado que na compactação o acréscimo de fibras elevou a umidade ótima e ocasionou um decréscimo da densidade seca máxima, e no ensaio da compressão simples, o acréscimo de fibras, assim como também o aumento do período de cura, promoveu um aumento de resistência.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil, Agregado Reciclado, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é de grande importância para a economia do país, envolvendo processos que vão desde a extração dos insumos até a construção efetiva. O setor gera rendas e riquezas através dos projetos de infraestrutura que estimulam a economia nacional gerando empregos diretos e indiretos. Entretanto, é responsável por um alto consumo de matérias-primas e pela elevada geração de resíduos que trazem danos ambientais e sociais (SILVA, 2017). Uma das formas de minimização dos impactos gerados pela elevada produção de resíduos é a reciclagem dos produtos que inicialmente são descartados pelo ser humano. A adoção de tecnologias que visem o reaproveitamento dos resíduos vem cada vez mais ganhando espaço, objetivando a redução de custos e o atendimento às legislações (MAGAGNIN FILHO, 2015).

As perdas na construção civil são maiores quando se compara a outros setores, mas a identificação destas perdas não é uma atividade simples, pois cada elemento possui características particulares. No Brasil, a quantidade de Resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos de Construção e Demolição (RCD) produzida anualmente é alta e a tendência é aumentar cada vez mais, enquanto as medidas necessárias para sua minimização não forem tomadas (SIMONI et al., 2015). A reciclagem desses resíduos traz consigo uma série de benefícios, como a redução no consumo de recursos naturais não renováveis, redução de áreas destinadas a aterro, redução do consumo de energia, redução da poluição, entre outros. Os aspectos ambientais da sustentabilidade adquiriram grande importância em relação aos econômicos e sociais. Os desenvolvimentos cultural e tecnológico estão sendo modificados dentro da organização dos processos produtivos devido às exigências de preservação ambiental. Sendo assim, a sustentabilidade do processo construtivo adquire grande relevância, pois a medida que ocorre a confecção do ambiente construído, o ambiente natural recebe um impacto significativo (MAGAGNIN FILHO, 2015).

Diante dessa situação, é perceptível a necessidade da reciclagem para se obter resultado favorável ambientalmente, socialmente e economicamente. Logo, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de criar métodos para gestão dos resíduos gerados. Assim, o artigo tem o objetivo de avaliar o comportamento mecânico do compósito solo, resíduo e fibra de polipropileno.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduo da Construção Civil

A resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA que dispõe sobre a gestão desses resíduos, conceitua os mesmos como:

Resíduos que são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002).

A classificação dos resíduos permite uma destinação e reaproveitamento mais adequado por aumentar o potencial de aproveitamento. Os resíduos são divididos em:

- Classe A: Resíduos reutilizáveis ou recicláveis provenientes de construções, demolições, reformas de pavimentação, terraplanagem, entre outros;
- Classe B: Plástico, papel, papelão, metais, vidro, madeira e gesso;

- Classe C: Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis economicamente que permitam sua reciclagem e recuperação;

- Classe D: Tintas, solventes, óleos (CONAMA, 2002).

As definições de RCD são várias, entretanto existe um ponto em comum entre elas, em que esses resíduos são originados devido a ações ligadas à atividade construtiva ou demolições de edificações de caráter público e/ou privado (HOLANDA et al., 2018). Nos pontos de descarte de RCD, muitas vezes ocorre uma mistura desses materiais com resíduos orgânicos dificultando a reciclagem e atraindo vetores causadores de doenças, trazendo problemas para a saúde e bem-estar social (PAZ et al., 2018).

O avanço do setor da construção civil contribui para o aumento da geração de RCC, seja pelo surgimento de novos empreendimentos quanto pelos resíduos gerados na execução de reformas e/ou demolições (TAVARES et al., 2018). Os estudos dos impactos ambientais provenientes da ação antrópica mostram que os pontos de deposição de RCD geram incômodos para a sociedade, modificam a paisagem e contribuem para o aumento de despesas do município, devido ao aumento do volume de resíduos que são destinados aos aterros (PAZ et al., 2018). Cada vez mais, os governos, organizações e a sociedade civil vêm se preocupando com os impactos negativos sofridos pelo planeta devido ao alto volume de resíduo gerado, que causa prejuízos enormes para esta geração, comprometendo mais ainda as futuras (SANTOS; PINTO; CATUNDA, 2015). Desta forma, o gerenciamento dos resíduos vem se tornando cada vez mais presente nas discussões políticas, sociais, acadêmicas e ambientais, sendo a gestão dos resíduos um instrumento de planejamento urbanístico das cidades (OLIVEIRA; MIRANDA, 2018).

Algumas alternativas para a reciclagem desses resíduos gerados vêm sendo desenvolvidas, como a utilização de agregados reciclados provenientes da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentação (KIST et al., 2017). Os sistemas de gestão de qualidade funcionam como uma boa ferramenta para a gestão sustentável do RCC, pois permitem a visualização mais completa dos resíduos diante de toda sua classe produtiva (COSTA et al., 2015). O desenvolvimento sustentável apresenta um sentido caótico no qual é impossível a convivência entre proteção ambiental e desenvolvimento econômico, se a matriz ideológico-política não sofrer mudanças bruscas (SILVA; PINHEIRO, 2018). Para reparar os danos ambientais, o planejamento ambiental depende da iniciativa dos legisladores e governantes para a criação de políticas públicas por meio de normas de combate aos problemas ambientais (SANTOS et al., 2017). A regulamentação ambiental é necessária para promover os incentivos ao investimento, à inovação tecnológica e ao aperfeiçoamento da gestão ambiental (FARIAS; MEDEIROS; CÂNDIDO, 2016). Além disso, a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais tem feito o homem repensar na maneira de se relacionar com o meio ambiente, influenciando o sistema construtivo (SOARES, 2017).

Diante deste cenário, é cada vez menor o espaço físico para armazenagem desses resíduos, e a reciclagem dos mesmos não pode ser vista como algo passageiro, mas sim como algo permanente. Sendo assim, os governos são obrigados a traçarem políticas que tratem desse aspecto visando reduzir os danos gerados ao meio ambiente, redução de custos sociais e melhorando a qualidade de vida da população (SIMONI et al., 2015). Na escolha de um material de construção, é importante considerar o impacto da produção desse material, assim como seu uso ao longo da construção, dando preferência aos materiais que apresentam maior pontencial de reciclagem e reutilização (MAGAGNIN FILHO, 2015). A utilização de agregados reciclados juntamente com fibras, solo e cimento produz um elemento bastante atrativo nas regiões que possuem disponibilidade e viabilidade na utilização desses materiais (PEDROSA et al., 2015).

2.1. Melhoramento do Solo

A técnica de melhoramento do solo é uma prática milenar desenvolvida com o principal objetivo de alterar positivamente as características geotécnicas, trazendo benefícios técnicos e

econômicos. Desta forma, as propriedades do solo serão maximizadas através de métodos mecânicos ou químicos tornando-o adequado para determinado uso (MOUSAVI et al., 2017).

Existem diferentes métodos para obter a estabilização do solo como a compactação, correção granulométrica e a adição de estabilizante químico. A escolha da melhor solução irá depender do tipo e propriedades do solo, finalidade de aplicação do solo, viabilidade técnica e econômica, além das exigências de projeto (BRITO; PARANHOS, 2017). Quando os projetos de engenharia devem ser executados sobre solos moles e de baixa resistência ao cisalhamento, surgem problemas ligados à capacidade de rolamento, sendo a estabilização do solo um método econômico para alcançar as propriedades geotécnicas adequadas (TA'NEGONBADI; NOORZAD, 2017). O tratamento do solo com agentes de cimento misturados a cal, tem sido uma técnica bastante utilizada para a melhoria do solo, pois sua adição resulta num aumento da rigidez do solo, maior resistência ao cisalhamento e à compressão, além da redução da compressibilidade e permeabilidade do solo (CHOOBBASTI; KUTANAEI, 2017).

O reforço de solos com fibras é uma técnica empregada há muito tempo, onde a compreensão do mecanismo de interação entre a fibra e o solo é de fundamental importância para a definição do tipo e da quantidade de fibra que deve ser utilizada. As fibras de polipropileno podem ser usadas como reforço de solo principalmente em obras de pavimentação melhorando as características geotécnicas do solo empregado (GONÇALVES et al., 2017).

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

3.1.1 Solo

O solo coletado estava a uma profundidade de 6 m numa encosta localizada no município do Cabo de Santo Agostinho – PE, e compreende um solo residual de granito. O solo em que foi encontrado um alto teor de óxido de ferro e alto teor de matéria orgânica foi descartado para a pesquisa.

3.1.2 Resíduos da Construção Civil

A empresa que forneceu a amostra do agregado reciclado foi a usina de beneficiamento – Ciclo Ambiental, localizada no município de Camaragibe – PE. O processo de separação dos resíduos foi feito de forma manual pelos funcionários e logo após, estes materiais foram armazenados de acordo com sua tipologia. O agregado reciclado foi reduzido a cerca de 4,8 mm e em seguida armazenado em bombonas com capacidade individual de 70 kg. No total, cerca de 600 kg de agregado reciclado foi conduzido ao Laboratório Avançado de Construção Civil (LACC) da Escola Politécnica de Pernambuco.

3.1.3 Cimento Portland

O Cimento Portland é um aglomerante hidráulico com a capacidade de elevar a coesão entre as partículas do agregado e do solo, produzindo uma reação química exotérmica que libera calor e aumenta a resistência mecânica das misturas. O cimento utilizado no trabalho foi o CP II E 32 (Cimento Portland composto com escória) com teor de 2% em relação à massa seca do solo e do agregado reciclado.

3.1.4 Fibras de Polipropileno

As fibras utilizadas na pesquisa são de polipropileno, que constitui-se num material termoplástico que altera sua estrutura de acordo com o calor que é empregado. As fibras fornecem maior flexibilidade e tenacidade devido ao seu arranjo molecular.

As alterações no solo com a adição de fibra de polipropileno podem ser explicadas pela capacidade das fibras em redistribuir as tensões e deformações dentro do solo, quando o mesmo está submetido a tensões de tração, e pelas forças de adesão que são desenvolvidas entre o solo e o reforço (LUCENA, 2017). A utilização dessas fibras deve-se a algumas características apresentadas como uniformidade, boa resistência aos álcalis, alta capacidade de deformação, baixo custo, entre outras. As fibras possuíam cerca de 20 mm de comprimento e foram fornecidas pela Orpec Engenharia e adicionadas nos compósitos com os percentuais de 0,15%, 0,25%, 0,50% e de 0,75% (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual dos compósitos utilizados

Compósito 01	Solo + AR (15%)
Compósito 02	Solo + AR (15%)*
Compósito 03	Solo + AR (15%) + fibra (0,15%)*
Compósito 04	Solo + AR (15%) + fibra (0,25%)*
Compósito 05	Solo + AR (15%) + fibra (0,50%)*
Compósito 06	Solo + AR (15%) + fibra (0,75%)*

* cimento (2%)

3.2 Métodos

i. Ensaio de Granulometria e Densidade Real dos Grãos

A análise granulométrica foi realizada de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016b) e consiste no processo que é usado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa de tamanho de partícula do solo representa da massa total ensaiada.

O ensaio de densidade real dos grãos ocorreu conforme a norma NBR 6458 (ABNT, 2016a) e tem o objetivo de determinar a massa específica das partículas que constituem o solo.

ii. Mineralogia

A análise mineralógica do solo e do resíduo foi realizada no Laboratório de Geologia Sedimentar do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, através de uma lupa binocular.

iii. Ensaio de Compactação

A compactação é uma maneira de estabilização do solo através da aplicação de uma energia por impacto, vibração, compressão estática ou dinâmica, em que o peso específico e a resistência ao cisalhamento são elevados e o índice de vazios e permeabilidade são reduzidos.

O ensaio de compactação realizado seguiu as recomendações da NBR 7182 (ABNT, 2016c) com reuso do material, aplicando-se a energia intermediária. Após a preparação do material, a mistura foi disposta no cilindro em três camadas sucessivas com a aplicação de 21 golpes em cada camada. Finalizada a moldagem, os corpos de prova foram rasados com o auxílio de uma régua biselada, de modo a se assegurar o volume correto do corpo de prova. No total, esse processo repetiu-se cinco vezes para cada mistura, obtendo-se assim, a curva de compactação para cada percentual de fibra analisado.

iv. Ensaio de Compressão Simples

O ensaio de compressão simples ocorreu conforme os procedimentos estabelecidos na NBR 12770 (ABNT, 1992), a qual tem a finalidade de determinar a resistência à compressão simples não confinada de solos coesivos através da aplicação de uma carga axial. Os dados de densidade seca máxima e umidade ótima foram utilizados para se obter a quantidade correta de água que seria adicionada em cada mistura, fazendo com que o corpo de prova alcance a maior resistência. Os corpos de prova moldados foram colocados na câmara úmida do Laboratório de Mecânica dos Solos da Escola Politécnica de Pernambuco, para atingir a cura até o momento de ruptura nas idades de sete e 28 dias. Após o período de cura ser atingido, os corpos de prova de cada mistura foram levados ao LACC da Universidade de Pernambuco, onde foi realizado o ensaio de resistência à compressão através do rompimento dos corpos de prova numa velocidade de 0,040 mm/s.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de Granulometria e Densidade Real dos Grãos

A curva resultante da análise granulométrica revelou que a adição do agregado reciclado aumentou o percentual de material arenoso na mistura. O percentual de argila também foi considerável, já que o solo coletado era de característica argilosa. Foi possível perceber que ocorreram modificações principalmente entre a mistura compactada e a mistura não compactada, em que o compósito compactado apresentou um maior percentual de material passante (Tabela 2).

Tabela 2. Percentuais das frações das misturas

Fração do solo	Misturas		
	Solo	AR+Solo	AR+Solo (comp.)
Argila	50,70%	20,30%	21,50%
Silte	3,30%	0,80%	5,50%
Areia	42,80%	70,10%	72,50%
Pedregulho	3,20%	8,80%	0,50%

Esse comportamento deve-se à quebra dos grãos após a compactação. De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos, o solo foi classificado como argila arenosa, o agregado reciclado como areia bem graduada e a mistura de agregado reciclado e solo como areia argilosa. O valor encontrado para a densidade real dos grãos do compósito solo e agregado reciclado após a realização do ensaio foi de 2,62 g/cm³.

4.2 Mineralogia

Os minerais encontrados na amostra do solo foram observados através de uma lupa binocular, onde foi constatada a presença de fragmentos de carapaças de moluscos (CaCO₃) variando de subarredondados a arredondados e fragmentos de crosta laterítica. Também foi observado que os grãos de quartzo variaram de angulosos a subangulosos. Foi verificada a presença de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio com coloração própria avermelhada (Figura 1).

Figura 1. Óxidos e hidróxidos de ferro no solo



4.3 Ensaio de Compactação e Compressão Simples

Os resultados do ensaio de compactação mostraram que o aumento do percentual de fibras elevou a umidade ótima ao passo que a densidade seca máxima da mistura reduziu (Tabela 3). Esse comportamento foi observado nas pesquisas realizadas por Neto et al. (2016), Pedrosa (2015) e Macedo (2013). Isso pode ser explicado, pois as fibras se amontoam com o solo, formando conglomerados de fibra e solo, retendo a água e dificultando o processo de homogeneização da mistura (NETO et al., 2016). Os resultados do ensaio de Resistência a Compressão Simples (RCS) foram obtidos através da moldagem de corpos de provas com diferentes teores de fibras, sendo os corpos de prova submetidos a períodos de cura de sete e 28 dias. Embora os resultados de compressão simples encontrados aos sete e 28 dias sejam próximos, é notória a elevação da resistência da mistura com a adição de fibras. Além disso, é possível perceber que o aumento do teor de fibras, assim como o aumento do período de cura, eleva a resistência à compressão do material (Tabela 3).

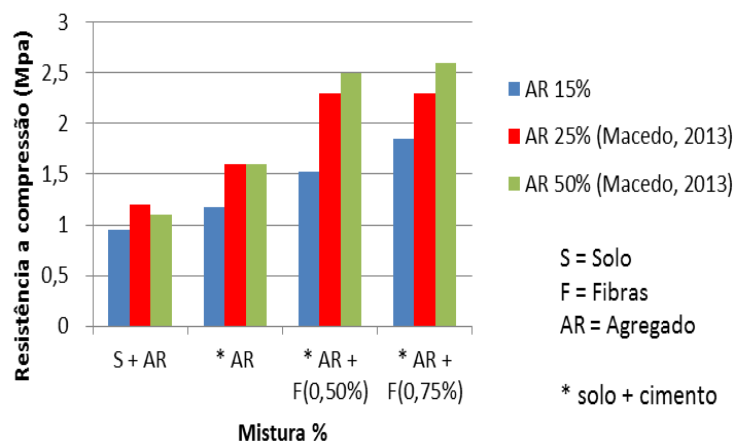
Tabela 3. Resultados da compactação e compressão simples

Compósitos	Umidade ótima (%)	Densidade Seca Máx (g/m ³)	RCS (MPa)	
			7 dias	28 dias
Solo+AR (15%)	12,74	1,880	0,78	0,95
Solo+AR(15%)+Fibra(0,15%)*	13,04	1,872	1,19	1,30
Solo+AR(15%)+Fibra(0,25%)*	13,10	1,870	1,32	1,42
Solo+AR(15%)+Fibra(0,50%)*	13,75	1,837	1,43	1,53
Solo+AR(15%)+Fibra(0,75%)*	13,89	1,830	1,72	1,85

* Adição de 2% de cimento

O trabalho realizado por Guedes, Coutinho e Fonseca (2016) apresentou um acréscimo na resistência à compressão simples de até 16,6% com o aumento no teor de fibras de polipropileno. As pesquisas realizadas por Campos et al. (2016) e Girardello (2014) revelaram uma melhora no comportamento mecânico do solo através do acréscimo da resistência à compressão simples do solo com a utilização de diferentes tipos de fibras, inclusive as fibras de polipropileno. Os resultados obtidos por Neto et al. (2016), Pedrosa (2014) e Macedo (2013) também apresentaram um acréscimo de resistência com o aumento do teor de fibras. A análise comparativa foi realizada através dos resultados dos compósitos com 15% de agregado reciclado obtidos na pesquisa e os resultados dos compósitos com percentuais de 25% e 50% de agregado reciclado, obtidos nos trabalhos de Macedo (2013) com o período de cura de 28 dias (Figura 2).

Figura 2. Resistência aos 28 dias de cura



Assim, foi verificado que a amostra com teor de 15% de agregado reciclado e fibras a 0,75% apresentou um ganho de resistência de 120% aos sete dias e de 95% aos 28 dias em relação à amostra com teor de 15% de agregado reciclado sem a adição de fibras. Analisando o compósito de maior e menor percentual de agregado reciclado, pode-se perceber que a mistura com teor de 50% de agregado reciclado e fibra a 0,75% foi 39% maior aos sete dias e 40% maior aos 28 dias em relação ao compósito com teor de 15% de agregado reciclado e fibra a 0,75%. De um modo geral, as amostras apresentaram um aumento na resistência à compressão, à medida que a quantidade de fibras aumentava, sendo o maior crescimento obtido pelo compósito com 50% de agregado reciclado. Logo, o teor adequado de agregado reciclado, dentro dos teores analisados, para um melhoramento, de solo é de 50%, já que esse percentual apresentou ganho de 200% aos sete dias e de 136% aos 28 dias em relação ao compósito sem adição de fibras.

5. CONCLUSÕES

A avaliação do cenário ambiental em que os resíduos da construção civil se encontram, mostra que ainda é deficiente tanto a destinação quanto o reaproveitamento dos resíduos, apesar dos entulhos apresentarem alto potencial de reaproveitamento. Os resultados obtidos com a compactação revelaram que o acréscimo da quantidade de fibras elevou a umidade ótima enquanto que a densidade seca máxima das misturas diminuiu.

O ensaio de resistência à compressão simples mostrou que o aumento da quantidade de fibras no compósito com 15% de agregado reciclado elevou a resistência do solo em 120% aos sete dias e 95% aos 28 dias em relação ao compósito sem adição de fibras, melhorando suas propriedades mecânicas. O aumento do período de cura também elevou as resistências.

De acordo com os teores de agregado reciclado analisados, conclui-se que os melhores ganhos de resistência com o aumento do teor de fibras foi o compósito de AR(50%) + solo + cimento, pois aos sete dias o aumento de resistência com a adição de fibras de polipropileno foi de 200% e aos 28 dias o aumento foi de 136% em relação ao mesmo compósito sem adição de fibras.

Diante dos resultados que foram encontrados, pode-se concluir que o uso de agregado reciclado associado às fibras de polipropileno no solo apresentou características físicas e mecânicas satisfatórias, podendo ser utilizada como uma técnica de melhoramento do solo, reduzindo assim os impactos ambientais ocasionados pela indústria da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12770: Solo Coesivo – Determinação da Resistência à Compressão não Confinada: Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6458: Grãos de Pedregulhos Retidos na Peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da Massa Específica, da Massa Específica Aparente e da Absorção de Água.** Rio de Janeiro, 2016a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica: Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2016b.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação: Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2016c.

BRITO, L. C.; PARANHOS, H. S. Estabilização de Solos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v.1, p. 425-438, 2017.

CAMPOS, D. J. F. D.; PEDROSO, H. F. S.; NOGUEIRA, J. F.; CARVALHO, J. C. D. **Estudo do comportamento de solos característicos do Distrito Federal reforçados com fibras de sisal e polipropileno para o uso em pavimentação: estudo de caso.** 2016. 45ª RAPv – Reunião Anual de Pavimentação. Brasília, DF.

CHOORBASTI, A. J.; KUTANAEI, S. S. Microstructure characteristics of cementstabilized sandy soil using nanosilica. **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**, v. 9, p. 981-988, 2017.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 307, de 05 de julho de 2002.** 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

COSTA, L. A. R. C.; LAFAYETTE, K. P. V.; BEZERRA, J. S.; PEDROSA, A. A.; ALMEIDA, S. M. Avaliação dos custos relativos a gestão de resíduos da construção civil em empreendimentos da Região Metropolitana do Recife. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 8., 2015, Brasília. *Anais...* Brasília, 2015.

FARIAS, A. S. D.; MEDEIROS, H. R. D.; CÂNDIDO, G. A. Contribuições de Eco-inovações para a Gestão Ambiental de Atividades Produtivas em um Empreendimento da Construção Civil. **Revista de Administração da UFSM**, v. 9, p. 102-120, 2016.

GIRARDELLO, V. **Comportamento de ensaios de arrancamento de placas embutidas em camadas de solo-cimento-fibra.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GONÇALVES, H. B. B.; OLIVEIRA, F. H. L.; QUARIGUASI, J. B. F.; AGUIAR, M. F. P. **Estudo de Reforço de Solo para Pavimentos Rodoviários com a Utilização de Fibra de Polipropileno e Cimento.** 20ª Reunião de Pavimentação Urbana – 6ª Expo Pavimentação. Florianópolis, SC. 2017.

GUEDES, S. B.; COUTINHO, R. Q.; DA FONSECA, A. J. P. V. Influência do Teor e do Comprimento de Fibras de Polipropileno na Resistência à Compressão Simples de um Solo Cimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 18., 2016, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: COBRAMSEG, 2016.

HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Aspectos e Impactos Ambientais Provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais.** Recife, EDURFPE, 2018. p. 65-75.

KIST, K. J.; BARTH, A. A.; LIMANA, L.; REICHERT, L. S. O Uso de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) como substituição da matéria prima natural em base, sub-base e subleito de pavimentações. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 28., 2017, Santo Ângelo. *Anais...* Santo Ângelo: CRICTE, 2017.

LUCENA, J. C. T. **Concreto Reforçado com Fibras de polipropileno: Estudo de Caso para Aplicação em Paineis Alveolares de Parede Fina.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MACEDO, T. F. **Análise do Desempenho Mecânico da Mistura Agregado Reciclado-Solo-Fibra-Cimento para Pavimentação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

MAGAGNIN FILHO, N. **Resíduos da Construção Civil na cidade de Londrina: Análise da Política de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil Adotada pelo Município e Estudo de Caso Utilizando uma Proposta de Reciclagem Baseada na Técnica de Estabilização à Base de Cimento Portland**. 2015. Dissertação (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

MOUSAVI, S.E., KARAMVAND, A. Assessment of strength development in stabilized soil with CBR PLUS and silica sand. **Journal of Traffic and Transportation Engineering**, v. 4, p. 412-421, 2017.

NETO, P, S, L. GONÇALVES, H, B, B. OLIVEIRA, F, H, L. AGUIAR, M, F, P. Estudo de utilização de fibras de polipropileno como reforço em solo para pavimentação rodoviária. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 45., 2016, Brasília. Anais... Brasília, RAPv.

OLIVEIRA, R. S.; MIRANDA, A. L. Logística Reversa como estratégia empresarial na gestão dos resíduos sólidos. **Phrónesis**, 2018.

PAZ, D. H. F.; VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Diagnóstico da Geração de Resíduos da Construção Civil de Obras da Cidade do Recife – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. Recife, EDURFPE, 2018. p. 76-87.

PEDROSA, A. A. ; LAFAYETTE, K. P. V. ; ALMEIDA, S. M. ; COSTA, L. A. R. C. ; BEZERRA, J. S. Análise de solo reforçado com a adição de agregados reciclados e fibras. In: **VIII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental**, 8., 2015, Brasília. *Anais...* Brasília: 2015.

SANTOS, A. L.; PINTO, C. H. C.; CATUNDA, A. C. M. M. Percepção da Legislação Ambiental, Gestão e Destinação Final dos RCD – Resíduos da Construção e Demolição: Um Estudo de Caso em Parnamirim/RN/Brasil. **Holos**, v. 2, p 33-49, 2015.

SANTOS, F. L.; CARNEIRO, A. F.; SOUZA, J. A.; SOUZA, R. M. S. Análise da Adesão à Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) pela Cidade Portal da Amazônia. Universidade Federal de Rondônia. **Revista Eletrônica de Gestão & Sociedade**, v. 11, n. 28, p. 1583-1610, 2017.

SILVA, A.A. **Diagnóstico da Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Cabo de Santo Agostinho – PE**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, J. I. A. O.; PINHEIRO, A. L. S. Avaliação da Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. **Desenvolvimento em Questão**, v. 16, n. 45, p. 249-272, 2018.

SIMONI, J, H. ALENCAR, J, L, S. FIORELLI, M, N. NETO, G, A. Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Estudo de Caso em Usina de Reciclagem de Maringá-PR. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, v. 19, n. 2, 2015.

SOARES, R. R. A Sustentabilidade Aplicada na Elaboração de Centros de Distribuição no Brasil. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 1-14, 2017.

TA'NEGONBADI, B.; NOORZAD, R. Stabilization of Clayey Soil using Lignosulfonate. **Transportation Geotechnics**, v. 12, p. 45-55, 2017.

TAVARES, N. S. G.; OLIVEIRA, M. V. G.; CORDEIRO, R. B.; CARDOSO, M. F. M. Avaliação dos Impactos Ambientais de uma Indústria de Plástico no Município de Gravatá - PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. Recife, EDURFPE, 2018. p. 34-52.

5.2 NOVAS ABORDAGENS PARA ISOLAMENTO DE PROTEÍNAS EXTRAÍDAS DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA PESQUEIRA

OLIVEIRA, Vagne de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
vagne_melo@hotmail.com

MATOS, Felipe de Albuquerque

Universidade Federal Rural de Pernambuco
felipealbuquerquematos@gmail.com

LINO, Luiz Henrique Svintiskas

Universidade Federal de Pernambuco
luiz.svintiskas@hotmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
analuporto@yahoo.com.br

RESUMO

A indústria pesqueira descarta uma grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, dentre os quais vísceras intestinais. Esses materiais são fontes de biomoléculas. Contudo, a própria indústria tem dificuldade de reutilização desses resíduos, principalmente porque as técnicas já utilizadas são onerosas, aumentando o custo da produção. Entretanto, um ramo da biotecnologia vem desenvolvendo processos simples, rápidos e de baixo custo. Assim, este trabalho objetivou extrair proteases do intestino de tucunará (*Cichla ocellaris*) através de particionamento trifásico (TPP) e de técnicas de precipitação salina e em solventes orgânicos. O intestino foi macerado, homogeneizado, centrifugado e aquecido para a preparação do extrato bruto. A concentração de 60% de solvente, tanto acetona quanto álcool etílico, foi o que apresentou maior atividade proteolítica, 2,14 e 3,04 U/mL, respectivamente. Todavia, esse resultado não foi acompanhado da atividade colagenolítica específica, tendo sido observado os valores no ensaio com 30% de solventes, 162,18 e 325,89 U/mg, respectivamente, para acetona e álcool. O ensaio com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ apresentou fator de purificação de 3,41 na concentração de 30-60%. No TPP, a maior atividade colagenolítica foi registrada no ensaio 1:0,5 intermediário (476,45 U/mg). Sugere-se, então, o uso das referidas técnicas na recuperação de biomoléculas aquáticas, podendo ser ampliada e caracterizada bioquimicamente.

PALAVRAS-CHAVE: Partição, Purificação, Pesca

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção pesqueira tem sido acompanhado de perto pelo aumento da geração de resíduos sólidos, como cabeça, nadadeiras, cauda, pele, escamas e vísceras internas. Para cada 1 kg de peixe que passa pelo processo de filetagem, de 60 a 75% do material é descartado, por não possuir valor comercial (OLIVEIRA et al., 2019a, b).

Alguns tipos de resíduos sólidos são empregados por pescadores para complementação de renda, como pele e escamas (VIEGA et al., 2015a, b). Todavia, ainda é grande o montante restante sem tratamento algum e que acaba gerando ônus ambiental. Já está comprovado cientificamente que esses resíduos são fontes de biomoléculas, sobretudo proteica (ALENCAR et al., 2003; BEZERRA et al., 2006; DABOOR et al., 2012; BOUGATEF, 2013; COSTA et al., 2013; YOUNES et al., 2015; BKHAIRIA et al., 2016; FRANÇA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017a; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018; KLOMKLAO; BENJAKUL, 2018; SILVA et al., 2019), principalmente provenientes de espécies de peixes marinhos (MEDEIROS et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017b; POONSIN et al., 2017) e de água doce (BEZERRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2019a). Dentre as biomoléculas extraídas de fontes aquáticas, as colagenases são as mais almeçadas, devido sua importância médica (OLIVEIRA et al., 2017c). Colagenases já foram extraídas de resíduos de tucunaré (OLIVEIRA et al., 2019c) e de outras espécies de peixes, como a cavala (*Scomber japonicus*) (PARK et al., 2002).

Colagenases de fontes aquáticas apresentam algumas vantagens, principalmente devido à facilidade de obtenção e o tempo para isolamento. Assim, este trabalho objetivou purificar proteases a partir de resíduos sólidos intestinais de tucunaré (*Cichla ocellaris*) usando particionamento trifásico (TPP) e precipitação em solventes orgânicos e salina, a fim de reutilizar os materiais descartados e dinamizar sua recuperação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No ramo industrial, várias técnicas são empregadas para extrair e purificar proteases de vísceras de peixes (intestino, estômago, fígado, resquícios de músculo, entre outros), destacando-se as cromatografias (BEZERRA et al., 2005; ESPÓSITO et al., 2010; FREITAS-JÚNIOR et al., 2012; COSTA et al., 2013; DABOOR et al., 2010). Todavia, o custo da montagem de uma coluna cromatográfica deve ser levado em consideração. Nesse aspecto, processos alternativos e rápidos são altamente incentivados (KETNAWA et al., 2013). Um exemplo de processos rápidos para obtenção de biomoléculas de fonte aquática é o uso de diferentes meios para precipitação (com sal ou solvente, por exemplo) e para particionamento de proteínas (bifásico e trifásico, por exemplo).

A precipitação utilizando componentes salinos é amplamente utilizada em processos de isolamento de proteínas, ou de muitas outras macromoléculas biológicas, como método de pré-purificação ou mesmo dependendo do grau de pureza desejado, como principal método de purificação (PURWANTO, 2016). Os avanços no uso das técnicas de precipitação demonstraram a capacidade de purificar proteínas terapêuticas, tais como anticorpos de fontes biológicas, de uma maneira escalonável e rentável. A precipitação pode ser irreversível, o que evita a dissolução do precipitado para posterior processamento, mas pode danificar a estrutura e a atividade nativa da proteína, que são críticas para a sua atividade terapêutica. Por contraste, a precipitação também pode ser aplicada para remover impurezas no precipitado, enquanto deixa a molécula-alvo em solução no estado nativo (MARTINEZ et al., 2019).

Já foram reportados o uso da técnica de precipitação salina para purificação de enzimas do pescado, como os descritos por Andevári et al. (2019), em que os autores relataram a recuperação de proteases alcalinas brutas extraídas de vísceras de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) através de diferentes saturações de sulfato de amônio. Segundo os autores, a enzima exibiu maior rendimento, pureza e atividade quando precipitado em uma saturação de 40-60% em comparação com outras faixas de saturação. A eficiência da precipitação empregando solvente orgânico (álcool etílico) também já foi reportada (TSCHELISSNIG et al., 2014).

O particionamento trifásico (TPP) foi desenvolvido para isolamento de proteínas, consistindo na adição de um sal juntamente com um solvente orgânico ao extrato proteico (RATHER; GUPTA, 2013). Adiante, as biomoléculas são recuperadas em uma forma purificada na fase intermediária, enquanto contaminantes particionam principalmente para o t-butanol (fase superior) ou na fase aquosa (fase inferior). Este método é escalável e pode ser usado diretamente com suspensões brutas. O TPP tem sido amplamente utilizado na extração e purificação de várias biomoléculas (RAWDKUEN; VANABUN; BENJAKUL, 2012). O TPP é formado por três fases: fase rica em solvente orgânico, fase rica em água mais baixa e uma camada de proteína precipitada. Em um protocolo TPP de sucesso, a proteína desejada é recuperada na forma concentrada como camada interfacial e algum material contaminante (como pigmentos) é recuperado na fase de solvente orgânico (RATHER; GUPTA, 2013). TPP já foi utilizado para recuperar proteases de origem vegetal (RAWDKUEN et al., 2010; GAGAOUA; HAFID, 2016) e animal (RAWDKUEN; VANABUN; BENJAKUL, 2012; GAGAOUA; HAFID, 2016), sendo um método já utilizado no ramo biotecnológico enzimático (SHANMUGAPRAKASH et al., 2015).

As proteases são uma das enzimas mais experimentais e desempenham papel em diferentes setores, como comercial, farmacêutico, analítico, redução de diagnóstico e efluente (GURUMALLESH et al., 2019). Proteases de vísceras de peixe recuperadas por meio de TPP utilizam em geral variações nas proporções de extrato enzimático para t-butanol e concentrações fixadas ou variadas de sulfato de amônia ((NH₄)₂SO₄) como sal (RAWDKUEN; VANABUN; BENJAKUL, 2012). A adição de t-butanol, na presença de sulfato de amônia, acaba por empurrar a proteína para fora da solução (ROY; GUPTA, 2002). Uma das vantagens do uso de TPP em processos de recuperação de biomoléculas é a capacidade dessa técnica de aumentar a atividade enzimática, sendo um método recomendado pela sua eficiência e economia (GAGAOUA; HAFID, 2016).

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Bioativos, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

3.1 Obtenção do material biológico

A espécie biológica utilizada foi o tucunaré (*Cichla ocellaris*) (Figura 1A). As vísceras intestinais recolhidas (Figura 1B) foram provenientes da evisceração desses peixes capturadas por pescadores esportivos em Aldeia, Camaragibe, Pernambuco, Brasil. Após a etapa de limpeza externa e evisceração, os resíduos sólidos intestinais descartados foram selecionados e tratados separadamente para posterior recuperação de proteases totais e de proteases colagenolíticas através de particionamento trifásico e precipitação em sulfato de amônia.

Figura 1. Evisceração de exemplar de tucunaré (*Cichla ocellaris*). A. modelo biológico. B. Vísceras internas.



3.2 Extração de proteases colagenolíticas

A extração de proteases colagenolíticas a partir dos resíduos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2019a). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl_2) foi de 1:5 (p/v). Todas as vísceras recolhidas foram homogeneizadas separadamente durante 5 minutos a um homogeneizador ajustado a velocidade de 10,000-12,000 rpm (4° C) (IKA RW 20D S32, China). O homogeneizado foi então centrifugado (centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 30 minutos (4° C). O sobrenadante final ainda passou por um pré-aquecimento a 45° C, durante 30 minutos e, em seguida, colocado em gelo para arrefecimento rápido, e a sua atividade enzimática foi mensurada antes e após o aquecimento. Este procedimento teve por objetivo desnaturar as proteases de baixa resistência térmica e ativar zimogênios tripticos. O sobrenadante final aquecido foi definido como o extrato em bruto, sendo armazenado a -25° C, para posteriores etapas de pré-purificação e recuperação de atividade biológica.

3.3 Determinação de proteínas totais

A concentração de proteína de todos os extratos de vísceras foi determinada de acordo com Smith et al. (1985).

3.4 Atividade proteolítica total

As atividades das proteases totais foram avaliadas usando azocaseína como substrato, utilizando microplacas e o leitor ELISA. Em triplicata, utilizando tubos de microcentrífuga, 50 µl de azocaseína a 1% (p/v) (Sigma), preparado em 0,2 M Tris-HCl pH 7,5, foi incubado com 30 µl de extrato bruto durante 60 minutos a 25° C. Após esse período, foram adicionados 240 µL de ácido tricloroacético (TCA) 10% (p/v) para parar a reação. Após 15 minutos em repouso, os tubos foram centrifugados por um período de 5 minutos a 8.000 x g. em seguida, 70 µl do sobrenadante foram então adicionados a 130 µl de NaOH 1 M em uma microplaca de ELISA e a absorbância da mistura foi mensurada num leitor ELISA (Bio-rad 550) a 450 nm contra um branco preparado da mesma maneira. Uma unidade (U) de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima para hidrolisar a azocaseína, dando um aumento de 0,001 unidades de absorbância por minuto (ALENCAR et al., 2003).

3.5 Atividade colagenolítica

A determinação da atividade colagenolítica foi realizada segundo metodologia descrita por Oliveira et al. (2019a), utilizando Azo dye-impregnated collagen - Azocoll (Sigma) como substrato. Uma mistura de reação, que contém 5 mg de azocoll, 500 µl de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5) que contendo CaCl_2 5 mM e 500 µl de extrato bruto enzimático, foram incubados a 55° C durante um período de 30 minutos, sob agitação constante e em triplicata. Posteriormente, foram adicionados 200 µl de ácido tricloroacético (TCA) e incubadas para parar a reação. Após 10 minutos, as amostras

foram centrifugadas (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 10 minutos a 4° C. A leitura da amostra foi realizada com espectrofotômetro em um comprimento de onda de 595 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima necessária para aumentar a absorção de 0,01 a 595 nm.

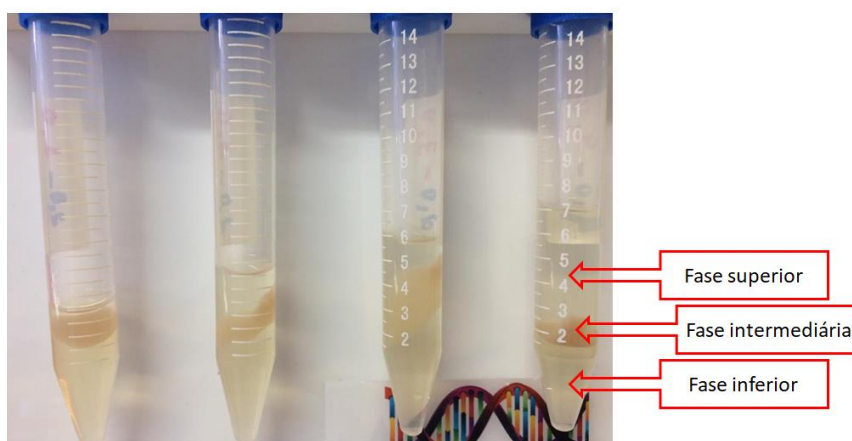
3.6 Etapas de purificação: precipitação em solventes e salina

A etapa de purificação parcial foi realizada utilizando acetona e álcool etílico na proporção de 30, 60 e 90% de solvente e 70, 40 e 10% de cada extrato bruto enzimático preparado, respectivamente, com o volume final de 2 mL para todos os ensaios. Após um período de 10 minutos sob refrigeração a 4° C, o material foi centrifugado (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 8.000 x g durante 10 minutos a 4° C. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e o precipitado ressuspendido em um volume de 2 mL de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5), contendo CaCl₂ 5 mM. Os extratos de intestino passaram por uma segunda precipitação com sulfato de amônia ((NH₄)₂ SO₄) nas concentrações de 0-30, 30-60 e 60-90%.

3.7 Particionamento trifásico (TPP)

A TPP foi realizada conforme descrito por Rawdkuen, Vanabun e Benjakul (2012). O efeito da razão entre o extrato bruto e o t-butanol foi estudado. Primeiro, o t-butanol foi adicionado ao extrato bruto nas diferentes proporções (v/v) do extrato bruto em t-butanol (1,0: 0,5, 1,0: 1,0, 1,0: 1,5 e 1,0: 2,0), com uma concentração constante de sulfato de amônia (NH₄)₂SO₄ de 30% (p/v). A solução foi bem misturada e submetida a centrifugação a 5000 x g por 10 minutos para facilitar a separação das fases (Figura 2). A camada aquosa inferior e o precipitado interfacial foram recolhidos e dialisados contra água durante a noite a 4° C. Após diálise, as amostras foram analisadas quanto ao conteúdo total de proteína, à atividade de protease e a atividade colagenolítica.

Figura 2. Particionamento trifásico de extrato bruto intestinal de tucunaré (*Cichla ocellaris*).



3.8 Recuperação e fator de purificação

Para calcular a recuperação e a eficiência da purificação parcial foram utilizadas as seguintes equações (DANTAS, 2017):

Atividade específica (U/mg de proteína): atividade enzimática (U/mL)/proteínas totais (mg/mL);

Rendimento (%): (atividade específica do material precipitado/atividade enzimática do extrato bruto) x 100;

Fator de purificação: atividade específica do material precipitado/atividade específica do extrato bruto enzimático.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui, são descritos, inicialmente, os resultados encontrados para o extrato bruto intestinal de tucunaré (*C. ocellaris*): 1,06 U/mg de proteínas totais; 212,86 U/mg de atividade colagenolítica específica; e 1,92 U/mL de atividade proteolítica/proteasica, tomando-os como referência para calcular o rendimento e o fator de purificação do material precipitado com solvente orgânico e com sal, e também para o particionamento trifásico. A atividade proteolítica total das diferentes precipitações foi determinada em concentrações variando de 10 a 90% de solvente (Tabela 1).

Tabela 1. Atividade proteasica e colagenolítica de vísceras intestinais de tucunaré submetidas à precipitação em solventes orgânicos.

Concentrações de solvente	Atividade proteasica (U/mL)		Atividade colagenolítica (U/mg)	
	Acetona	Álcool etílico	Acetona	Álcool etílico
10%	1,65	1,61	7,90	27,04
20%	1,65	1,43	23,24	7,99
30 %	1,60	2,04	162,18	325,89
40%	1,97	1,71	16,46	14,16
50%	2,10	1,96	41,21	26,31
60%	2,14	3,04	39,63	85,86
70%	2,06	2,50	28,15	74,04
80%	1,99	2,05	48,88	86,25
90%	1,78	1,89	33,36	59,73

A concentração de 60% de solvente, tanto acetona quanto álcool etílico, foi a que apresentou maior atividade proteolítica, 2,14 e 3,04 U/mL, respectivamente. Todavia, esse resultado não foi acompanhado da atividade colagenolítica específica, tendo sido observados os valores no ensaio com 30% de solventes, 162,18 e 325,89 U/mg, respectivamente, para acetona e álcool. O aumento da atividade colagenolítica é indicativo da potencialidade do material biológico utilizado e da eficiência da técnica empregada. Uma das vantagens é por ser uma técnica rápida e não poluente, com a possibilidade de aproveitamento de mais de 80% dos resíduos empregados. A atividade colagenolítica aqui descrita nos ensaios de precipitação em solventes orgânicos são superiores aos reportados para espécies de peixes neotropicais, como pescada branca (*Cynoscion leiarchus*) (22,0 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2017a), arabaiana (*Seriola dumerili*) (42,44 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2017b), surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) (15,95 U/mg), jaguar (*Parachromis managuensis*) (31,98 U/mg), ariocó (*Lutjanus synagris*) (35,18 U/mg), cavala (*Scomberomorus mackerel*) (46,88 U/mg), beijupirá (*Rachycentron canadum*) (52,13 U/mg), tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (58,27 U/mg), tambaqui (*Colossoma macropomum*) (66,68 U/mg) e tucunaré (*Cichla ocellaris*) (94,35 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2019a, b).

Nos ensaios utilizando o sal sulfato de amônia (NH₄)₂SO₄ (Tabela 2), o maior fator de purificação observado foi na fração 30-60% (3,41), com atividade específica de colagenase de 726,98. O valor encontrado nesse particionamento é superior ao descrito para a separação de proteases colagenolíticas da mesma espécie, como o descrito por Oliveira et al. (2019c) para atividades descritas a partir de extratos de intestino, fígado, músculo e coração. Ainda de acordo com os ensaios (Tabela 2), as frações 0-30 e 60-90% apresentaram potencialidade para aplicação, uma vez que o fator de purificação de ambos (2,86 e 3,17, respectivamente) foi próximo da fração 30-60%. A atividade colagenolítica alta em todos os fracionamentos tem relação direta com o aumento

da concentração protéica e redução dos detritos ainda remanescentes no extrato bruto enzimático. Os valores aqui descritos corroboram com o descrito na literatura. Andevári et al. (2019) utilizaram vísceras de truta arco-íris (*Oncorhynchus Mykiss*) e relataram que a precipitação por sulfato de amônio usando 40-60% de saturação foi a mais eficiente para obter maior atividade enzimática quando comparada com as frações 20-40 ou 60-80%.

O extrato bruto enzimático foi submetido ao particionamento trifásico (Tabela 3) para avaliação do rendimento e do fator de purificação. A relação de t-butanol e extrato bruto foram quantificados. A maior recuperação de protease foi observada na proporção de 1:0,5, obtendo-se 15,35 U/mL, com um rendimento de 105,05% e um fator de purificação de 8,49, o maior entre todos os ensaios com proteases totais realizado. Resultados similares foram descritos para resíduos de bagre gigante (*Pangasianodon gigas*) reportado por Rawdkuen, Vanabun e Benjakul (2012). Segundo os autores, os resultados podem ser atribuídos à sinergia, efeitos do aumento da concentração de t-butanol e da diminuição na saturação do sulfato de amônio. Aqui, a maior recuperação foi observada na relação 1:1 de solvente, todavia, a atividade proteolítica foi inferior à descrita anteriormente.

Tabela 2. Precipitação salina da protease colagenolítica intestinal de tucunaré.

Concentração salina	Proteínas totais (µm/mL)	Proteínas totais (U/mg)	Atividade colagenolítica (U/mL)	Atividade colagenolítica (U/mg)	Y (%)	FP
0-30%	585,00	0,59	356,2	608,88	157,12	2,86
30-60%	527,38	0,53	383,4	726,98	320,68	3,41
60-90%	182,62	0,18	123,4	675,72	298,06	3,17

Y: rendimento; FP: fator de purificação.

No concernente ao ensaio colagenolítico (Tabela 3), o particionamento trifásico também indicou o ensaio 1:0,5, na área intermediária, o com maior atividade colagenolítica específica (476,45 U/mg), com rendimento de 210,17% e fator de purificação de 2,23. Quando o valor da proporção de t-butanol é superior a um, a tendência é desnaturar a proteína (DENNISON; LOVRIEN, 1997; RAWDKUEN; VANABUN; BENJAKUL, 2012). Assim, a concentração que melhor definiu o experimento foi a de 1:0,5 (extrato bruto: t-butanol).

Tabela 3. Particionamento trifásico (TPP) de extrato bruto intestinal de tucunaré (*C. ocellaris*).

Concentração	Proteínas totais (U/mg)	Atividade proteolítica total (U/mL)	Y (%)	FP	Atividade colagenolítica (U/mg)	Y (%)	FP
1:0,5 (Superior)	0,30	3,79	59,45	2,10	282,87	37,58	1,32
1:0,5 (Intermediária)	0,13	15,35	105,05	8,49	476,45	210,17	2,23
1:0,5 (Inferior)	0,31	3,85	62,33	2,13	369,54	163,01	1,73
1:1 (Superior)	0,42	2,08	45,88	1,15	224,97	99,23	1,05
1:1 (Intermediária)	1,00	2,19	114,57	1,21	53,03	23,39	0,24
1:1 (Inferior)	0,34	3,05	54,25	1,69	137,56	60,67	0,64
1:1,5 (Superior)	0,306	3,48	55,41	1,92	306,10	135,02	1,43
1:1,5 (Intermediária)	1,15	1,74	104,47	0,96	47,50	20,95	0,22
1:1,5 (Inferior)	0,40	2,57	54,25	1,42	112,59	49,66	0,52
1:2 (Superior)	0,19	5,04	50,21	2,79	390,26	172,14	1,83
1:2 (Intermediária)	1,07	1,72	96,68	0,95	59,29	26,15	0,27

1:2 (Inferior)	0,44	2,28	52,52	1,26	61,06	26,93	0,28
----------------	------	------	-------	------	-------	-------	------

Y: rendimento; FP: fator de purificação.

O particionamento trifásico da enzima colagenolítica demonstrou ser menos eficiente (apenas 2,23) no fator de purificação do que a precipitação salina com sulfato de amônia (FP: 3,41 na concentração de 30-60%). Os resultados sugerem que os ensaios podem ser facilmente utilizados na recuperação de biomoléculas a partir de resíduos sólidos orgânicos negligenciados da indústria pesqueira. Um critério a se considerar, o custo do particionamento tende a ser maior do que da precipitação salina, levando em consideração a quantidade de reagentes necessários no TPP. É sugestivo que outros resíduos passem pelo mesmo tipo de processamento, como fígado, músculo ou uma mistura de vísceras internas para poder ser realizado um mapeamento da aplicabilidade desses métodos e sua eficiência frente a outras proteases, com a tripsina e a quimotripsina, largamente presente nesses tipos de material. Também é importante salientar a necessidade de testes mais específicos e de uma caracterização bioquímica completa a fim de entender as necessidades de estabilidade da enzima colagenolítica submetida a esse tipo de meio.

5. CONCLUSÕES

Vísceras intestinais de tucunaré (*C. ocellaris*) foram utilizadas para recuperação de atividade proteasica e colagenolítica. Para tanto, técnicas de precipitação e particionamento trifásico com empregadas com sucesso. O uso de técnicas simples e rápidas sinaliza a possibilidade de aplicação em larga escala, principalmente atrelada ao custo das mesmas. A espécie em questão demonstrou potencial para fornecimento de proteases totais, sendo a função desempenhada por elas altamente desejada pelos segmentos industriais, e enzimas colagenolíticas, uma enzima de interesse da indústria biomédica e farmacêutica. A partir deste, sugere-se novos ensaios para caracterização bioquímica das proteases encontradas, bem como para aplicação das técnicas em vísceras de fígado, estômago ou através de uma mistura de vísceras.

REFERÊNCIAS

- ANDEVARI, G. T.; REZAEI, M.; TABARSA, M.; RUSTAD, T. Extraction, partial purification and characterization of alkaline protease from rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) viscera. **Aquaculture**, v. 500, p. 458-463, 2019.
- ALENCAR, R. B.; BIONDI, M. M.; PAIVA, P. M. G.; VIEIRA, V. L. A.; CARVALHO, L. B. JR.; BEZERRA, R.S. Alkaline proteases from digestive tract of four tropical fishes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 279-284, 2003.
- BKHAIRIA, I.; BEN KHALED, H.; KTARI, N.; MILED, N.; NASRI, M.; GHORBEL, S. Biochemical and molecular characterisation of a new alkaline trypsin from *Liza aurata*: structural features explaining thermal stability. **Food Chemistry**, v. 196, p. 1346-1354, 2016.
- BEZERRA, R. S.; LINS, E. J. F.; ALENCAR, R. B.; PAIVA, P. M. G.; CHAVES, M. E. C.; COELHO, L. C. B. B.; CARVALHO JUNIOR, L. Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Process Biochemistry**, v. 40, p. 1829-1834, 2005.
- BEZERRA, R. S.; BUARQUE, D. S.; AMARAL, I. P. G.; CASTRO, P. F.; ESPÓSITO, T. S.; CARVALHO JÚNIOR, L. B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). *AquaCiência 2004 Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura* (pp. 2061 –275). Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, 2006.
- BOUGATEF, A. Trypsin's from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 257-265, 2013.
- COSTA, H. M. S.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; AMARAL, I. P. G.; HIRATA, I. Y.; PAIVA, P. M. G.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the

crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v. 7, p. 1-8, 2013.

DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction and Purification of Collagenase Enzymes: A Critical Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v. 6, p. 239-263. 2010.

DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Isolation and activation of collagenase from fish processing waste. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 3, p. 191-203, 2012.

DANTAS, J. M. M. **Purificação de quitosanases produzidas por *Bacillus cereus* utilizando cromatografia líquida rápida de proteínas**. 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

DENNISON C.; LOVRIEN R. Three phase partitioning: concentration and purification of proteins. **Protein Expression and Purification**, v. 11, p. 149-61, 1997.

ESPÓSITO, T. S.; MARCUSCHI, M.; AMARAL, I. P. G.; CARVALHO, L. B.; BEZERRA, R. S. Trypsin from the processing waste of the lane snapper (*Lutjanus synagris*) and its compatibility with oxidants, surfactants and commercial detergents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 6433-6439, 2010.

FRANÇA, R. C. P.; ASSIS, C. R. D.; SANTOS, J. F.; TORQUATO, R. J. S.; TANAKA, A. S.; HIRATA, I. Y.; ASSIS, D. M.; JULIANO, M. A.; CAVALLI, R. O.; CARVALHO JÚNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Bovine pancreatic trypsin inhibitor immobilized onto sepharose as a new strategy to purify a thermostable alkaline peptidase from cobia (*Rachycentron canadum*) processing waste. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v. 1033-1034, p. 210-217, 2016.

FREITAS JÚNIOR, A. V. C.; COSTA, H. M. S.; ICIMOTO, M. Y.; HIRATA, I. Y.; MARCONDES, M.; CARVALHO JÚNIOR.; L. B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Giant Amazonian fish arapaima (*Arapaima gigas*): its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1596-1602, 2012.

GAGAOUA, M.; HAFID, K. Three phase partitioning system, an emerging non-chromatographic tool for proteolytic enzymes recovery and purification. **Biosensors Journal**, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2016.

GURUMALLESH, P.; ALAGU, K.; RAMAKRISHNAN, B.; MUTHUSAMY, S. A systematic reconsideration on proteases. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 128, p. 254-256, 2019.

JESÚS-DE LA CRUZ, K.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. F.; PEÑA, E.; MORALES-CONTRERAS, J. A.; ÁVILA-FERNÁNDEZ, A. Fish trypsins: potential applications in biomedicine and prospects for production. **Biotech**, v. 8, n. 186, p. 185-186, 2018.

KETNAWA, S.; BENJAKUL, S.; LING, T. C.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; RAWDKUEN, S. Enhanced recovery of alkaline protease from fish viscera by phase partitioning and its application. **Chemistry Central Journal**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2013.

KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Two trypsin isoforms from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) liver: Purification and physicochemical and biochemical characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 107, p. 1864-1870, 2018.

MARTINEZ, M.; SPITALI, M.; NORRANT, E. L.; BRACEWELL, D. G. Precipitation as an enabling technology for the intensification of biopharmaceutical manufacture. **Trends in Biotechnology**, v. 37, n. 3, p. 237-241, 2019.

MEDEIROS, F. S.; MARCUSCHI, M.; ASSIS, C. R. D.; SILVA, J. F.; ESPÓSITO, T. S.; BEZERRA, R. S. Potencial laundry detergent applications of mutton snapper (*Lutjanus analis*) proteases. **Journal of FisheriesSciences.com**, v. 9, n. 3, p. 063-069, 2015.

- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 1, p. 52-64, 2017a.
- OLIVEIRA, V. M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v. 5, n. 6, p. 233-238, 2017b.
- OLIVEIRA, V. M.; CARNEIRO CUNHA, M. N.; ASSIS, C. R. D.; NASCIMENTO, T. P.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; PORTO, A. L. Colagenases de pescado e suas aplicações industriais. **Pubvet**, v. 11, n. 3, p. 243-255, 2017c.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C.R.D. ; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J. ; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p. 1-10, 2019a.
- OLIVEIRA, V. M.; NERI, R. C. A.; MONTE, F. D.; ROBERTO, N. A.; COSTA, H. M.; ASSIS, C. R.; FERREIRA, J. S.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Crosslink-free collagen from *Cichla ocellaris*: Structural characterization by FT-IR spectroscopy and densitometric evaluation. **Journal of Molecular Structure**, v. 1176, p. 751-758, 2019b.
- OLIVEIRA, V.M.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; PORTO, A.L.F. **Purificação parcial de biomoléculas extraídas dos resíduos sólidos do pescado beneficiado em Petrolândia-PE**. in: André Cardim de Aguiar; Kardelan Arteiro da Silva; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ed.Recife: EDUFRPE, 127-139, 2019c.
- PARK, J. P.; LEE, S. H.; BYUN, H. G.; KIM, S. H.; KIM, S. K. Purification and characterization of a collagenase from the mackerel, *Scomber japonicus*. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v. 35, p. 576-582, 2002.
- POONSIN, T.; SRIPOKAR, P.; BENJAKUL, S.; SIMPSON, B. K.; VISESSANGUAN, W.; KLOMKLAO, S. Major trypsin like-serine proteinases from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) spleen: biochemical characterization and the effect of extraction media. **Journal Food Biochemistry**, v. 41, p. 1-9, 2017.
- PURWANTO, M. G. M. The Role and Efficiency of Ammonium Sulphate Precipitation in Purification Process of Papain Crude Extract. **Procedia Chemistry**, v. 18, p. 127-131, 2016.
- RATHER, G. M.; GUPTA, M. N. Three phase partitioning leads to subtle structural changes in proteins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 60, p. 134-140, 2013.
- RAWDKUEN, S.; CHAIWUT, P.; PINTATHONG, P.; BENJAKUL, S. Three-phase partitioning of protease from *Calotropis procera* latex. **Biochemical Engineering Journal**, v. 50, n. 3, p. 145-149, 2010.
- RAWDKUEN, S.; VANABUN, A.; BENJAKUL, S. Recovery of proteases from the viscera of farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) by three-phase partitioning. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 12, 2566-2569, 2012.
- ROY, I., GUPTA, M. N. Three-Phase Affinity Partitioning of Proteins. **Analytical Biochemistry**, v. 300, n. 1, p. 11-14, 2002.
- SHANMUGAPRAKASH, M.; VINOTHKUMAR, V.; RAGUPATHY, J.; REDDY, D. A. Biochemical characterization of three phase partitioned naringinase from *Aspergillus brasiliensis* MTCC 1344. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 80, p. 418-423, 2015.
- SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Uso de resíduos orgânicos de anchova (*Pomatomus saltatrix*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) para recuperação de proteases alcalinas. In: André Cardim de Aguiar; Kardelan Arteiro da Silva; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ed.Recife: EDUFRPE, 117-126, 2019.

SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v. 150, n. 1, p. 76-85, 1985.

TSCHELIESSNIG, A.; SATZER, P.; HAMMERSCHMIDT, N.; SCHULZ, H.; HELK, B.; JUNGBAUER, A. Ethanol precipitation for purification of recombinant antibodies. **Journal of Biotechnology**, v. 188, p. 17-28, 2014.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; SANTOS, G.; COSTA, W. M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p.190-202, 2015a.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; VIDAL, J. M. A.; COSTA, W. M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p. 295-303, 2015b.

YOUNES, I.; NASRI, R.; BKHAIIRA, I.; JELLOULI, K.; NASRI, M. New proteases extracted from red scorpionfish (*Scorpaena scrofa*) viscera: characterization and application as a detergent additive and for shrimp waste deproteinization. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 453-462, 2015.

5.3 OBTENÇÃO DE AGREGADO MIÚDO A PARTIR DO RESÍDUO DA CONCHA DE SARNAMBI (*Anomalocardia brasiliana*)

SILVA, Guilherme Costa da
Universidade CEUMA
eng.guilhermecs@gmail.com

PINHEIRO, Daniel Belo Paz
Universidade CEUMA
daniel_belo@hotmail.com

SILVA, Thiago José Silveira da
Universidade CEUMA
thiaguitotky@gmail.com

WETTERS, Marylin Fonseca Leal de Farias
Universidade CEUMA
marylin.farias@gmail.com

RESUMO

A mariscagem e outras atividades pesqueiras também produzem resíduos em seu desenvolvimento, como as conchas de sarnambi após o beneficiamento. O Maranhão por ser um estado de extensa faixa litorânea, favorecendo essa cultura, precisa ter também uma gestão para resíduos sólidos gerados nesses trabalhos. O objetivo da presente pesquisa é a caracterização do agregado miúdo feito a partir das cascas de sarnambi, mostrando o seu desempenho quanto à resistência à compressão em argamassa, massa específica e unitária, absorção de água e granulometria. Cada uma das variáveis de estudo possui uma norma regulamentadora, na qual foram executados os experimentos exigidos, sempre realizando o mesmo ensaio com uma amostra de concha triturada e outra de areia, para que fosse possível comparar os dois resultados, tendo a areia como referência. O estudo mostrou que a resistência da argamassa que utiliza a concha de sarnambi triturada foi um pouco superior e com menor variação, mas, com relação à absorção de água e o tamanho dos grãos a areia obteve um resultado melhor como agregado. Dessa forma, a utilização da concha de sarnambi triturada como agregado para argamassa, pode ser feito em algumas situações, ajudando a diminuir custos e favorecendo o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização, Meio Ambiente, Argamassa.

1. INTRODUÇÃO

O tema reaproveitamento e tratamento de resíduos sólidos, que são gerados por atividades realizadas pelos seres humanos, é algo amplamente debatido pelo mundo inteiro. O fato de que resíduos são lançados na natureza de uma forma que não consiga se recuperar deste ato, já apresenta um grande problema com relação à preservação do meio ambiente, e isso pede uma atenção especial em busca de soluções viáveis e benéficas tanto para o desenvolvimento humano quanto para a natureza, garantindo assim que gerações futuras tenham também recursos e possibilidades para viverem com saúde e se desenvolverem. Com o objetivo de melhorar a gestão de resíduos sólidos e até mesmo dar uma utilidade secundária a ele, diversos estudos são realizados, como o feito por Gomes et al. (2017) a fim de pesquisar propriedades que podem possuir, e que seria possível utilizar o que seria descartado como matéria-prima na fabricação de outros subprodutos, fechando assim o ciclo de utilização de um determinado material, como citado pelo autor. Todo esse crescimento acaba desencadeando uma maior quantidade de trabalhadores qualificados e, por sua vez, novas técnicas eficientes e sustentáveis.

A mariscagem e outras atividades pesqueiras também produzem resíduos em seu desenvolvimento e devem ser levadas em consideração para que se tenha uma boa gestão dos seus descartes, visto que a construção civil acaba explorando muito os recursos naturais para desenvolver suas ações construtivas, e as conchas, que não são utilizadas pelos marisqueiros, podem ajudar na diminuição da exploração dos recursos naturais por serem uma opção de agregado. O Brasil possui uma faixa litorânea muito extensa que vai do estado do Amapá até o Rio Grande do Sul, se dividindo em quatro zonas, o litoral amazônico, o nordestino, do sudeste e o do sul, correspondendo assim a mais de 7,3 mil quilômetros de litoral (RIBEIRO; FRANCISCO, 2019), e dentre os estados brasileiros, o Maranhão é o que possui a segunda maior faixa litorânea, tendo então um grande potencial para a exploração da pescaria e mariscagem, que se baseia na criação de organismos marinhos conhecidos como ostra, sururu, mexilhão e sarnambi. A atividade de cultivo desses moluscos é conhecida como malacocultura e é de onde muitas famílias ribeirinhas, que moram próximas ao litoral, tiram o seu sustento até mesmo exclusivamente dessa cultura (SOUZA, 2016).

Os moluscos mencionados anteriormente são também conhecidos cientificamente por serem bivalves. Em estudos realizados com as conchas dos mesmos foi possível constatar que em média 95% delas são constituídas de carbonato de cálcio (CaCO_3), substância essa que é usada para fabricação de diversos outros materiais da construção civil. Outro dado sobre o assunto que também chama a atenção é quanto à utilização: o estudo também mostra que cerca de apenas 20% é utilizado como alimento e 80% é descartado, mostrando assim o alto índice de geração de resíduo que a atividade possui. O carbonato de cálcio (CaCO_3), a principal substância que compõe as conchas dos bivalves, é muito utilizada como matéria-prima para fabricação de outros produtos bastante utilizados na área da construção civil, como exemplo, a fabricação da cal viva e cal hidratada, tintas, vernizes, tijolos, blocos para pavimentação, cerâmica, cimento, mármore compacto, entre outros (CHIERIGHINI et al., 2011).

O objetivo dessa pesquisa foi verificar algumas propriedades específicas da concha de sarnambi triturada, que são importantes quando se tratam de agregados, como a resistência que eles fornecem à argamassa, a massa específica e unitária, a granulometria e a absorção. Para que seja possível uma análise comparativa, as mesmas propriedades foram verificadas na areia, inclusive a aplicação do agregado em argamassa, por meio da confecção de alguns corpos de provas para rompimento, e assim saber se o agregado feito de concha de sarnambi tem um bom desempenho em resistência com relação ao agregado miúdo mais utilizado que é a areia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em muitas empresas ainda existe um problema quanto à aceitação de materiais vindos da reciclagem, um conceito que precisa ser desconstruído para que essa resistência quanto à iniciativa

de reutilização diminua, e seja possível o desenvolvimento do trabalho com uma gestão de resíduos mais eficaz. Segundo Oliveira e Reis (2017), muitas das empresas que atuam no setor da construção civil têm um entendimento de que agregados produzidos a partir da reciclagem de outros resíduos têm uma baixa qualidade no material, e o serviço, como consequência, fica com desempenho duvidoso. Assim, por conta dessa visão que ainda domina nessas empresas, o índice de resíduos destinados a aterros sanitários, ou até mesmo a destinações inadequadas, é elevado.

A construção civil é a atividade humana que mais tem impacto o meio ambiente, e afeta a natureza em todo o seu ciclo de vida, com a extração dos recursos, construção, demolição e descarte de resíduos em aterro sanitário (GALÁN-ARBOLEDAS et al., 2017). Tal atividade consome um grande volume de recursos que é retirado da natureza, demonstrando assim o seu caráter insustentável (PACHECO-TORGAL, 2017). Com tanto consumo de recursos a uma velocidade na qual não é possível uma recuperação natural, nota-se a importância da reutilização de resíduos transformando esses em matéria-prima para outros produtos ou até mesmo reutilizando-os no mesmo canteiro de obra o máximo de vezes possível, tornando a atividade mais sustentável.

Assim como D'Agostini, Vidal e Castro (2016) citam em seu trabalho, a sociedade já vem demonstrando uma preocupação com esse assunto, o qual tem se convertido em muitas pesquisas em que o tema a ser investigado é uma alternativa de reaproveitamento de resíduos para outra finalidade, como a presente pesquisa, ou então melhores formas, tanto econômica quanto ambientalmente, de se tratar o descarte de um determinado tipo de resíduo. O setor da construção civil acaba sendo considerado um grande vilão pelo fato de que existe uma enorme demanda para utilização de matéria-prima de natureza não renovável (CORDEIRO, 2013). Como alternativa para diminuição do impacto ambiental, visto que as obras vêm apresentando alguns indicadores preocupantes quanto ao consumo de recursos não renováveis, podem ser utilizados materiais sustentáveis na produção de elementos construtivos (SANTOS; FONTES; LIMA, 2017).

Um programa de resíduo sólido tem uma importância bastante significativa, pois ele visa diminuir a quantidade de resíduos gerados e assim melhorar a condição socioambiental do local (YACOUT; HASSOUNA, 2016), e também envolve indicar para os moradores e empresas de uma determinada região qual o local adequado para descarte, além de apresentar maneiras e formas de reaproveitamento para que dessa forma tenha-se um alívio do volume desses materiais que não são utilizados. Todas essas ferramentas se encontram inseridas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (MARCHI, 2015). Infelizmente, em centros urbanos, por conta da grande quantidade de pessoas que vivem nesses locais, consequentemente uma grande quantidade de resíduos sólidos é gerada por essa população durante suas atividades diárias; e faz com que essas pessoas observem muitas irregularidades, mas não percebem a situação do grave impacto ambiental, não entendendo o quanto ela é prejudicial ao meio (ARAÚJO et al., 2018).

O Programa Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, também conhecido como PMGIRS, do município de Paço do Lumiar, Maranhão, apresentou um diagnóstico no qual mostra que os seus resíduos de todas as origens, incluindo os gerados na construção civil, possuem a mesma destinação final, que são os lixões e que segundo a Secretaria de Infraestrutura, são descartados cerca de 100 toneladas por dia (BARROS et al., 2017). Como citado por Medeiros et al. (2019), a reutilização já tem uma melhor consolidação em obras de pavimentação, concreto magro, obras de drenagem entre outros, mas segundo Bigolin (2013), a utilização dos resíduos como agregado na construção civil por si só, já faria com que a maior parte dos resíduos fossem absorvidos e reutilizados, demonstrando assim um grande impacto positivo.

A busca pelo tratamento do que é considerado lixo e sem serventia para uma determinada atividade traz muitos benefícios, como valorizar o resíduo por colocá-lo novamente na cadeia de produção, diminuição da exploração dos recursos naturais para desenvolver uma atividade em que pode ser utilizado material reciclado, minimização da poluição causada pelo descarte irregular ao

meio ambiente, aumento da vida útil estimada para os locais de disposição final como os aterros sanitários e também a geração de emprego e renda para a população (SILVA et al. 2015).

Segundo Silva, Bicalho e Oliveira (2018), o que é observado com frequência em diversos canteiros de obra é a negligência quanto às questões ambientais, onde praticamente as empresas adotam uma postura reativa sobre as suas obrigações ambientais. Para que seja modificado esse comportamento, deve ser feito uma conscientização sobre a influência e impacto que as ações da indústria da construção civil têm como ponto positivo e negativo, sem contar a questão econômica, visto que o respeito ao meio ambiente e também a mudança de comportamento focada no combate aos desperdícios é um diferencial que traz benefícios a toda a organização de trabalho.

Um agregado que é bastante utilizado para a fabricação de argamassa e concreto é a areia, mas ao retirá-la do meio ambiente acaba causando alguns impactos negativos ao local de onde foi retirada. No trabalho desenvolvido por Santos (2015), o autor deixa enumerado alguns impactos ambientais que são provocados por conta da atividade de mineração desse agregado para a construção civil, como mostra nos seguintes itens: alterações dos cursos de água, destruição de áreas de preservação permanente, destruição da fauna e flora, perda da cobertura vegetal, fatores que intensificam os processos erosivos e de lixiviação e compactação do solo, por conta do maquinário utilizado no local. Vários tipos de resíduo sólido têm um potencial para ser reutilizado e diminuir a quantidade de descarte em aterros ou poluição da natureza, cabendo a gestores governamentais a realização de um plano, porém a incapacidade de planejamento e execução de políticas públicas voltadas para a resolução desse problema acaba sendo um dos maiores desafios para os gestores atuais e impede o desenvolvimento, nesse sentido (GAUDÊNCIO et al., 2015).

3. METODOLOGIA

3.1 Materiais

Areia natural – Para o estudo foi utilizada a areia comercializada em material de construção, obtendo-se uma quantidade suficiente para que fosse feita a comparação com o outro agregado proposto, quanto às características e fabricação dos corpos de prova. Concha de sarnambi – Resíduo da atividade de mariscagem, realizada na comunidade do Porto do Mocajutuba, coletado para trituração e pesquisa quanto às suas características e propriedades, utilizado também para confecção dos corpos de prova como agregado miúdo.

3.2 Coleta e lavagem da concha de sarnambi

O resíduo da concha de sarnambi foi coletado em um quintal de uma marisqueira no Porto do Mocajutuba, o qual após o beneficiamento do molusco e a retirada da parte orgânica, as cascas foram descartadas em um local na própria localidade. Com o auxílio de uma pá e alguns sacos de linhagem, foi recolhida uma quantidade suficiente de material para que o estudo fosse desenvolvido. Em seguida, as conchas foram lavadas para que sujeiras como folhas, raízes, pequenos pedaços de madeira e também insetos fossem retirados.

3.3 Britagens das conchas

Visto que o estudo tem como objetivo transformar as conchas de sarnambi em agregado miúdo, então fez-se necessário que o diâmetro dos grãos se tornassem menores para que pudessem passar pela peneira com abertura de malha de 4,8 mm, por conta disso, foi utilizado um britador de mandíbula cedido pelo Laboratório de Controle Tecnológico de Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI) *Campus* do Distrito Industrial, São Luís – MA, por intermédio do coordenador Rafael Carlos Walachinski. Após a britagem das conchas, o material obtido foi levado ao Laboratório de Solos da Universidade Ceuma para que, da mesma forma que foi feito no estudo de Frotté *et al.* (2017), o objeto de estudo passasse pela peneira de 4,8 mm, e assim separar o agregado graúdo do miúdo, visto que durante o processo não foi possível obter somente o agregado no

tamanho desejado para o estudo por conta da eficiência do equipamento não ser suficiente. Posteriormente, foram comparadas as curvas granulométricas, para verificar se as mesmas estavam dentro das zonas aceitáveis.

3.4 Confeção dos corpos de prova para compressão

Os corpos de prova foram confeccionados de acordo com a NBR 7215:2019 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tendo o traço de 1:3 e o fator água/cimento mínimo de 0,48 colocados em molde especificado na norma e quatro amostras para cada idade (ABNT, 2019).

3.5 Variáveis de estudo

Granulometria – Um dado importante ao se estudar um determinado agregado é a granulometria, a distribuição do tamanho dos seus grãos, e com isso poder determinar o seu módulo de finura a fim de classificá-lo. Para esse estudo foram realizados os procedimentos com base na NBR 248:2003 (ABNT, 2003), cada material teve duas amostras ensaiadas, cada amostra com 1 Kg, as peneiras foram organizadas da maior para a menor malha, de cima para baixo, e a amostra colocada na peneira de cima. Em seguida foram agitadas durante 5 min cada. Posteriormente foi verificado se estava dentro dos limites citados na NBR 7211:2009, quanto aos intervalos máximos e mínimos que são considerados bons e que podem ser utilizados (ABNT, 2009b, p.5).

Massa específica e massa unitária – Para a determinação da massa específica, foram seguidos os procedimentos experimentais descritos na NBR 52:2009 (ABNT, 2009a). Para isso foi necessário que a amostra estivesse no estado saturado, então, a mesma ficou de molho por 24 h e depois foi submetida ao calor para que ficasse com certa umidade superficial a qual quando colocada em um molde cônico não ficasse inteira e também não desmoronasse toda. Em seguida foi obtida a massa, que foi calculada por meio da fórmula contida na norma, quanto à massa unitária, a norma vigente que instrui sobre os experimentos a serem adotados é a NBR 45:2006 (ABNT, 2006). Uma proveta graduada foi pesada para saber a sua massa, em seguida foi adicionada a amostra até um volume de 500 mL, e pesada a massa do conjunto. Com esses valores, foi calculada a massa unitária na fórmula contida na norma.

Taxa de absorção – Quanto ao experimento para determinar qual a taxa de absorção de água do agregado miúdo até o seu estado saturado, a norma consultada foi a de número 30:2000 (ABNT, 2000). As amostras também deveriam estar no estado saturado para que fosse possível saber a sua massa saturada e também a sua massa seca. A essa diferença de massa, dá-se o nome de taxa de absorção do agregado. Resistência à compressão – A fim de verificar o desempenho do agregado de sarnambi quanto à resistência à compressão em comparação com a areia natural, foram seguidas as orientações contidas na Norma 7215:2019 com relação à utilização de maquinário e procedimentos experimentais (ABNT, 2019). Foram feitos quatro corpos de provas de cada argamassa, uma utilizava como agregado a concha triturada e a outra utilizava a areia, após três dias de cura, os corpos de prova foram rompidos para determinação da resistência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Granulometria dos agregados miúdos

Quanto aos experimentos realizados no Laboratório de Solos da Universidade CEUMA do Campus Turu, foram utilizadas as peneiras da série normal classificadas pela norma 248:2003 (ABNT, 2003), separando duas amostras de 1 Kg para areia e também de sarnambi triturado, para que assim fosse obtido um valor mais fiel possível. A partir dos resultados encontrados nos dois ensaios para cada material se tirou a média, e a partir desses valores foi possível calcular o módulo de finura. A seguir, tem-se a distribuição da massa retida em cada peneira da série normal para as quatro amostras analisadas (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição granulométrica da areia e sarnambi triturado

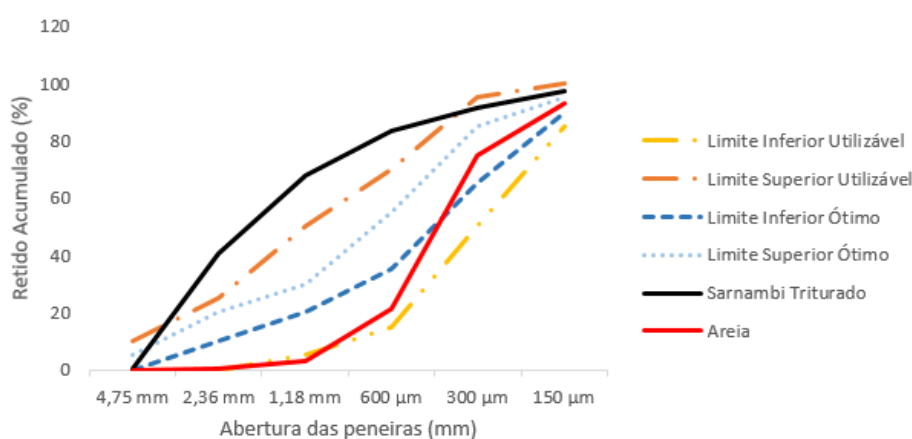
# Malha	Sarnambi triturado		Areia	
	Massa Retida (g)	Massa Relativa Acumulada (%)	Massa Retida (g)	Massa Relativa Acumulada (%)
4,75 mm	2	0,2	0	0
2,36 mm	402	40,4	6	0,6
1,18 mm	276,5	68,05	26,5	3,25
600 µm	152	83,25	178	21,05
300 µm	80,5	91,3	539	74,95
150 µm	62,5	97,55	183	93,25
Fundo	24,5	100	67,5	100
	MF:	3,80	MF:	1,93

Para o cálculo de módulo de finura, os dados da massa acumulada (F_i) de cada material foram usados aplicando-se a seguinte Equação (1):

$$MF = \frac{\sum F_i}{100} \quad (\text{Equação 1})$$

Dessa forma, foi obtido para o sarnambi triturado o módulo de finura de 3,8 e para a areia chegou-se a um módulo de finura de 1,93, podendo dessa forma classificar o sarnambi triturado como sendo um agregado grosso e a areia como sendo um agregado de granulometria fina. Para verificar se os agregados se enquadravam dentro dos limites citados na norma 7211:2009 (ABNT, 2009, p. 5), foi feito um gráfico que apresentando os limites inferior e superior do que é considerado ótimo, e inferior e superior do que é considerado utilizável (Figura 1).

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado de sarnambi e areia



Assim, observa-se que o agregado de sarnambi foge um pouco da curva estipulada pela norma, e isso se deu por conta da trituração das conchas, por ser uma máquina de pequeno porte a britadeira de mandíbula não conseguiu diminuir ainda mais os grãos, e como já apresentado anteriormente, o módulo de finura já indicava isso, classificando como um agregado grosso a maior parte da massa que ficou retida logo nas primeiras peneiras.

4.2 Determinações da massa específica e massa unitária dos agregados

A massa específica de um material é a relação da massa de uma amostra pelo volume que essa amostra está ocupando no espaço, para isso, é necessário ter o cuidado de não considerar os vazios que existem entre os grãos, pois, considerando-se os vazios ter-se-á o valor da massa unitária do mesmo. Para efeito de comparação, se fez necessária uma amostra de areia e outra amostra de sarnambi triturado, e de acordo com as especificações da norma 52:2009 (ABNT, 2009), que discorre sobre os materiais e o método correto para determinação de massa específica de agregados, determinar essa característica para as amostras dos dois materiais, assim como para a massa unitária, foram seguidas as orientações da norma 45:2006 (ABNT, 2006) quanto aos procedimentos para ensaios, e para a presente pesquisa foi escolhido por conta da facilidade e dos materiais disponíveis no momento o método B.

Para que os experimentos fossem realizados seria necessário preparar as amostras para que estivessem no estado saturado, ou seja, que apresentassem uma umidade superficial. Para isso, as amostras ficaram submersas em água por 24 h e após isso foram expostas ao calor, e com intervalos determinados verificando o seu estado até chegar ao ponto ideal. A Equação 2 utilizada para o cálculo da massa específica é a seguinte:

$$\rho = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}} \quad (\text{Equação 2})$$

O valor de massa específica da água considerada foi de 997,54 Kg/m³ para uma temperatura de 23° C. Os resultados para massa específica da areia foi de $\rho_{\text{areia}} = 2261,68 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ e para o sarnambi triturado o resultado encontrado foi de $\rho_{\text{Sarnambi}} = 2315,93 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, desta forma é possível perceber que o agregado miúdo feito a partir da concha de sarnambi é um material mais denso e possui mais massa, podendo assim também afirmar que é mais pesado, se comparado a uma porção de areia de mesmo volume. Logo, implica dizer que argamassa e concreto que utilizam o agregado de sarnambi terão um peso um pouco maior se for utilizado o mesmo volume.

Quanto à massa unitária dos agregados, o procedimento adotado inclui a Equação 3, para o cálculo do valor:

$$\rho_{\text{unitária}} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \quad (\text{Equação 3})$$

Nessa equação é subtraída a massa do agregado com o recipiente pela massa do recipiente e posteriormente se divide pelo volume no qual o material ocupou do recipiente. Os valores de massa unitária ou massa aparente foram de $\rho_{\text{areia}} = 1612 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ para a areia e $\rho_{\text{Sarnambi}} = 1520 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ para o agregado triturado de sarnambi. Observando agora esse resultado é possível concluir que se forem considerados os vazios presentes na amostra, a areia se torna mais pesada do que o sarnambi triturado, isso se explica pelo fato de que se o agregado de sarnambi possui grãos maiores, fazendo com que a área intersticial também vá ser maior, e esse espaço é preenchido pelo ar que é leve. Em contrapartida, a areia possui uma granulometria menor com grãos de menores diâmetros e acaba ocupando mais espaços, deixando pouca área intersticial que seria ocupada pelo ar, e dessa forma se tornou mais pesada.

4.3 Taxa de absorção de água

A taxa de absorção de um agregado é algo importante de se conhecer para que se tenha uma ideia quanto à quantidade de água que o mesmo deve absorver durante a fabricação de um concreto ou argamassa. Para isso, foi feito o experimento seguindo a NBR 30:2000, que informa os

procedimentos para que a amostra do agregado fique com uma umidade superficial, ou seja, no estado saturado, e dessa forma verificar o quanto de umidade é necessário para deixá-lo no estado saturado (ABNT, 2000). Ao separar uma amostra e pegar as informações de massa saturada e massa seca, os valores devem ser aplicados à Equação 4, para o cálculo da taxa de absorção:

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Na primeira tentativa, o experimento não obteve um bom resultado pelo fato de que ocorreu uma reação no agregado onde ele perdeu mais massa do que apenas a massa da água absorvida. Esse processo foi estudado por Santos (2013), quando ele usou as conchas de sarnambi para a fabricação de cal, que, quando exposta a uma temperatura alta por um determinado tempo outras substâncias também começaram a evaporar. Na primeira tentativa o tempo na estufa foi em excesso e quando observado, a amostra já estava no processo de calcinação, apresentando então uma diferença de massa muito grande, pois além da massa da água ela liberou outras substâncias com o calor. Quanto a isso, o experimento foi repetido tentando tomar cuidado e retirar antes do início da calcinação, apresentando o quanto mudou a coloração da amostra e comparando com o resultado de Santos (2013) (Figura 2).

Figura 2 – Transformação da concha de sarnambi em cal virgem. (a) Imagem de antes (esquerda) e depois (direita) do estudo de Santos (2013). (b) Imagem de antes (esquerda) e depois (direita) encontrado na presente pesquisa



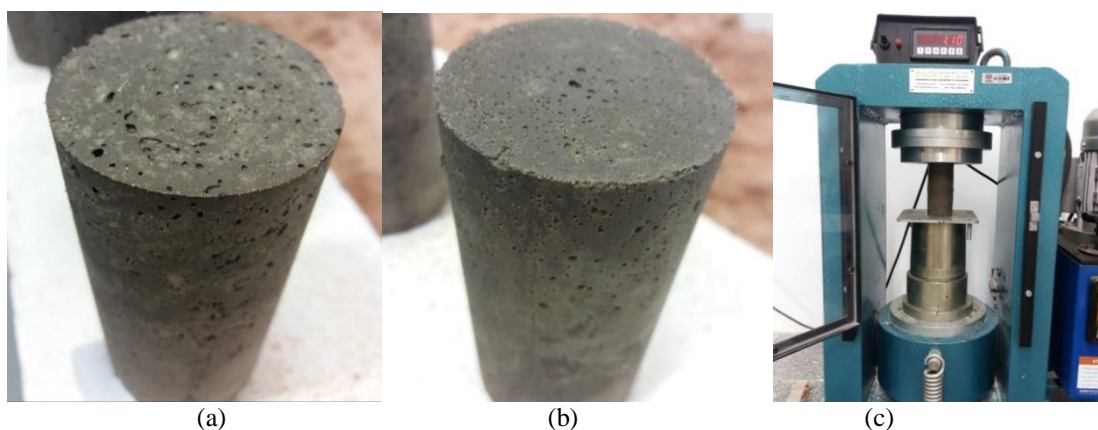
Fonte: Adaptado de Santos (2013)

Na segunda tentativa, os resultados encontrados e aplicados na fórmula indicaram que a areia possuía um teor de absorção de 0,5% ou seja, com relação à sua massa inicial, ela absorveu meio por cento para chegar ao seu estado saturado. Já o agregado de sarnambi apresentou um teor de absorção de 4,2%. Embora esse tenha sido o valor encontrado, podem ser feitos mais estudos quanto a isso, para saber se está havendo perda de massa de outras substâncias também e por isso se chegou a esse teor.

4.4 Resistência à compressão

Quando se fala de concreto e argamassa, um parâmetro importante que deve ser analisado é a resistência que ele possui quando exposto a um esforço de compressão. Quanto a isso, a presente pesquisa se baseou na NBR 7215:2019 (ABNT, 2019) para seguir os procedimentos experimentais e assim determinar o valor desse parâmetro, a norma solicita quatro corpos de prova por idade e a média dos valores representa a resistência à compressão na idade. Para efeito de comparação, foram feitos quatro corpos de prova de sarnambi triturado, substituindo totalmente a areia em mesma quantidade e quatro utilizando areia. O traço especificado na norma para argamassas foi o de 1:3 no qual o fator água/cimento mínimo era de 0,48. Porém, como a trabalhabilidade no experimento ficou ruim, o fator água/cimento utilizado foi de 0,68. Com três dias após a confecção dos corpos de prova eles foram retirados da água onde estavam em cura para o rompimento na prensa. Acabamentos dos corpos de prova e o momento de rompimento do mesmo (Figura 3).

Figura 3 – Compressão: (a) CP de sarnambi; (b) CP de areia; (c) Rompimento



Os resultados obtidos no experimento à compressão se encontram abaixo, a qual apresenta os resultados dos CP de cada material e a média dos valores (Tabela 2):

Tabela 2 – Resultados a compressão de areia e sarnambi triturado

	Areia	Sarnambi triturado
Corpo de Prova	Resistência (MPa)	Resistência (MPa)
1°	1,111	1,274
2°	1,261	1,324
3°	1,224	1,373
4°	1,398	1,161
MÉDIA:	1,249	1,283
Desvio Padrão:	0,102	0,078
Coefficiente de Variação:	8,2%	6,1%

Com os resultados apresentados acima, nota-se que os corpos de prova feitos com argamassa utilizando como agregado o sarnambi triturado obteve os melhores resultados para o experimento à compressão. A média dos resultados para o agregado de sarnambi obteve um valor de 1,283 MPa, enquanto que o que foi utilizado areia obteve o resultado de 1,249 MPa, significando uma resistência aproximadamente 3% maior. É válido observar que dentre os quatro resultados estudados, os CP feitos de sarnambi mantiveram uma melhor regularidade nos valores, tendo um coeficiente de variação menor com um índice de 6,1% enquanto que o de areia foi de 8,2%. Fazendo uma comparação com o estudo de Malta (2014), que utilizou resíduo de construção e demolição como agregado na fabricação de argamassa e duas porcentagens de substituição, 25% e 50%, o resultado encontrado foi de que em todas as idades e nos dois teores de substituição, a utilização de RCD reduziu a resistência à compressão da argamassa.

5. CONCLUSÕES

O tema de reutilização dos resíduos sólidos deve sempre continuar sendo debatido e cada vez mais surgirem mais estudos que apresentem soluções para esse problema, contribuindo com novas técnicas e tecnologias que melhorem a gestão de resíduos em empresas e municípios. Praticamente todo sólido que é gerado em uma atividade humana, tem um grande potencial para ser usado como

agregado, e se for usado dessa forma, grande parte é absorvida pela construção civil para uma reutilização, agregando valor, redução de custos e benefícios ao meio ambiente.

O objeto do presente estudo mostrou-se com potencial para ser utilizado na construção civil como alternativa de reutilização. Sobre o método utilizado para britagem ficou evidente que não foi suficiente para alcançar uma granulometria próxima à da areia, pois os tamanhos dos grãos ficaram grandes, dessa forma não sendo aconselhado a aplicação em superfície de acabamento. O resultado obtido em massa específica, mostra que o agregado de sarnambi é um material mais denso e pesado que a areia, mas se for considerado os vazios presente entre os grãos, a areia se torna mais pesada. Com relação à absorção, a areia possui uma taxa menor que o agregado de sarnambi, quanto a isso, é possível afirmar que o consumo de água para fabricação de argamassa será maior se utilizar como agregado o sarnambi triturado, não sendo um material recomendado em locais com pouca disponibilidade de água. E por fim, a influência na resistência à compressão, a argamassa feita de cimento, água e sarnambi triturado, teve um desempenho um pouco superior e apresentou menos variação nos resultados com relação à argamassa feita com areia natural. Dessa forma, podemos concluir que o agregado miúdo de sarnambi triturado não diminui a resistência da argamassa podendo ser utilizada para o mesmo fim. Analisando todos os resultados apresentados nesse trabalho, vemos que o objeto de estudo pode ser utilizado em algumas situações, e em outras não seria muito aconselhável, dependendo assim do entendimento do projetista quanto à sua utilização, podendo ser usado em construções de casas como vedação de alvenaria, calçada entre outros, o que leva a diminuir os custos com obra, e também serve como alternativa para utilização nas empresas e construtoras como forma de ajudar o meio ambiente, e gerar mais empregos e redução de custos.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 45: Agregados – Determinação de massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 30: Agregado miúdo – Determinação de absorção de água**. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações**. Rio de Janeiro, 2009b.
- ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande-PB; um olhar fotográfico. In. SANTOS, J. P. de O.; SILVA, R. C. P. da; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G. (Org.) **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 104-120, 2018.
- BARROS, L. K. V.; ARAÚJO, N. A.; GERUDE NETO, O. J. A.; RIBEIRO, C. H. N.; PINHEIRO, N. C. A. Os desafios da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma análise do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Paço do Lumiar/MA, Brasil. **Revista Ceuma Perspectivas**, v.30, n. 2, p. 102. 2017

BIGOLIN, M. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CHIERIGHINI, D.; BRIDI, R.; ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. Possibilidades do uso das conchas de moluscos. In: International Workshop Advances In Cleaner Production, 3., 2011, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 2011, p. 1-5.

CORDEIRO, L. N. P. **Análise dos parâmetros principais que regem a variabilidade dos concretos produzidos com agregado graúdo reciclado de concreto (AGRC)**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

D'AGOSTINI, L.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. Utilização de resíduos de rochas ornamentais produção de concreto. In: JORNADA CIENTÍFICA CETEM/MCTIC, 14., 2016, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IFES, 2016, p. 166-170.

FROTTÉ, C.; DI NUBILA, C. S. A.; NAGALLI, A.; MAZER, W.; MACIOSKI, G.; OLIVEIRA, L. O. S. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD. **Revista Matéria**, v. 22, n. 2, 2017.

GALÁN-ARBOLEDAS, R. J.; DIEGO, J. A.; DONDI, M.; BUENO, S. Energy, environmental and technical assessment for the incorporation of EAF stainless steel slag in ceramic building materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p.1778-1778, 2017.

GAUDÊNCIO, H. R. S. C.; ENÉAS, A. P. S.; NASCIMENTO, L. L. S.; SOUSA, D. M. M. Gerenciamento de Resíduos Sólidos: estudo de caso em uma associação de catadores na cidade de Mossoró – RN. **Ambiência**, v. 11, n. 3, p. 685-698, 2015.

GOMES, P. C. C.; PEREIRA, F. A.; UCHÔA, S. B. B.; OLIVEIRA, F. C.; ALMEIDA, L. H. Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Revista ANTAC**, v. 17, n. 3, p. 267-280, 2017.

MALTA, J. O.; SILVEIRA, V. S.; GONÇALVES, J. P.; TOLEDO FILHO, R. D. Influência da pré-saturação do agregado miúdo reciclado na viscosidade e resistência à compressão de argamassas. **Revista ANTAC**, v. 14, n. 1, p. 85-98, 2014.

MARCHI, C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão de saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 1, p. 91-105, 2015.

MEDEIROS, J. H. D.; PINTO, I. C. M. S.; FERREIRA, R. L. S.; MOREIRA, A. B. Diagnóstico do uso do pó de pedra em argamassas: caso do município de Caicó – RN. In: AGUIAR, A. C. de; SILVA, K. A. da; EL-DEIR, S. G. (Org.) **Resíduos Sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 398-408, 2019.

OLIVEIRA, G. B.; REIS, L. M. M. Gestão de resíduos sólidos da construção civil: algumas propostas de uma empresa de Natal - RN. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. de; EL-DEIR, S. G. (Org.) **Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, p. 334-346, 2017.

PACHECO-TORGAL, F. Criação de startups de alta tecnologia para ambientes construídos com eficiência energética. **Revisões de Energia Renovável e Sustentável**, v. 71, p.618-629, 2017.

RIBEIRO, A. G.; FRANCISCO, W. C. **O litoral do Brasil**. Disponível em: < <https://escolakids.com.br/>

uol.com.br/geografia/o-litoral-do-brasil.htm>. Acesso em: 04 maio 2019.

SANTOS, A. **Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental: o caso de Feira de Santana – BA.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DINÂMICA TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 7., 2015. *Anais...* Salvador: UCSAL, 2015, p. 1-20.

SANTOS, D. O. J.; FONTES, C. M. A.; LIMA, P. R. L. Uso de agregado miúdo reciclado em matrizes cimentícias para compósitos reforçados com fibras de sisal. **Revista Matéria**, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2017.

SANTOS, L. A. A. **Problemática e perspectivas dos resíduos sólidos das conchas de mariscos originados da atividade de mariscagem das comunidades tradicionais de Salinas da Margarida – BA.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SILVA, G. D.; BICALHO, S. F.; OLIVEIRA, M. S. C. Reaproveitamento de resíduos da Construção Civil em um empreendimento na região Sudeste da Bahia. In: SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de O.; MELLO, D. P. de; EL-DELR, S. G.(Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular.** 1. ed. Recife: EDUFRPE, p. 443-455, 2018.

SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; DE ANGELIS NETO, G.; DE ANGELIS, B. L. D.; MIOTTO, J. L. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, p. 39-48, 2015.

SOUZA, D. Pesquisas Inéditas Sobre Reprodução e Crescimento de Moluscos Bivalves no Maranhão. **UEMA Notícias**, São Luís, ano 16, n. 82, nov./dez., 2016. Engenharias, p. 8.

YACOUT, D. M. M.; HASSOUNA, M. S. Identifying potential environmental impacts of waste handling strategies in textile industry. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 8, p.1-13, 2016.

5.4 OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE SABÃO ARTESANAL A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA

PEREIRA, João Victor Procópio de Souza

Universidade Federal de Pernambuco
victor.345@hotmail.com

LINS, Gleidson

Universidade Federal de Pernambuco
gleidson.lins.gl@gmail.com

SILVA, Paulo Roberto de Freitas

Universidade Federal de Pernambuco
paullushans@hotmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima

Universidade Federal de Pernambuco
apclima@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem como foco o melhoramento de um método para produção de sabão artesanal, através da reciclagem do óleo de fritura (óleo de cozinha) com as seguintes características e vantagens: viável para utilização caseira, produção de forma rápida, baixo custo, preparado com utensílios de uso doméstico ou reutilizáveis, e que se encaixe no cotidiano das pessoas. A ideia foi trabalhar com quantidades de óleo de frituras descartadas durante o uso cotidiano e que os mesmos pudessem ser acondicionados em intervalos que não passassem de um mês, com a intensão de que os volumes de óleo acumulados não chegassem a ser grandes. Para isso, foi feito uso de um método encontrado na internet, de fácil acesso para qualquer usuário, no qual foram adaptadas as quantidades de reagentes, criando cinco adaptações do método (variando dosagem de base, retirando ou acrescentando reagentes para tentar ajustar o pH do sabão) para adequar o produto e possa ser usado de forma doméstica. Com isso, pretende-se motivar a população a não dispensar de forma indevida o seu óleo (gerado em frituras), e como consequência ainda resulta na aquisição de um sabão e na redução da poluição ambiental. Esta prática além de ter um potencial econômico de comercialização ainda gera a contribuição para o desenvolvimento sustentável através da reciclagem do óleo. No entanto, os resultados não foram satisfatórios para uso doméstico. Observou-se que a quantidade soda cáustica sugerida na literatura se mostrou exagerada, tornando o sabão produzido potencialmente perigoso para qualquer tipo de uso; os métodos adaptados apresentaram sabões de boa consistência e aparência visual, porém com resíduos de óleo e/ou alcalinidade ainda muito elevada.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Meio ambiente, Preservação.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente nos oferece muitos benefícios: produtos naturais, alimentos, água, luz e acima de tudo gás oxigênio, primordial a vida. Para que isso tenha continuidade é necessário preservá-lo e contribuir positivamente com o mesmo. Em outras palavras é uma troca benéfica entre o meio ambiente e os seres humanos e isso pode ser resumido em uma única palavra: sustentabilidade. A sustentabilidade é caracterizada pela promoção da exploração de áreas ou o uso de recursos naturais ou não, de forma a prejudicar o menos possível o equilíbrio entre o meio ambiente e as comunidades humanas e toda a biosfera que dele dependem para existir. Um dos aspectos que definem bem o termo sustentabilidade é a reciclagem, visto que envolve a economia, evita desperdício e ainda envolve a questão social. No âmbito da reciclagem, a reutilização do óleo de cozinha pós-consumo na produção do sabão, pode ser citada como uma atitude sustentável, tendo em vista o reaproveitamento do óleo, evitando jogá-lo em pias ou terrenos baldios, já que 1 litro de óleo jogado de forma indevida pode poluir aproximadamente 25 mil litros de água ou engordurar e obstruir canos e ralos (SOARES, 2016).

Diariamente as pessoas jogam óleo de cozinha nas pias ou ralos após uso, até o fazem de forma inconsciente por também não terem um sistema apropriado para coletar esses óleos usados, fazendo com que sejam despejados em áreas indevidas. Esse mesmo óleo descartado, por ter uma densidade menor que a da água, acaba ficando sobre a superfície da água impedindo a entrada de luz e oxigênio para a fauna e flora. Além disso, o óleo descartado nos ralos das pias pode formar crostas nas paredes dos canos junto com a sujeira presente. Ocasionalmente o uso de soda cáustica para desentupir, agravando o problema e atingindo rios e estações de tratamento (SANTOS et al., 2016).

De acordo com Nelson Mandela, a educação é o instrumento com maior potencial transformador da sociedade (GOMES, 2017), sendo uma ferramenta incapaz de garantir a segurança ambiental para as futuras gerações, catalisando a mudança comportamental dos indivíduos e, por conseguinte, modificando a maneira como o ser humano se relaciona com o meio ambiente. Assim, a educação ambiental pode ser vista como um meio seguro de se implantar o ideal transformador nos indivíduos e, por conseguinte, promover a conscientização necessária para garantir esse direito assegurado pela própria Constituição do Brasil (CARDOSO, 2017).

A reutilização de sobras de óleo utilizadas na fritura de alimentos é uma alternativa para produção de “sabão ecológico”, um produto que não causa biodegradação ambiental, que consegue ser decomposto por bactérias depois de usado (LIMA et al. 2014). A produção do sabão a partir do óleo de cozinha pós-fritura é uma alternativa sustentável que pode ser executada em todo e qualquer território englobando consciência ambiental e um pouco de conhecimento em química. Podendo ambos serem trabalhados conjuntamente como uma metodologia alternativa e dinâmica (SOARES, 2016).

O reuso de óleos reciclados vai muito além do que se tem ideia. De acordo com Pasqualetto (2018), parte do óleo vegetal residual oriundo do consumo humano é destinado a fabricação de sabões e, em menor volume, à produção de biodiesel. A produção de um biocombustível a partir deste resíduo traz inúmeros benefícios para a sociedade, pois existe uma diminuição de vários problemas relacionados ao seu descarte, sendo que, além destes benefícios, ainda haveria a possibilidade de aumentar a produção e a utilização de biocombustível, como no caso o biodiesel, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, poluição da água e contribuindo com o meio ambiente.

Existem várias receitas em diversos sites na internet, mas nem sempre variedade é algo que ajude. Entre todas essas receitas, muitas não estão otimizadas para um uso mais prático e doméstico, usam uma quantidade de material muito grande resultando em grandes quantidades de produto. Como a maioria das pessoas são leigas no assunto e de baixo poder de aquisição dos materiais,

acabam optando por não fazer o reuso do óleo para produzir sabão. Existe o pensamento de que não há como se fazer uma grande quantidade de sabão para um uso doméstico, tanto pela necessidade de uma quantidade de reagentes, o volume alto de óleo que tem que ser acumulado, quanto pelo investimento financeiro. A maioria das receitas visam as grandes quantidades pois assim é de mais fácil comercialização, afinal o processo será repetido menos vezes. Então é válido admitir que as várias receitas na internet, em geral, são voltadas a produção e venda de um sabão artesanal e que muitas vezes não é dada a importância para o principal fato da produção desse tipo de sabão, a reciclagem do óleo de cozinha. A compra de novos materiais, para o preparo do sabão, gera mais uma dificuldade. A proposta mais conveniente é que sejam utilizados materiais já utilizados para limpeza doméstica, no preparo de alimentos, ou qualquer um que seja de uso rotineiro nos domicílios e sem a necessidade de volumes exagerados para produção de sabão. Na maioria dos sites, não há qualquer tipo de incentivos à reciclagem do óleo de frituras, apenas disponibilizam as receitas para obter cliques de pessoas que queiram produzir e vender o próprio sabão. No entanto, seria uma lição muito mais valiosa repassar a questão ambiental por trás da reciclagem do óleo, como também seriam de maior alcance disponibilizar receitas mais fáceis e que não demandem muito material e baixo custo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características de um sabão, produzido a partir de óleo vegetal residual, cujo procedimento experimental está veiculado nas redes sociais. A partir dos resultados obtidos, realizar adaptações ao método para obtenção de um sabão de qualidade esperada para uso doméstico, de baixo custo, de boa aparência e que o reuso de resíduo de óleo domiciliar possa ser utilizado para atingir a conscientização da população sobre a responsabilidade coletiva com o meio ambiente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Lei n 12.302/2010 sobre Política Nacional dos Resíduos sólidos, verificou-se que: são considerados resíduos sólidos qualquer material, substância, objeto ou bem descartados oriundos de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe a proceder ou está obrigada a proceder nos estados sólidos ou semissólidos. Gases em recipientes também se incluem (BRASIL, 2010). Resíduo pode ser considerado qualquer material que sobra após uma ação ou processo produtivo. Diversos tipos de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) são gerados nos processos de extração de recursos naturais, nos processos de transformação, de fabricação ou no próprio consumo de produtos e serviços. Esses resíduos passam a ser descartados e acumulados no meio ambiente e não causam somente problemas de poluição, mas mostram o tamanho do desperdício da matéria orgânica originalmente utilizada (OLIVEIRA, 2018). A Organização Mundial da Saúde (OMS) define os resíduos sólidos como qualquer material que não possui valor comercial. Partindo desse pressuposto, pode-se dizer que nenhum resíduo teria outra destinação a não ser o aterro sanitário. Considerar o resíduo não como algo que seja descartado, mas sim como uma matéria-prima já pode pensar de forma diferente e ver que esse resíduo poderá ter outra utilização ou função. Portanto, apenas aquele que realmente não tiver nenhuma condição de se reintegrar em alguma cadeia produtiva, será considerado rejeito (OLIVEIRA, 2018).

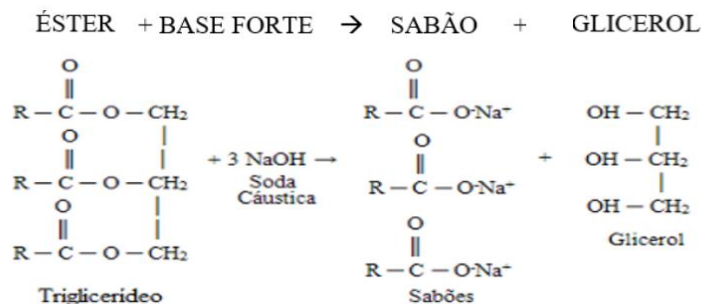
O óleo é um dos itens que não pode faltar na mesa do brasileiro, sendo consumido de forma já refinado e presente na composição de vários tipos de alimentos. Sendo de muita importância no preparo de alimentos como frituras, que é onde se obtém óleo residual. No Brasil, os óleos mais encontrados nos supermercados são feitos à base das sementes de soja, amendoim, girassol, milho, algodão e arroz, sem contar com o inconfundível azeite de oliva, produzido a partir do caroço da azeitona. Cada uma das sementes empresta características diferentes ao produto. A diferença mais marcante, no entanto, diz respeito ao tipo de saturação presente nas cadeias de ácidos graxos dos óleos. Os óleos de soja, de girassol e de milho, por exemplo, apresentam maior quantidade de ácidos graxos poli-insaturados. Tais gorduras reduzem tanto o colesterol, conhecido como colesterol ruim, como o colesterol bom (KOTZ, 2012) e seus resíduos podem ser utilizados para reciclagem.

Glicerídeos e não-glicerídeos são substâncias que podem ser encontrados nos óleos. Os glicerídeos são os produtos da reação de uma molécula de glicerol com até 3 moléculas de ácidos graxos (MORETTO; FETT, 1989). Enquanto que os não-glicerídeos, são encontrados em pequenas quantidades em óleos e gorduras. Sendo muitas removidas na refinação, e as que ficam podendo afetar as características das gorduras devido ao seu efeito pró ou antioxidante, ser fortemente odorífera, altamente colorida (MORETTO; FETT, 1989), podendo vir a interferir na qualidade dos sabões.

A maior parte das pessoas que fazem uso de óleo vegetal nos processos de fritura não tem informação sobre os malefícios que podem causar ao meio ambiente. Em alguns dos casos, não destinam devidamente o óleo produzido para a reciclagem e despejam diretamente no lixo (SPINELLI; ROCHA FILHO; SILVA, 2016). O sabão é um tensoativo que devido as suas propriedades químicas é usado, em conjunto com água, para efetuar determinada limpeza. Possui formas variadas, desde barras sólidas até líquidos viscosos e em pó. É um produto com várias aplicações como extração de gordura, utilização de higiene pessoal e geral, tendo sua devida importância a nível econômico e social (PINTO et al., 2012). Este tensoativo é sintetizado pela reação de saponificação, chamada também de hidrólise alcalina.

Normalmente a base utilizada é o hidróxido de sódio (NaOH ou soda cáustica), e durante a saponificação ocorre uma reação exotérmica com a liberação de energia, em forma de calor. O sabão feito com base de sódio apresenta-se como mais sólido e com características que o tornam menos solúveis (PINTO et al., 2012). A reação de saponificação (Figura 1) ocorre pela mistura de um ácido graxo presente em óleos e gorduras com uma base de forte aquecimento (hidróxido ou carbonato de sódio) na presença de água (ALLINGER, 1976).

Figura 1. Reação de saponificação.



Fonte: Manual da Química (2019).

Hidróxido de sódio, ou soda cáustica, é um sólido branco, muito higroscópico, inorgânico, comercializado na forma escamas, pó, lentilhas, pérolas e micropérolas (SILVA, 2012). De acordo com Corsi et al. (2000) acidentes domésticos envolvendo esse tipo de agente químico correspondem a maioria dos casos, sendo a soda cáustica o principal agente citado na maioria dos casos. Principalmente, porque a maioria das pessoas não possuem informações sobre seus efeitos ou desobediência quanto as instruções de segurança destes produtos. A soda cáustica é uma base forte, pode causar danos severos a quem entre em contato com ela por conta do seu alto poder corrosivo. Em contato com os olhos ou com a pele pode causar queimaduras graves, podendo causar até cegueira em caso de contato com os olhos e queimadura grave na pele. Se ingerida pode abrir buracos através do sistema digestório do indivíduo, e se seus vapores forem inalados acarreta danos ao seu sistema respiratório dependendo da severidade da exposição. Em casos extremos isso pode levar até mesmo a morte (CM CENTER, 2018).

A produção de sabão caseiro de forma artesanal tem se tornado uma prática comum, tendo como benefícios proteção ao meio ambiente e redução de gastos com produtos de limpeza, porém também tem mostrado falhas quanto a segurança no manuseio e procedimentos incorretos

(CAOBIANCO, 2015). Essa produção apresenta riscos pela alta alcalinidade do sabão, que não é totalmente consumida, causando efeitos sobre o corpo de quem usar, caso o pH não seja controlado durante o processo. Tudo acentua os cuidados que devem ser tomados e muitas vezes um leigo não sabe exatamente como ter tais cuidados. Isso retorna ao fato de que as receitas disponíveis, em sua maioria, não são tão aplicáveis para um uso mais caseiro, sem uma pretensão de comercialização. De acordo com Ucko (1992) o pH expressa a medida de íons H_3O^+ em uma solução. Os valores variam dentro de uma escala usual de 0 a 14, sendo 7 o ponto médio da escala. Em pH 7, a concentração de íons livres H^+ e OH^- é exatamente a mesma, indicando que o pH da solução é neutra (RAVEN et al., 2001). A acidez e a basicidade ou alcalinidade de uma solução dependem da concentração de íons H^+ liberados pelo ácido e de OH^- liberado pelas bases na água. Quando as concentrações destes íons não forem iguais, a solução tenderá a ser básica ou ácida (UCKO, 1992).

Normalmente o sal produzido pela reação de saponificação possui característica básica, pois é derivado entre a reação de uma base forte (NaOH) e um ácido fraco (ácido graxo). Os sabões alcalinos removem melhor a sujidade do que os neutros, devido às interações com as moléculas de sujeira. Porém a alcalinidade excessiva pode deixar o sabão impróprio para utilização, tornando sua ação cáustica (NETO; DEL PINO, 1997). A molécula do sabão possui uma extremidade carboxílica polar, hidrofílica e outra extremidade hidrocarbônica que é apolar, solúvel em óleos, permitindo que os sabões dispersem pequenos glóbulos de óleo em água, tendo eficiência na limpeza. Isso faz com que se liguem às moléculas não polares (gordura ou óleo) e polares (água). Isso facilita a retirada de moléculas de gorduras em roupas ou pele na hora do enxague. A parte hidrocarbônica dissolve as sujeiras e óleos, e a porção ionizada o solubiliza na água, permitindo a retirada de sujeiras em forma de emulsão. O sabão também é tensoativo, reduzindo a tensão superficial da água, proporcionando melhor aderência às superfícies (DANTAS FILHO; SILVA; COSTA., 2017).

O sabão produzido a partir do óleo reciclado é menos agressivo para o meio ambiente, visto que sua origem é orgânica se decompondo com mais facilidade (TIEGHI, 2012). De acordo com Moraes et al. (2018), em receitas de sabões encontradas de forma acessível, temos como um dos principais problemas o exagero, das pessoas, na quantidade de sal carboxílico, que de acordo com o raciocínio empírico tornaria o produto final mais efetivo. A maioria das receitas populares leva um excesso de soda cáustica, a substância é prejudicial à saúde devido suas propriedades corrosivas e desidratantes, sendo muito agressiva à pele, podendo causar rachaduras e até hipersensibilidade e inflamações. O excesso de soda pode destruir os tecidos e roupas durante a lavagem, diminuindo sua vida útil (TESCAROLLO, 2015). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), na resolução de nº 59, define que produto saneante é uma substância ou preparação destinada à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes, com finalidade de limpeza e afins, desinfecção, desinfestação, sanitização, desodorização e odorização, além de desinfecção de água para o consumo humano, hortifrutícolas e piscinas. E dentre outros aspectos, particularmente com relação ao pH, classifica quanto ao risco, Art. 16, como: produtos saneantes de risco 1 quando o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C (vinte e cinco graus Celsius), seja maior que 2 ou menor que 11,5; e produtos saneantes de risco 2 quando o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25° C (vinte e cinco graus Celsius), seja igual ou menor que 2 ou igual ou maior que 11,5 (ANVISA, 2010).

O pH da pele vai se modificando desde quando nasce, quando é neutro, até a fase adulta, variando de 3 a 5 prevalecendo valores maiores nas axilas, região gênito anal e interdigital. O uso de um sabão convencional torna a pele do corpo mais alcalina, enquanto o de um sabão ácido pode diminuir o pH cutâneo (KORTING; BRAUN-FALCO, 1996 apud VOLOCHTCHUK et al. 2000). O uso constante de sabões alcalinos pode interferir na fisiologia do pH cutâneo causando desidratação seguida de rachaduras, e irritação. O sabão com pH levemente ácido causa menos interferência cutânea pois seus valores assemelham com o pH da pele de um adulto. Já os sabões neutros podem ser usados para banho, pois não tem ação sobre a pele (VOLOCHTCHUK et al. 2000).

3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química Industrial, da Universidade Federal de Pernambuco, pelos alunos da disciplina de Gestão de Resíduos Químicos, do curso de Química Industrial. O óleo coletado foi originado de frituras domésticas. O conteúdo sobre gestão de resíduos de óleo foi abordado de forma dinâmica e os alunos definiram o roteiro experimental através de uma consulta na internet. Após a definição do método a ser utilizado, as etapas de melhorias e adaptações (cinco) foram sendo formuladas em função do resultado obtido pelo experimento que os mesmos realizavam semanalmente. Foram realizadas várias adaptações de forma a melhorar um método já existente em um site cotidiano (<https://www.dicasdemulher.com.br/sabao-caseiro/amp/>). A ideia inicial é que o sabão produzido seja fácil de ser replicado, tendo em vista a disseminação da reciclagem do óleo de fritura.

Esse trabalho foi feito em 6 etapas, onde na primeira testou-se o método da literatura, adequando apenas as proporções em 1/7,5 (obtendo-se o volume inicial de 100mL do óleo). Após a observação dos resultados, do procedimento sugerido pelo “site”, um novo procedimento foi testado com a finalidade de promover a melhoria do método. Os procedimentos sucessivos foram nomeados de adaptado 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Todos os reagentes utilizados foram de pureza comercial (soda cáustica, bicarbonato de sódio e vinagre), para que o sabão possa ser reproduzido ao nível domiciliar, e o óleo foi filtrado em um pano antes de ser utilizado. Por se tratar de uma disciplina de Gestão de Resíduos Químicos, foram utilizados recipientes alternativos (copos descartáveis, tampinhas e garrafas PET), devidamente aferidos, para as medidas de volumes. Como observação de segurança, a dissolução da soda foi realizada em recipiente de vidro, por se tratar de uma reação exotérmica e que poderia provocar a deformação dos acessórios de PET. Esta prática teve a motivação de trabalhar, além da conscientização com relação aos resíduos de óleo e outros resíduos sólidos, também gerar recursos para fabricação do sabão com material de fácil acesso nos domicílios.

Depois de adotada a metodologia, seguiu-se com a produção do sabão. Na proveta, foi medido 100 mL de óleo e 10 mL de detergente neutro. Adicionou-se o óleo e o detergente (diluído ~50% de água) a um recipiente grande o suficiente, e essa mistura foi homogeneizada lentamente com um bastão de madeira. A massa de soda cáustica (33 g), foi pesada e misturada pouco a pouco na mistura do óleo e detergente, sempre mexendo muito. Em 26 mL de água gelada foi dissolvido os 3 g de bicarbonato (NaHCO_3). Logo em seguida esta solução de bicarbonato também foi adicionada à mistura contendo os demais ingredientes. Como houve dificuldade em dissolver a soda cáustica, mais 7 mL de água gelada foram adicionados até total dissolução. Toda mistura, já homogeneizada, foi transferida para uma garrafa PET de 500 mL (depois tampada), onde permaneceu por uma semana. O pH foi aferido (após uma semana) com fita universal e foram observadas as características do sabão formado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discriminação dos reagentes e do tempo de preparo dos sabões estão elencadas a seguir (Tabela 1).

Tabela 1. Relação entre os procedimentos experimentais, para preparação de sabão artesanal feito com óleo de fritura, as proporções de reagentes e o tempo de preparo.

	Óleo (mL)	NaOH (g)	Detergente (mL)	Água gelada (mL)	NaHCO_3 (g)	Vinagre (mL)	Tempo (min)
Site*	100	33	10	33	3	0	80
Adaptado 1	100	18,5	20	43	3	0	20
Adaptado 2	100	25	20	40	3	0	20
Adaptado 3	100	25	20	40	3	20	20
Adaptado 4	100	25	20	40	0	20	20
Adaptado 5	100	12,8	8**	30	0	20	20

* os valores representam a fração de 1/7,5 do descrito na literatura (site).

** foi utilizado detergente concentrado.

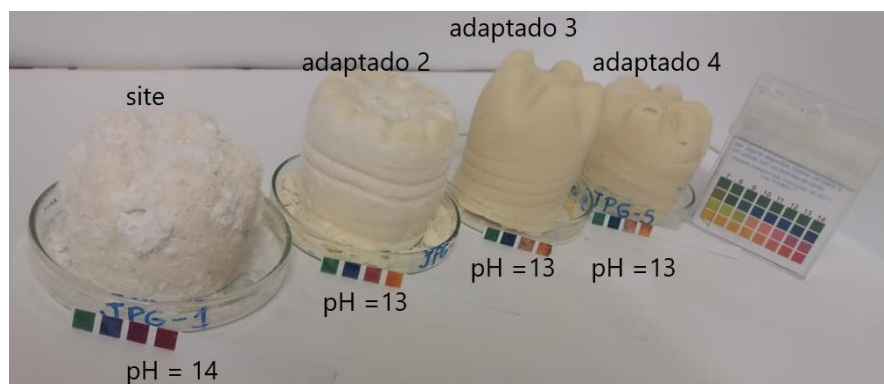
Foram fabricados seis tipos de sabão (Figura 2) durante este trabalho. As variações nas dosagens e nos reagentes utilizados foram uma forma de adequar, o método veiculado na literatura (site), para um método simples e baratos de fabricação de sabões, bem como de buscar uma forma de que o mesmo pudesse ser utilizado para fins domésticos.

Figura 2. Sabão fabricado a partir de óleo de fritura doméstica, seguindo procedimento de site e adaptado por cinco novos roteiros.



Foi verificado que o sabão reproduzido pelo roteiro do site e as adaptações 2, 3 e 4 apresentaram pH entre 13 e 14, considerado alto (Figura 3). O aumento no pH é justificado pelo excesso de soda (NaOH) que pôde ser observada pela formação de cristais brancos brilhantes de NaOH na superfície dos sabões do site e adaptado 2 e 4. O sabão adaptado 3 não mostrou a formação dos cristais, porém apresentou manchas brancas em sua superfície, indicando que a soda ainda não se encontrava em teor adequado para utilização doméstica. De acordo com os padrões determinados pela ANVISA, estes sabões estariam classificados como produtos saneantes de risco 2, e representam um poder de abrasão muito alto em contato com a pele (ANVISA, 2010; VOLOCHTCHUK et al., 2000).

Figura 3: Observação de pH, de sabão fabricado a partir de óleo de fritura doméstica, seguindo procedimento de site e adaptados por três novas rotas de produção.



O sabão obtido a partir do método da literatura, mostrou um nível de pH muito alto, podemos aferir a alta concentração de soda cáustica, de acordo com o expresso por Caobianco (2015) e Moraes et al. (2018) existe uma falha com relação ao teor de soda, o que afetaria a segurança durante o manuseio e inviabilizando o uso deste sabão. Se considerarmos que as receitas disponibilizadas na internet são voltadas à produção de uma quantidade bem maior de sabão, pode ser que o fracionamento das medidas tenha ocasionado erros, então o melhor modo de reproduzir em menor escala seria realizando cálculos estequiométricos para obter as quantidades certas de reagentes a serem usadas, mas como esse trabalho foi feito com foco das pessoas não precisariam ter este

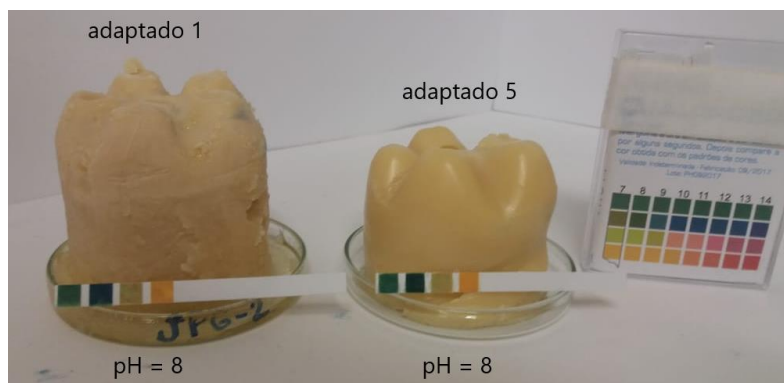
entendimento, tais cálculos não foram realizados. Além da alta basicidade, esse método apresentado no site, se mostrou muito demorado.

Para conseguir dissolver e homogeneizar toda a soda foram necessários cerca de 80 minutos mexendo, tempo inviável e dificilmente uma pessoa irá conseguir introduzir esse método em seu cotidiano. Esse excesso de tempo foi resultante da dificuldade de dissolução das escamas da soda cáustica dentro da mistura do óleo. A solubilização e recristalização exagerada, no sabão do site, também foi proveniente da dificuldade nesta dissolução. Para os procedimentos adaptados, a soda foi dissolvida na água antes de ser inserida na solução oleosa, isto reduziu o tempo de síntese para 20 minutos e a homogeneização foi mais fácil.

Mesmo com o benefício da proteção ao meio ambiente (TIEGHI, 2012), reduzindo-se o descarte indevido de óleos de fritura, o risco da alta alcalinidade gerada pelo excesso de base não reagente pode causar efeitos deletérios tanto a pessoa quanto ao ambiente, quando este sabão for utilizado (CAOBIANCO, 2015; NETO; DEL PINO, 1997; TESCAROLLO, 2015). Dito isto, adaptações que regulem este problema são necessárias para que a produção de sabão caseiro seja realizada mantendo a segurança no preparo e no manuseio do sabão. Para estes sabões, a consistência sólida foi bem acentuada e a aparência dos adaptados 3 e 4 foi muito boa. Esta solidez está diretamente ligada ao excesso da soda, visto que o sabão feito com base sódio apresenta-se como mais sólido e com características que o tornam menos solúveis (PINTO et al., 2012). Isso retorna ao fato de que algumas receitas disponíveis, em literaturas populares (site), não são tão aplicáveis para um uso mais caseiro e precisam ser cumpridos alguns critérios de segurança e cautela durante sua escolha e uso do produto gerado.

O sabão produzido pelo método adaptado 3, apresentou consistência e textura próxima ao que seria um produto mais fácil de disseminar entre as pessoas, porém apresentou um cheiro característico (de soda) muito forte, chegando a ser desagradável, dificilmente faria com que o público alvo se motivasse a utilizá-lo. Mesmo com a adição do vinagre, no intuito de regular o pH, sabão preparado pelo método adaptado 4 não apresentou uma redução de pH a ponto de torná-lo utilizável, mostrando que a quantidade soda cáustica continuava elevada, precisando de novos ajustes no método. Apresentou uma boa consistência, estava bem macio e o cheiro e aparência se adequaram mais a um sabão agradável em relação aos outros deste grupo de pH elevado. Os sabões produzidos pelas adaptações 1 e 5 apresentaram pH 8, considerado adequado (VOLOCHTCHUK et al., 2000) para uso doméstico (Figura 4).

Figura 4. Observação de pH, de sabão fabricado a partir de óleo de fritura doméstica, seguindo procedimentos adaptados por duas novas rotas de produção.



O sabão do método adaptado 1 apresentou três fases, que foram separadas, uma sólida e duas líquidas. Entre as duas líquidas, a primeira era densa assim como um sabão líquido e a segunda era oleosa, portanto, seria parte do óleo que não reagiu, devido a quantidade inferior de soda usada nesse segundo teste. Como no teste anterior o pH estava muito alto, a fim de diminuí-lo, houve a diminuição de soda utilizada, e para agilizar o processo, a soda foi dissolvida de forma prévia na

água, levando cerca de 20 minutos para que todo o processo fosse concluído. A menor quantidade de soda fez com que parte do óleo não fosse consumido no processo, e junto com a quantidade de água a mais utilizada, também gerou um sabão líquido. Isso tornou um sabão de uso não muito agradável, além de ter um aspecto não muito atrativo a quem possa se interessar por produzir sabão através da reciclagem do óleo de fritura, pois as pessoas que vão se utilizar desses métodos querem apenas produzir um sabão caseiro de forma rápida e fácil, sem uma necessidade maior de fazer acabamentos nele, como ter que separar o óleo do sabão. Dessa forma, um sabão que gere um produto em três fases, sendo uma delas oleosa, não se encaixa no produto ideal para que as pessoas possam se manter reciclando o óleo de fritura.

A parte sólida do sabão do método adaptado 1 (Figura 4) apresentou uma rigidez melhor para manipulação, quando comparado ao adaptado 5, no entanto o excesso de óleo (que pôde ser observado na placa onde o mesmo está depositado) demonstra que a reação de saponificação (ALLINGER, 1976) não ocorreu por completo o que resultou na necessidade de modificação em sua rota de preparação. Foi feita uma mudança radical no método adaptado 5, a fim de conseguir controlar o pH, a soda cáustica foi usada em solução, previamente preparada, de forma a diminuir tanto a quantidade de soda, como a quantidade de água, já que a quantidade de soda influencia no pH final e água em excesso atrapalha na formação do sabão com pouca soda. Por esses motivos o detergente foi usado não diluído (concentrado) e teve sua quantidade diminuída em relação à literatura. Além disto, retirou-se o bicarbonato de sódio e adicionou-se vinagre para tentar ajustar o pH.

Considerando que sabões alcalinos podem causar desidratação seguida de rachaduras, e irritação, esse tipo de sabão ainda não está adequado para uso de higiene pessoal, pois só os sabões neutros podem ser usados para banho, pois não têm ação sobre a pele (VOLOCHTCHUK et al., 2000). Para os parâmetros da Anvisa, estes sabões estariam classificados como produtos saneantes de risco 1 (ANVISA, 2010) e podem ser utilizados em uso doméstico, pois o pH se encontra na faixa de aceitação que é de 8 a 10. No adaptado 5, a consistência foi mais flexível se assemelhando a uma gelatina. A aparência dos adaptados 1 e 5 foi muito boa, porém o brilho e a homogeneidade do sabão adaptado 5 o torna mais atraente para uso domiciliar, além de físico quimicamente não apresentar risco quando manipulado.

5. CONCLUSÕES

Seguiu-se a literatura encontrada sobre fabricação de sabão caseiro procurando aprimorá-la para uma produção mais convencional e barata. A quantidade soda cáustica pedida na literatura se mostrou exagerada, tornando o sabão produzido potencialmente perigoso para qualquer tipo de uso, além de complicado em ser feito por ter que fazer a dissolução da soda cáustica sólida dentro da mistura reacional oleosa. O método da literatura mostrou-se mal desenvolvido, sem quaisquer condições de ser usado por pessoas leigas, que não saberiam identificar se o pH está adequado para o uso seguro. Além disso, o tempo para o preparo (80 minutos) seria desmotivador, o que favoreceria a desistência no que diz respeito a reciclagem do óleo de fritura no âmbito domiciliares.

Exceto os métodos adaptados 1 e 5, todos os produtos apresentaram pH muito alto para uso doméstico, o que os tornaria inviáveis para uso de acordo com a Anvisa (2010) que é de até 11,5 na forma pura do sabão. Mesmo assim, nos produtos dos métodos adaptados 2 e 3 observou-se sabão de boa consistência mesmo com pH acima do limite aceitação. Visando empregar esses métodos ao cotidiano de várias pessoas, com enfoque na reciclagem do óleo de fritura, é possível observar que métodos disponibilizados na internet muitas vezes não são de fácil aplicação, tanto devido às quantidades de reagentes utilizados, quanto a quantidade de produto. Quanto a dificuldade manual do processo, tornando-se necessária a alteração deles para motivar sua utilização.

REFERÊNCIAS

ALLINGER, N. L. **Química Orgânica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1976.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº. 59, de 17 de dezembro de 2010. **Dispõe sobre os procedimentos e requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos saneantes e dá outras providências.** Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0059_17_12_2010.pdf/194ebbe3-15ea-4817-b472-f73cc76441c2>. Acesso em: 02 maio 2018.

BRASIL. Lei n 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº. 9605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Acesso em: 29 abr. 2019

CAOBIANCO, G. **Produção de sabão a partir do óleo vegetal utilizado em frituras, óleo de babaçu e sebo bovino e análise qualitativa dos produtos obtidos.** 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena.

CARDOSO, Y. B. A. B. S. B.; AMOGLIA, S. M.; MCCLELLAND, J. L.; TEIXEIRA, A. F.; MELO, L. F. Projeto do Sabão Ecológico: uma estratégia educacional para a reciclagem do óleo de cozinha no município de Viçosa. **Diálogos em Extensão**, v. 6, n. 3, p. 33-44, 2017.

CORSI, P. R.; HOYOS, M. B. L.; RASSLAN, S.; VIANA, A. T.; GAGLIARDI, D. Lesão aguda esôfago – gástrica causada por agente químico. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 98-105, 2000.

DANTAS FILHO, F. F.; SILVA, G. N.; COSTA, A. S. Processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases com a inserção da experimentação utilizando a temática sabão ecológico. **Holos**, v. 2, p. 161-173, 2017.

GOMES, P. Revista Prosa Verso e Arte. **“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”** – Nelson Mandela. Disponível em: <<http://www.revistaprosaversoarte.com/aeducacao-e-a-arma-mais-poderosa-que-voce-pode-usar-para-mudar-o-mundo-nelson-mandela/>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

CM Center. **FISPQ – Ficha de Informação de Segurança para Produtos Químicos. Soda Caústica – Perigos, cuidados e EPIs.** Disponível em: <<https://www.printfriendly.com/p/g/FFqEr3>>. Acesso em: 26/07/2019.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química Geral e Reações Químicas.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

LIMA, N. M. O.; SANTOS, A. M.; DE ABREU, A. K. F.; LIMA, L. M. R.; BRASILEIRO, I. M. N.; FIGUEIREDO, M. L. M. S.; DA SILVA, M. A. R. Produção e caracterização de sabão ecológico – uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do semiárido paraibano. **Revista Saúde & Ciência**, v. 3, n. 3, p. 26-36, 2014.

MANUAL DA QUÍMICA. **Reação de Saponificação.** Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/quimica-organica/reacao-saponificacao.htm>> Acesso em: 17 abr.2019.

MORAES, R.; MACIEL, A. B.; DE SOUZA, M. J.; RIGHI, E. Reciclando óleo de cozinha: conscientização ambiental e ensino do fabrico de sabão ecológico. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 6., 2018, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves: UCS, 2018. p. 1-8.

MORETTO, E.; FETT, R. **Óleos e gorduras vegetais (processamento e análises).** 2ª ed. rev. Florianópolis. Editora da UFSC, 1989.

OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, J. S. Gestão e gerenciamento do óleo de frituras para processos de reciclagem no município de Marechal Deodoro – AL. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2019. p. 747-486.

PASQUALETTO, A.; BARBOSA, G. N. Aproveitamento do óleo residual de fritura na produção de biodiesel. In: CONGRESSO INTERAMERICANO AIDIS, 31., 2008, Santiago. *Anais...* Santiago: AIDIS, 2008.

PINTO, A. C.; REIS, A. H. S. L. R.; GEROS, A. I. S.; DA SILVA, A. S. M.; PINTO, A. J. A. R.; MOREIRA, C. S. **Sabão, detergente e glicerina**. Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto, 2012.

RAVEN, P. H; EVERT, R. F; EICHHORN, S. **Fundamentos de Química**. In: *Biologia Vegetal*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2001, Apêndice A, p. 835-837.

SILVA, I. M. C. B. Métodos de preparação industrial de solventes e reagentes químicos. Hidróxido de sódio. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 1, p. 73-82, 2012.

SORAES, A. S. Produção de sabão a partir do óleo de cozinha pós-fritura. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 1., 2016, Campina Grande. Anais... Campina Grande: CONAPESC, 2016. p. 1-10.

SANTOS, G. C. F.; FREIRE, J. M. L.; PEREIRA, R. F. C.; PAZ, D. H. F. Sensibilização de moradores do Cabo de Santo Agostinho – PE sobre reaproveitamento do óleo de cozinha. In: AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L. (Orgs.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 188-198.

SPINELLI, M. V. P.; ROCHA FILHO, G. B.; SILVA, S. M. Perspectivas para a gestão pública acerca da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos metálicos no Brasil. In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. (Orgs.). **Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 322-330.

TESCAROLLO, I. L.; THOMSON JUNIOR, J. P.; AMÂNCIO, M. DE S.; ALVES, T. F. T. Proposta para avaliação da qualidade de sabão ecológico produzido a partir do óleo vegetal residual. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 871-880, 2015.

TIEGHI, A. L. Jornalismo Júnior. **Reciclagem do óleo de cozinha evita graves problemas ambientais**. 2012. Disponível em: <jornalismojunior.com.br/reciclagem-do-oleo-de-cozinha-evita-graves-problemas-ambientais/>. Acesso em: 26 jul. 2018.

UCKO, D. A. **Química para as ciências da saúde: uma introdução à química geral, orgânica e biológica**. 2ª ed. São Paulo: Editora Manole, 1992. p. 204-235.

VOLOCHTCHUK, O. M.; FADEL, A. P. C.; ALMEIDA, T. DE; FUJITA, E. M.; AUADA, M. P.; MARINONI, L. P. Variações do pH dos sabonetes e indicações para sua utilização na pele normal e pele doente. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 75, n. 6, p. 697-703, 2000.

ZAGO NETO, O. G.; DEL PINO, J. C. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. UFRGS: Porto Alegre, 1997.

5.5 PROCESSO DE SAPONIFICAÇÃO ARTESANAL EM COMUNIDADE DE OLINDA – PE; UMA AÇÃO SUSTENTÁVEL E EMPREENDEDORA

AZEVEDO, Flávia Garrett

Centro Universitário Estácio do Recife (PE)

flavia.garrett@estacio.br

FERREIRA, Flávia Gonçalves Domingues

Centro Universitário Estácio do Recife (PE)

flavia.ferreira@estacio.br

LUNA FILHO, Gustavo José

Centro Universitário Estácio do Recife (PE)

gustavo.filho@estacio.br

AZEVEDO FILHO, Rildo Duarte

Centro Universitário Estácio do Recife (PE)

rildo.filho@estacio.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo produção sabão artesanal com corantes e essências, oriundos de óleo reutilizado para verificar qual o melhor agregado (químico) para cada tipo de utilização (roupa, limpeza e banho) em uma comunidade de Olinda – PE. A metodologia compreendeu no processo experimental no preparo do sabão (com corantes químicos e neutro), no estudo e verificação das propriedades físico – químicas tais como pH, cor, cheiro, consistência e formação de espuma. As amostras foram testadas por donas de casa da comunidade e após entregue um questionário de satisfação. Foi verificado que os produtos tiveram atingiram resultados próximo aos produtos industriais; além disso, as oficinas realizadas, serviram para alguns da comunidade utilizar as técnicas de forma empreendedora.

PALAVRAS-CHAVE: Sabão, Óleo residual, Meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Costa, Lopes e Lopes (2015) para a Legislação Ambiental, o tema "óleo de cozinha" está sendo abordado pelo projeto de Lei nº 2.074 de 19 de setembro de 2007 em tramitação no Congresso Federal Brasileiro, em diversas discussões para tratar do destino deste resíduo que vem causando grandes danos ambientais, quando descartado de forma inadequada pelos lares, microempresários do ramo de salgadinhos fritos, lanchonetes e restaurantes, entre outros. A criação de projetos e atividades, tais como palestras que focam a conscientização dos possíveis problemas que a destinação incorreta pode causar, aliados a introdução de métodos de criação de produtos derivados da reciclagem do óleo vegetal usado, é uma das formas para mudar as atitudes das pessoas proporcionando um ciclo de transformação do produto poluente em gerador de renda para quem necessita (ALBERTI, 2016).

Pensando nisso, o homem começou a se preocupar com a destinação e a gestão dos resíduos sólidos (ARAÚJO et al., 2018). E no Brasil, ainda hoje, há vários municípios em que os resíduos sólidos não recebem nenhum tratamento e sua destinação é considerada incorreta, causando vários danos à saúde pública, como a proliferação de doenças, e ao meio ambiente, como a contaminação do solo, ar, lençol freático e etc. (ANDRADE e ALCÂNTARA, 2016). O óleo não reciclado, descartado indevidamente, provoca danos ambientais e sociais graves, tal como o entupimento de caixas de gordura e tubulações da rede de esgotos, o que produz uma pressão que contribuirá para a infiltração desse óleo no solo, podendo atingir lençóis freáticos ou gerar um refluxo do esgoto à superfície através da própria rede. A contaminação das águas próximas ao local de descarte de um litro de óleo pode infectar cerca de um milhão de litros de água, volume correspondente ao que um indivíduo consome durante, aproximadamente, quatorze anos de sua vida (CARDOSO et al., 2017).

A reciclagem do óleo de cozinha usado, além de preservar o meio ambiente é uma alternativa para solucionar os problemas supracitados. O óleo usado já é considerado como de elevado potencial de reciclagem, servindo de matéria-prima na produção de novos produtos como: sabão, detergente, biodiesel, ração animal, glicerina, lubrificante, geração de energia elétrica através de queima em caldeira, padronização de tintas entre outros (MONTE et al., 2015). Atualmente, os sabões são obtidos a partir de gorduras animais (boi, porco, carneiro, dentre outros) ou de óleos (algodão, soja, vários tipos de palmeiras e outros). Gorduras e óleos são ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa denominados ácidos graxos. Os lipídios mais simples contendo ácidos graxos são os triacilgliceróis, comumente chamados triglicerídios (DANTAS FILHO; SILVA; COSTA, 2017).

O sabão é comumente conhecido como um produto de limpeza, utilizado juntamente com a água para a remoção de impurezas (FERNANDES et al., 2015). Os sabões são produzidos a partir de óleos e gorduras, que podem ser de origem animal ou vegetal (RAMALHO; SUAREZ, 2013). Face ao exposto, o presente trabalho ciente da necessidade da conscientização da sociedade, teve como objetivo utilizar óleo residual proveniente da própria comunidade local e ensinar as técnicas na produção de sabão e derivados, sendo uma alternativa sustentável e empreendedora.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sustentabilidade

A redução dos impactos ambientais e, conseqüentemente, a melhora na qualidade de vida da sociedade, seguramente justificam a constante busca por alternativas tecnológicas aplicadas no gerenciamento e reciclagem de resíduos. No Brasil, a Lei nº 12.305/10 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê a prevenção, a redução na geração de resíduos e apresenta propostas para a prática de hábitos de consumo sustentável. Também estabelece um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem, da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

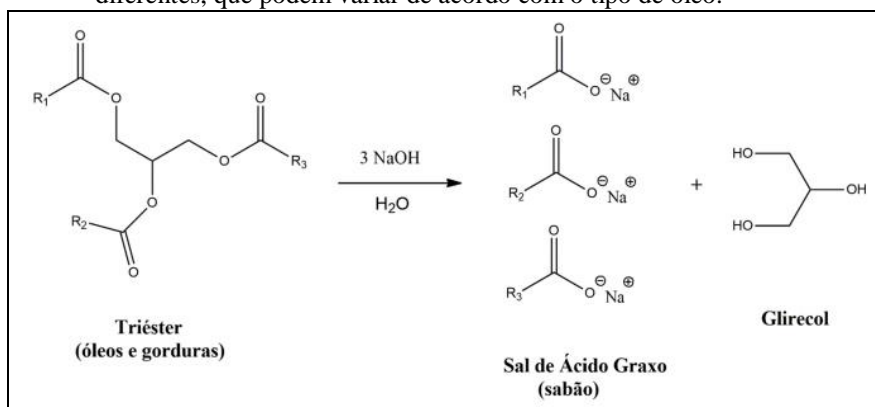
É primordial uma ampla conscientização da população e das instituições públicas para o reaproveitamento desse óleo de forma ambientalmente adequada (SANTIAGO JÚNIOR et al., 2018). Os 3Rs para controle dos resíduos são Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Reduzindo e reutilizando os resíduos evitam-se que maiores quantidades de produtos se transformem em resíduos. Reciclando se prolonga a utilidade de recursos naturais, além de reduzir o volume de resíduos (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018). Em relação à reutilização, há muitas coisas que poderiam ser realizadas para outros fins e que acabam tornando-se resíduo. Com a reutilização gera-se uma boa economia e colabora-se para o desenvolvimento sustentável do planeta, pois tudo que é fabricado necessita do uso de energia e matéria-prima. Além disso, caso o objeto não seja descartado de forma correta, ele poderá poluir o meio ambiente (BRASIL, 2010).

Com isso, uma enorme quantidade de óleo de fritura residual é produzida no Brasil e retrata uma realidade bastante comum no país. O volume descartado ultrapassa 1,6 bilhão de litros por ano. Apesar dos benefícios, os projetos de recolhimento de óleos e gorduras residuais estão espalhados de maneira muito pontual pelo Brasil e encontram dificuldades para realizar as suas atividades, uma vez que ainda não foram traçadas fortes políticas públicas que incentivem o aproveitamento dessa matéria-prima de maneira concisa (TAVARES, 2015).

2.2 Saponificação

A fabricação de sabão é um dos métodos que vem se destacando e ganhando espaço cada vez maior pelo fato de ser um processo simplificado e economicamente viável (SEGUNDO; BIZERRA, 2014). Além de ser uma alternativa viável, contribui no sentido de mitigar o impacto do descarte inadequado desse tipo de resíduo no meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2014). Os sabões são feitos pela saponificação de gorduras e óleos. Saponificação é o caso especial de hidrólise em meio alcalino, em que um éster reage com uma base produzindo um álcool e um sal (LIMA et al., 2014). Na Figura 1, são apresentados triésteres de ácido graxo (óleos e gorduras) que reagem com o hidróxido de sódio (soda cáustica) para produzir os sais de ácidos graxos (sabão) e glicerol.

Figura 1. Esquema da reação de saponificação para a produção de sabão. R1, R2 e R3 são cadeias carbônicas diferentes, que podem variar de acordo com o tipo de óleo.



Fonte: Silva et al. (2016).

Os sabões são sais orgânicos que apresentam entre 12 a 18 carbonos na estrutura molecular, sendo constituídos de uma parte polar (hidrofílica) e outra apolar (lipofílica). Devido a sua estrutura, o sabão possui ação detergente, facilitando assim os processos de limpeza (MACHADO et al., 2015).

A molécula do sabão tem caráter anfótero, propriedade de poder se misturar com o óleo, gordura e água ao mesmo tempo, auxiliando na limpeza as sujidades. A molécula possui uma extremidade carboxílica polar, hidrofílica, e outra extremidade hidrocarbônica que é apolar, solúvel em óleos. Esta estrutura permite que os sabões dispersem pequenos glóbulos de óleo em água (LIMA et al., 2014)

Segundo Teixeira et al. (2015) a saponificação era ligada aos efeitos religiosos com sacrifícios a animais. A mistura dava origem a uma substância amarelada que escorria do monte até os rios, onde se lavavam as roupas. Rapidamente se percebeu que tal mistura facilitava a atividade. Mas não há certeza de que o sabão produzido na época era utilizado na higienização do corpo, possivelmente, isso se devia ao desagradável cheiro que o sabão exalava. O sabão era mais usado no tratamento de ferimentos ou queimaduras ou na limpeza de objetos.

Nos dias atuais, a utilização do óleo é utilizada na produção de sabões e produtos de limpeza de diversos aromas e marcas, além das áreas de cosméticos e medicamentos. Tavares et al., (2018) utilizaram resíduo sólido da laranja, que antes iria para o lixão ou aterro sanitário da cidade pós-consumo humano da laranja, passou a ser utilizado como matéria-prima para reciclagem. O resíduo apresentou alto valor agregado e diversas possibilidades de aplicação no mercado como repelente líquidos e sabonetes de repelentes.

2.3 Destino dos óleos de frituras

O óleo de fritura precisa de uma atenção maior, pois o mesmo despejado na rede de esgoto, pode causar entupimento da tubulação e mal funcionamento da estação de tratamento, se descartado no solo causa a sua impermeabilização, podendo causar enchentes (BALDASSO et al., 2010).

O comércio alimentício vem crescendo a cada ano, e em contrapartida o aumento dos resíduos deixados pelos comerciantes e pela comunidade vem acarretando o acúmulo dos lixos e resíduos sólidos trazendo prejuízos sócio ambiental. Com isso, uma enorme quantidade de óleo de fritura residual é produzida no Brasil e retrata uma realidade bastante comum no país. O volume descartado ultrapassa 1,6 bilhão de litros por ano (TAVARES, 2015).

O consumo de óleo faz parte do dia-a-dia das famílias, restaurantes, indústrias e com ele o descarte incorreto do óleo de cozinha usado (OCU) se torna um grave problema ambiental. Quando despejado no lixo comum impermeabiliza e contamina o solo, porque a decomposição aumenta o efeito estufa, na rede de esgoto compromete as tubulações das residências e das cidades e ao atingir os rios forma uma película na água que impede a passagem de luz e oxigênio a flora e a fauna aquática (MORGAN-MARTINS, 2016). Conforme Silva et al. (2018) a reciclagem de resíduos agrícolas e agroindustriais vem ganhando espaço cada vez maior, pela opção de baixo custo de forma sustentável minimizando os riscos de desequilíbrio ambiental causadas pelas atividades domésticas e industriais.

As destinações ambientalmente adequadas dos resíduos sólidos são aquelas que permitem que estes possam ser recuperáveis de alguma forma ou passíveis para algum processo de tratamento, isto é, sejam reutilizáveis, recicláveis, compostáveis e que façam algum aproveitamento energético ou ainda a adoção de outra alternativa que evite riscos à saúde pública e à segurança, reintroduzindo o resíduo descartado para que possa ter utilidade novamente, dessa maneira minimizando os impactos ambientais decorrentes da destinação incorreta, sendo que as normas operacionais específicas sejam admitidas pelos órgãos competentes (MARTINS FILHO et al., 2019).

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Abordagem, procedimento e local do estudo

As abordagens foram de forma qualitativa e quantitativa com procedimento experimental realizado no Laboratório de Química do Centro Universitário Estácio do Recife. Foram realizados os processos de saponificação do óleo residual em batelada, e em seguida visitas a comunidades com distribuição de panfletos de conscientização, com relação ao tema em estudo. Além disso, para verificar a qualidade do produto, foi realizado um estudo através de pesquisa de satisfação, além no município de Olinda - PE.

3.2 Materiais utilizados

- Reagentes: óleo (limpo, usado e muito usado), água destilada, 1 Kg de hidróxido de sódio (NaOH), pigmentos, essências (Figura 2).

Figura 2. Pigmentos e essências utilizadas no experimento.



- Vidrarias e equipamentos: balança analítica, chapa aquecedora, estufa, agitador magnético, pHmetro, proveta, bastão de vidro, becker, balão de fundo redondo, molde, peneira, embalagem.

3.3 Procedimento experimental

Inicialmente foram divididas em 3 amostras de óleo amostras de óleo, limpo (virgem), pouco usado e muito usado. Antes de iniciar a reação de saponificação o óleo usado, foi filtrado com um pano fino para reter as impurezas e não prejudicar no procedimento. Foram colocados 500 mL de água destilada num Becker de 1 L e levado para aquecer numa chapa aquecedora até atingir a temperatura de 70°C, em seguida acrescentado 250 g de NaOH e homogeneizado até a completa diluição do NaOH. Posteriormente a mistura foi transferida para um balde e acrescida de forma lentamente do óleo, sendo agitado manualmente com o auxílio de um bastão de vidro, durante 40 minutos até adquirir a consistência correta. Caso a mistura ficasse muito rígida acrescentou-se álcool e agitou durante o tempo necessário até adquirir a consistência desejada. Após a mistura atingir a consistência correta foram acrescentados os pigmentos e essências e finalizada cada batelada, e em seguida foi transferido para os moldes e colocados na estufa à temperatura em torno de 35°C durante 24 horas (Figura 3).

Figura 3. Produção do sabão.



3.4 Caracterização

Para a determinação do produto hidrogeniônico, pH, do sabão artesanal foi utilizado o método eletrométrico, determinado usando pHmetro de bancada, calibrado com solução tampão pH 4 e 7, e usando-se 1 g da amostra do sabão diluído em 100 mL de água destilada. A temperatura também foi fornecida pelo pHmetro. O poder de detergência de um sabão é analisado em função de ser um agente espumante, molhante (umectante) e emulgente (capacidade de estabilizar emulsões gordurosas). Inicialmente dissolveu-se 30 g do sabão num béquer contendo 80 mL de água destilada. Transferiu-se 50 mL da solução do sabão para um béquer de 100 mL. Com auxílio de um agitador magnético a mistura permaneceu sob agitação durante 2 minutos para verificação do seu poder espumante. O poder emulgente foi analisado adicionando-se uma mistura de água e óleo num balão de fundo redondo contendo rolha esmerilhada, seguida de 15 mL da solução do sabão. Essa mistura foi mantida sob agitação manual por dois minutos e avaliada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do produto acabado

Após uma semana do procedimento de preparação do sabão, foram retiradas amostras para realizar análise físico-químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados físico-químicos das amostras do sabão preparado a partir do óleo residual pouco usado, muito usado.

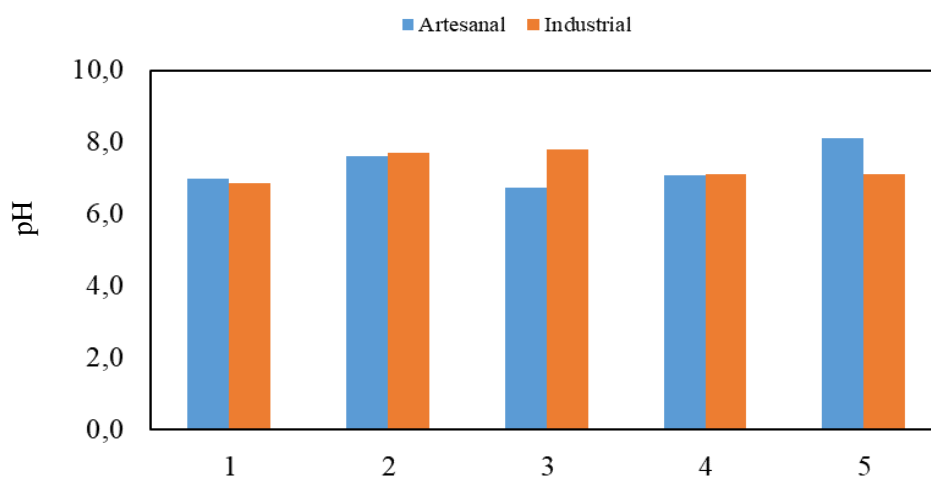
Amostra de sabão artesanal com óleo	Cor	Textura	Cheiro	pH	Formação de espuma	Temperatura
Pouco usado	Amarelada	Sólida	-	7.39	Sim	20,8°C
Pouco usado	Azul	Sólida	floral	6.96	Sim	21,1°C
Muito usado	Amarelada	Sólida	-	7.23	Sim	21,6°C
Muito usado	Verde	Sólida	floral	7.20	Sim	21,1°C

O poder de detergência do produto analisado apresentou característica umectante (ação espumante), positiva a formação da emulsão e caracterizando o seu poder de limpeza. No parâmetro pH, a ANVISA (Agencia Nacional de Vigilância Sanitária) classifica os saneantes, onde o sabão em barra se enquadra, como produtos de Risco I, os produtos com valores encontrados dentro da faixa de 9 a 10 para o pH em soluções a 1% p/p à temperatura ambiente (25°C) (ANVISA, 1998). O produto não apresentou esse valor, porém não foi considerado um resultado insatisfatório, pois teve o poder detergente confirmado e a solidez que um sabão em barra necessita. Pode-se avaliar que esse

caráter mais neutro, pH na faixa de 6,9 a 7,4, torna o sabão menos agressivo as mãos, já que sua finalidade é para limpeza geral.

Os óleos residuais (e ainda as gorduras) são provenientes, em sua maior parte, de processos de fritura de alimentos. As principais fontes desses rejeitos estão localizadas nos grandes centros industriais e comerciais e, em menor quantidade nos lares (OLIVEIRA, 2015). Silva e Puget (2010), utilizaram óleo proveniente de frituras, realizam um tratamento para a produção de sabão. Dos parâmetros analisados obtiveram pH de 9, 12 e 14; além de remoção de sujeira e de espuma eficientes, de suas amostras. Com o objetivo de enriquecer o trabalho foi realizado uma análise comparativa do pH do sabão produzido a partir de óleo residual e de um sabão industrial comercializado da marca Bem Te Vi (Figura 4).

Figura 4. Estudo comparativo do pH do sabão artesanal com o sabão industrial.



Amostras: 1- sabão artesanal com óleo limpo e sabão industrial, 2 e 3- sabão artesanal com óleo pouco usado e sabão industrial, 4 e 5- sabão artesanal com óleo muito usado e sabão industrial,

Analisando a Figura 4 observa-se que os resultados dos dois tipos de sabões, o artesanal e o industrial, estão no mesmo intervalo de valor. O resultado esperado é que o pH fique mais próximo ao neutro, 7,0, sendo assim a amostra 5 (sabão artesanal) foi a que mais fugiu do parâmetro, apresentando o resultado 8,1.

4.2 Pesquisa de satisfação

Foi realizada uma oficina numa comunidade carente do município de Olinda em Pernambuco, na qual foi apresentada uma palestra demonstrando as consequências do lançamento indevido do óleo que sobra do cozimento da comida. Foi mostrado através de vídeos e imagens que o descarte na pia (esgotos), no rio ou no solo, pode acarretar danos profundos, dos rios e solos, levando a morte de peixes e espécies de vegetação aquáticas. Baldasso et al. (2010) realizaram um estudo com uma comunidade e verificou que a maioria da comunidade fazia o descarte de forma errada e os produtos fabricados por eles tiveram boa aceitação.

Em seguida, foi ensinado como preparar o sabão caseiro (artesanal), reaproveitando o óleo usado (velho) que se tem em casa, nas medidas corretas para se obter um produto de boa qualidade, e que pudessem depois produzirem sozinhos o seu próprio sabão. Durante o debate, muitos da comunidade informaram que além de utilizar um quantitativo de óleo tanto em casa, alguns tinham

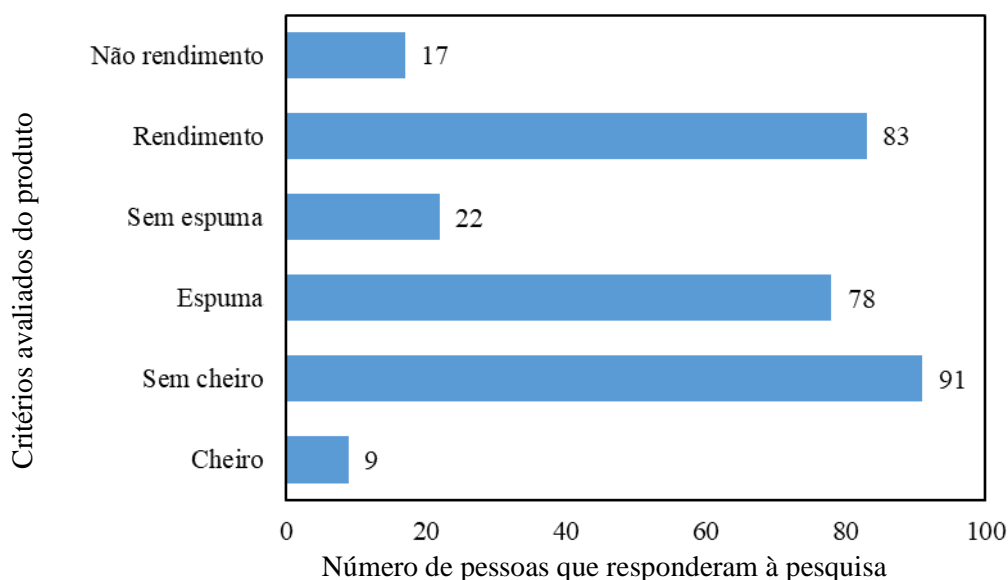
comércio de lanches e descartavam em bueiros, e que após a apresentação do projeto poderiam dar uma nova utilização para esse óleo ou deixa-lo em algum ponto de coleta.

Silva et al. (2018) constataram em seu trabalho, que existe há necessidade das pessoas no seu cotidiano buscar novos produtos a partir de algo que seria descartado, agregando valor e gerando uma nova fonte de renda. Após a oficina, foram distribuídas amostras do sabão artesanal para a comunidade e entregue uma pesquisa de satisfação para ser recolhido com uma semana de uso do produto. Os resultados da pesquisa de satisfação, os dados qualitativos, foram tratados estatisticamente como dados quantitativos e obtidos os seguintes resultados (Figura 5).

Depois de uma semana da entrega do sabão artesanal aos moradores da comunidade, a maioria dona de casa, para uso, avaliação do produto e preenchimento da pesquisa de satisfação. Foram distribuídos para 100 pessoas o produto e questionado na pergunta de satisfação sobre, rendimento, espuma e cheiro. De acordo com a Figura 4 pode-se avaliar que a maioria, 91 pessoas, avaliaram que apresentava pouco cheiro, porém com bom rendimento de acordo com 83 pessoas.

Diante dos resultados pode-se afirmar que o processo de saponificação para a produção do sabão artesanal com óleo usado foi bastante satisfatório, pois obteve-se um produto de boa consistência, ação espumante (poder detergente).

Figura 5. Resultados da pesquisa de satisfação da utilização do sabão artesanal pela comunidade.



5. CONCLUSÕES

Para evitar o desperdício e a escassez de matéria prima, a reciclagem de produtos de torna cada vez mais importante. A produção de sabão sólido a partir de óleos usados que seriam descartados. O descarte irregular de óleos pode causar sérios danos aos recursos hídricos, que estão escassos atualmente, e a produção de sabão com estes óleos pode ser uma alternativa para sanar esta problemática.

Notou-se que, tanto ao longo das oficinas quanto na divulgação do estudo, houve uma ampla curiosidade por esse processo de produção, mostrando o grande interesse da comunidade pelo assunto. Também foi possível uma ampla divulgação das questões ambientais que envolvem o descarte errôneo do óleo usado. O estudo mostrou ser possível a fabricação de sabão de maneira simples e sustentável. Vale destacar que, mesmo com o alcance do objetivo, melhorias no processo

devem ser realizadas, tais como regular a temperatura durante a saponificação, adequação do pH, além de estudar a possibilidade de ampliação de escala.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande – PB: um olhar fotográfico. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2018. p. 104-120.
- ALBERTI, J. **Máquina de baixo custo para fabricação de sabão ecológico com óleo residual**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016
- ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos sólidos urbanos e impactos socioambientais no bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2016.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n ° 393, de 15 de maio de 1998**. Apostila de Saneamento. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 23 nov. 2018.
- BALDASSO, E.; PARADELA, A. L.; HUSSAR, G. J. Reaproveitamento do óleo de fritura na fabricação de sabão. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 1, p. 216-228, jan./mar. 2010.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em: 05 mai. 2019.
- CARDOSO, Y. B. A. B. S. B.; AMOGLIA, S. M.; MCCLELLAND, J. L.; TEIXEIRA, A. F.; MELO, L. F. Projeto Sabão Ecológico: uma estratégia educacional para a reciclagem do óleo de cozinha no município de Viçosa. **Revista ELO – Diálogos em Extensão**, v. 6, n. 3, p. 33-44, 2017.
- DANTAS FILHO, F. F.; SILVA, G. N.; COSTA, A. S. Processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases com a inserção da experimentação utilizando a temática sabão ecológico. **Holos**, ano 33, v. 2, p. 161-173, 2017.
- FERNANDES, A. F. O. et al. Reaproveitamento do Óleo de Cozinha para a Fabricação de Sabão: Uma Ação Sustentável e Social. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2015, Natal. **Anais**. Natal: IFRN, 2015. p. 9-17.
- LIMA, N. M. O.; SANTOS, A. M.; ABREU, A. K. F.; LIMA, L. M. R.; BRASILEIRO, I. M. N.; FIGUEIREDO, M. L. M. S.; SILVA, M. A. R. Produção e caracterização de sabão ecológico-uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do semiárido paraibano. **Revista Saúde e Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 26-36, 2014.
- MACHADO, T. F.; SILVA, D.; CORNÉLIO, J. P. L.; DEL PINO, J. C. Abordagem CTSA através da temática produção de sabão. **Acta Scientiae**, v. 17, n. 2, p. 510-525, 2015.
- MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, p. 24-51, 2018.
- MARTINS FILHO, J. B.; CUNHA, A. J. S.; PIRES, I. C. G.; FERRÃO, G. E. Compostagem de resíduos orgânicos nos planos estaduais de resíduos sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2019. p. 41-52..
- MONTE, E. F.; FAGUNDES, T. C.; XIMENES, A. F.; MOURA, F. S.; COSTA, A. R. S. Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo: estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape I, Paulista – PE. **Revista GEAMA**, v. 2, n. 1, p. 41-55, 2015.

MORGAN MARTINS, M. I.; MESDES, F. R. K.; SOSTER, C.; FRAGA, E.; SANTOS, A. M. P. V.; SCHOREDER, N. T. Reciclo-óleo: do óleo de cozinha ao sabão ecológico, um projeto de educação ambiental. **Cinergis**, v. 17, n. 4, p. 301-306, 2016.

OLIVEIRA, S. C. **Dimensionamento de um sistema de reciclagem de óleo de fritura para produção de sabão e resinas poliméricas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Tecnológica) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2015.

SANTIGO JÚNIOR, C. J. et al. Operacionalização da coleta seletiva de óleo de fritura para produção de biodiesel na UFPE. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 353-367.

SEGATTO, F. B. Conhecendo as formas de descartes do óleo saturado de cozinha para verificar a educação ambiental na escola. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2122-2129, 2013.

SEGUNDO, J. F. B.; BIZERRA, A. M. C. Minimizando impactos ambientais: reaproveitamento de óleos e gorduras residuais transformando-os em fonte de limpeza. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 9., 2014, Currais Novos. *Anais...* Currais Novos: CONGIC, 2014. p. 1199-1205.

SILVA, C. S.; BARBOSA, L. S.; FERREIRA, N. A.; BORGES, C. R.; PIRES, D. A. T. Oficina de produção de sabão com óleo usado de cozinha: conscientização ambiental no interior de Goiás. **Revista Tecnica**, v. 1, n. 1, p. 119-130, 2016.

SILVA, L. G. P.; SILVA, V. E.; SILVA JÚNIOR, J. E. A.; LIMA, V. F.; FERREIRA, F. G. D.; AZEVEDO, F. G. Ação socioambiental e científica: produção de sabão e derivados de limpeza a partir do óleo residual. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2018.

TAVARES, J. Revista BiodieselBR. **Organizando o descarte**. Ano 8, n. 46, p. 2225, 2015. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/revista/promo/edicoes-anteriores>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

TAVARES, N. S. G.; SILVA, L. M. F.; SILVA, E. J. F.; NEVES, H. J. P.; et al. Produção de repelente líquido, difusor e sabonete com óleo da casca de laranja; extração de óleo d-limoneno visando o aproveitamento e redução do resíduo. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 176-185.

TEIXEIRA, C. R.; MARQUES, M. L. L.; HOFFMANN, S. R. A.; SANTOS, W. A. Abordagem CTSA – prática pedagógica no ensino de ciências a partir da produção de sabão caseiro. **Revista Pedagogia em Foco**, v. 10, n. 3, p. 41-53, 2015.

5.6 PURIFICAÇÃO PARCIAL DE PROTEASE COLAGENOLÍTICA A PARTIR DE AGRO-RESÍDUOS DA PISCICULTURA MARINHA ARTESANAL

OLIVEIRA, Vagne de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
vagne_melo@hotmail.com

ROBERTO, Nathália Albuquerque

Universidade Federal de Pernambuco
nathalb@yahoo.com.br

LINO, Luiz Henrique Svintiskas

Universidade Federal de Pernambuco
luiz.svintiskas@hotmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
analuporto@yahoo.com.br

RESUMO

A purificação de proteínas extraídas de resíduos do pescado é o primeiro passo para seu uso potencial na indústria, principalmente no isolamento de proteases com potencial colagenolítico, enzima desejada na área biomédica pelo seu uso tópico, auxiliando no processo de regeneração tecidual. Assim, este trabalho objetivou recuperar resíduos sólidos da piscicultura marinha artesanal, através da captura de dourado (*Coryphaena hippurus*) empregando técnicas de precipitação para reduzir custos. Fígado e intestino foram macerados, homogeneizados, centrifugados e aquecidos para a preparação do extrato bruto (EB). Após essas etapas, o EB foi purificado parcialmente utilizando solventes orgânicos (acetona e álcool etílico) em diferentes concentrações e de sal de $((\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4)$. O extrato de fígado submetido a concentrações de solvente apresentou fator de purificação de 0,56 (30% de acetona) e 0,46 (90% de álcool etílico), enquanto que a de intestino foi de 0,42 (60% de acetona) e 0,34 (60% de álcool etílico). Na precipitação com $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, a fração 30-60% foi a que apresentou maior atividade colagenolítica específica (693,61 U/mg), maior rendimento (100,47%) e maior fator de purificação (1,86). Assim, as técnicas utilizadas foram eficientes para recuperação de proteases com ação colagenolítica, sendo altamente indicada na indústria pesqueira como forma de reaproveitar resíduos provenientes do beneficiamento.

PALAVRAS-CHAVE: Proteases, Purificação, Resíduos

1. INTRODUÇÃO

A purificação de proteínas é um passo importante na obtenção de moléculas úteis para uso industrial. Nesse sentido, para escolher o melhor método deve-se levar em consideração o custo, tempo, viabilidade de uso e a eficiência do método frente a outros já disponíveis para o mesmo tipo de biomolécula. Nesse sentido, técnicas economicamente viáveis são altamente desejadas.

Tem sido comum fazer fracionamento (por exemplo, utilizando sulfato de amônio como agente precipitante) antes de se fazer um método mais sofisticado para a purificação de uma proteína (PURWANTO, 2016). Proteínas de organismos marinhos são vastamente aplicadas nos segmentos industriais, principalmente as extraídas e purificadas utilizando métodos rápidos e simples, como através de passos sistemáticos de centrifugação sem custo elevado (OLIVEIRA et al., 2017a). Proteínas de peixes marinhos recuperadas já foram descritas para uma gama de espécies, tais como: anchova (*Pomatomus saltatrix*) (SILVA et al., 2019), apaiari (*Astronotus ocellatus*), arabaiana (*Seriola dumerili*), ariocó (*Lutjanus synagris*), beijupirá (*Rachycentron canadum*) pescada branca (*Cynoscion leiarchus*) (OLIVEIRA et al., 2019a) e de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) (SILVA et al., 2019).

Os resíduos da piscicultura por vezes são utilizados pelas colônias artesanais como materiais úteis em artesanato (VIEGA et al., 2015a, b). Todavia, grande parte ainda é despejada sem o menor tratamento ou serventia, muito devido ao seu baixo valor comercial. Assim, este trabalho teve por objetivo purificar parcialmente proteases a partir de resíduos descartados de dourado (*Coryphaena hippurus*) através de técnicas simples e rápidas (precipitação em solventes orgânicos e precipitação salina) para fins biotecnológicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A piscicultura é uma das ramificações da aquicultura que cresce em todo mundo, fazendo com que se torne necessária compensar a demanda por produtos de origem pesqueira, já que os recursos naturais estão cada vez mais escassos. A elevação da confecção de pescado invariavelmente resulta na produção de resíduos ligados com esta atividade agroindustrial, também designados de “agro-resíduos”. Grande prova disso é que as vísceras estão entre as partes do peixe que não são consumidas, correspondendo a 5 % do peso total do animal. Porém, ao serem eliminados sem qualquer cuidado ou tratamento, estes resíduos representam um problema para o meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2019a; SILVA et al., 2019). Na aquicultura há produção de insumos para gerar produtos. Sempre há desperdícios em tais sistemas, que são entradas ou subprodutos não utilizados. Estes resíduos têm pouco ou nenhum valor econômico e são muitas vezes um incômodo para o meio ambiente. A geração de resíduos da aquicultura tornou sua sustentabilidade uma preocupação pública (DAUDA et al., 2019).

Em Pernambuco, a piscicultura extensiva familiar é realizada em pequenos reservatórios escavados ou naturais com baixo custo de implantação e praticamente sem uso de tecnologia. Algumas das famílias participantes estão inseridas no Arranjo Produtivo Local, uma política para consolidar a interiorização do desenvolvimento e auxiliar na melhoria socioeconômica. A atividade é desenvolvida para autoconsumo e o excedente é comercializado, o que contribui para complementação de renda (VIDAL, 2016). Embora seja uma atividade que se tornou fundamental para as regiões envolvidas, a produção tem sido acompanhada da preocupação de destino de cabeças, pele, escamas, cauda, barbatanas, bexiga natatória e demais vísceras internas, sendo estas últimas, principais fontes de proteases (OLIVEIRA; ASSIS; BEZERRA, 2014; OLIVEIRA et al., 2019b).

O processo de aproveitamento para obtenção de um produto finalizado a partir de resíduos sólidos do pescado passa por uma sucessão de etapas, desde a obtenção dos resíduos à identificação da biomolécula proteica, passando processos sequenciais, tais como os de purificação, caracterização e sequenciamento para definir o perfil da proteína aplicável. Dentre estas, um grupo especial de enzimas vem recebendo especial atenção devido ao seu largo emprego comercial: as proteases (BEZERRA et al., 2005; ESPÓSITO et al., 2010; COSTA et al., 2013; SILVA et al., 2014;

CANDIOTTO et al., 2018). Estudos sobre purificação e caracterização de proteases de fontes alternativas têm demonstrado tanto a presença, como o enorme potencial desses subprodutos como fontes sustentáveis (ALENCAR et al., 2003; BEZERRA et al., 2006; AZEVEDO et al., 2018). Dentre as várias proteases, merece destaque especial a colagenase, devido às suas propriedades físico-químicas e aplicações industriais diversas (DABOOR et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017a, b),

As proteases são um grupo de grandes moléculas de enzimas complexas que desempenham funções de proteólise altamente focalizadas. As principais fontes de proteases no mercado são microbianas, plantas, animais e humanos. Todavia, são incentivadas que novas fontes possam ser exploradas devido à necessidade de mercado e de custos nas etapas industriais. Por isso, pesquisas em grande escala estão sendo desenvolvidas com o intuito de desenvolver e fortalecer os setores de biotecnologia industrial que de forma geral, são baseados em proteases. Além disso, as proteases e as suas aplicações rendem grandes benefícios econômico e ecológico garantindo assim, um bom aproveitamento dessas biomoléculas (GURUMALLESH et al., 2019; SILVA et al., 2019). Essas enzimas atuam em todo mercado comercial, entretanto, o polo industrial se favorece muito através do baixo custo e por ser uma alternativa sustentável (GURUMALLESH et al., 2019).

Colagenases são grupos de enzimas capazes de clivar a tripla-hélice do colágeno não tendo ação sobre outro tipo de proteína. São obtidas a partir de uma vasta gama de fontes, tais como tecido animal, vegetal e microbiano (OLIVEIRA et al., 2017c; BHATTACHARYA et al., 2019). Uma fonte promissora na atualidade é a partir de resíduos negligenciados do processamento do pescado, tais como vísceras internas (intestino). Além das qualidades bioquímicas das colagenases de organismos aquáticos, a redução da carga de poluentes é uma das vantagens de se fazer uso de enzimas dessa fonte, visando tornar os processos produtivos ecologicamente sustentáveis e viáveis (eco-benigno). Assim, fontes alternativas de colagenases são ao mercado um produto novo, de qualidade considerável e com perspectiva de redução da carga poluidora, agregando valor ao produto da pesca e impulsionando a economia (OLIVEIRA et al., 2017c).

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Bioativos, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

3.1 Obtenção do material biológico

A espécie biológica utilizada foi o dourado (*Coryphaena hippurus*) (Figura 1).

Figura 1. Exemplar de dourado (*Coryphaena hippurus*).



As vísceras de fígado (Figura 2A) e intestino (Figura 2B) utilizadas foram provenientes da evisceração desses peixes capturados pela associação de pescadores artesanais do Janga, Paulista, Pernambuco, Brasil. Após a etapa de limpeza externa e evisceração, realizada pelos pescadores, os resíduos sólidos rejeitados/descartados foram selecionados e tratados separadamente ou através da formação de uma mistura de vísceras, para posterior recuperação de proteases totais e de proteases colagenolíticas.

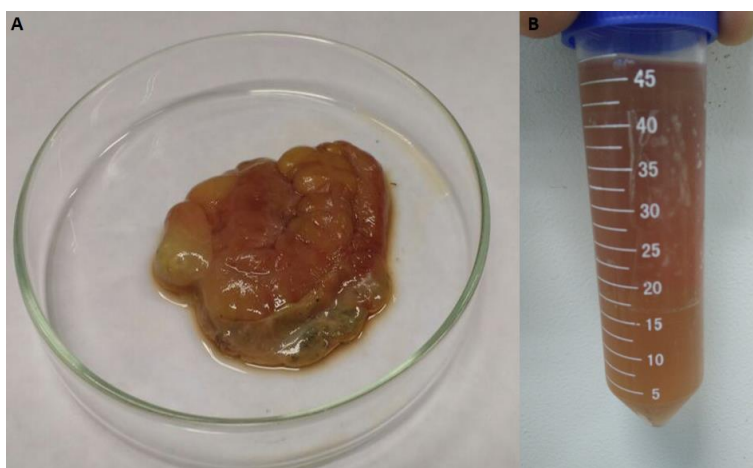
Figura 2. Vísceras digestivas de dourado (*Coryphaena hippurus*). A. Fígado. B. Intestino.



3.2 Extração De Proteases Colagenolíticas

A extração de proteases colagenolíticas a partir dos resíduos (Figura 3A) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2019a). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl₂) foi de 1:5 (p/v). Todas as vísceras recolhidas foram homogeneizadas separadamente durante 5 minutos em um homogeneizador ajustado a velocidade de 10,000-12,000 rpm (4°C) (IKA RW 20D S32, China). O homogeneizado foi então centrifugado (centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 30 minutos (4° C). O sobrenadante final ainda passou por um pré-aquecimento a 45° C durante 30 minutos e, em seguida, colocados em gelo para arrefecimento rápido, e a sua atividade enzimática foi mensurada antes e após o aquecimento. Este procedimento teve por objetivo desnaturar as proteases de baixa resistência térmica e ativar zimogênios tripticos. O sobrenadante final aquecido foi definido como o extrato em bruto, E. B. (Figura 3B), sendo armazenado a -25° C, para posteriores etapas de pré-purificação e recuperação de atividade biológica.

Figura 3. Extrato bruto enzimático de vísceras digestivas de dourado (*Coryphaena hippurus*). A. Intestino sendo preparado para maceração. B. Extrato bruto enzimático intestinal.



3.3 Determinação de proteínas totais

A concentração de proteína de todos os extratos de vísceras foi determinada de acordo com Smith et al. (1985).

3.4 Atividade proteolítica total

As atividades das proteases totais foram avaliadas usando azocaseína como substrato, utilizando microplacas e o leitor ELISA. Em triplicata, utilizando tubos de microcentrífuga, 50 µl de azocaseína a 1% (p/v) (Sigma), preparado em 0,2 M Tris-HCl pH 7,5, foi incubado com 30 µl de extrato bruto durante 60 minutos a 25°C. Após esse período, foram adicionados 240µL de ácido tricloroacético (TCA) 10% (p/v) para parar a reação. Após 15 minutos em repouso, os tubos foram centrifugados por um período de 5 minutos a 8.000 x g. em seguida, 70 µl do sobrenadante foram então adicionados a 130 µl de NaOH 1 M em uma microplaca de ELISA e a absorbância da mistura foi mensurada medida num leitor ELISA (Bio-rad 550) a 450 nm contra um branco preparado da mesma maneira. Uma unidade (U) de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima para hidrolisar a azocaseína, dando um aumento de 0,001 unidades de absorbância por minuto (ALENCAR et al., 2003).

3.5 Atividade colagenolítica

A determinação da atividade colagenolítica foi realizada segundo metodologia descrita por Oliveira et al. (2019a), utilizando Azo dye-impregnated collagen - Azocoll (Sigma) como substrato. Uma mistura de reação, que contém 5 mg de azocoll, 500 µl de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5) que contendo CaCl₂ 5 mM e 500 µl de extrato bruto enzimático, foram incubados a 55° C durante um período de 30 minutos, sob agitação constante e em triplicata. Posteriormente, foram adicionados 200 µl de ácido tricloroacético (TCA) e incubadas para parar a reação. Após 10 minutos, as amostras foram centrifugadas (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 10 minutos a 4° C. A leitura da amostra foi realizada com espectrofotômetro em um comprimento de onda de 595 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima necessária para aumentar a absorção de 0,01 a 595 nm.

3.6 Etapas de purificação parcial

A etapa de purificação parcial foi realizada utilizando acetona e álcool etílico na proporção de 30, 60 e 90% de solvente e 70, 40 e 10% de cada extrato bruto enzimático preparado, respectivamente, com o volume final de 2 mL para todos os ensaios. Após um período de 10 minutos sob refrigeração a 4° C, o material foi centrifugado (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 8.000 x g durante 10 minutos a 4°C. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e o precipitado ressuspendido em um volume de 2 mL de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5), contendo CaCl₂ 5 mM. Os extratos de intestino passaram por uma segunda precipitação com sulfato de amônia ((NH₄)₂ SO₄) nas concentrações de 0-30, 30-60 e 60-90%.

3.7 Recuperação e fator de purificação

Para calcular a recuperação e a eficiência da purificação parcial foram utilizadas as seguintes equações (DANTAS, 2017):

Atividade específica (U/mg de proteína): atividade enzimática (U/mL)/proteínas totais (mg/mL);

Rendimento (%): (atividade específica do material precipitado/atividade enzimática do extrato bruto) x 100;

Fator de purificação: atividade específica do material precipitado/atividade específica do extrato bruto enzimático.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos sólidos orgânicos de dourado (*Coryphaena hippurus*) foram macerados e homogeneizados, produzindo assim o extrato bruto enzimático, obtendo-se para extratos de fígado e intestino, respectivamente: 1,77 e 1,30 U/mg de proteínas totais; 18,91 e 372,59 U/mg de atividade colagenolítica específica; e 1,27 e 8,55 U/mL de atividade proteolítica/proteasica, tomando-os como

referência para calcular o rendimento e o fator de purificação do material precipitado com solvente orgânico e com sal.

A concentração de solvente utilizada (Tabela 1) que resultou no maior fator de purificação variou de acordo com a víscera empregada. Para os ensaios com extratos de fígado, a concentração de 30% de acetona resultou no maior fator de purificação (0,56) com rendimento de 97,06%. Quando da utilização do álcool etílico, o maior fator de purificação foi observado na concentração de 90% (FP: 0,46). Quando do ensaio com intestino, foi observado maior fator de purificação na concentração de 60% de acetona como solvente (PF: 0,42), mesma quantidade de álcool etílico (0,34 para ambas as concentrações). A precipitação é uma técnica rápida e muitas vezes eficiente, tendo servido aqui para obtenção de um extrato enzimático com um fator de purificação baixo, porém satisfatório para posteriores análises.

Tabela 1. Atividade proteasica do extrato bruto de vísceras digestivas de dourado (*Coryphaena hippurus*) precipitado com solventes orgânicos.

Concentrações/ Vísceras	Acetona			Álcool etílico		
	Atividade (U/mL)	Y (%)	FP	Atividade (U/mL)	Y (%)	FP
30 % (Fígado)	1,24	97,06	0,56	0,90	71,00	0,37
60% (Fígado)	1,15	90,22	0,44	0,96	75,24	0,39
90% (Fígado)	1,13	88,92	0,25	1,04	81,75	0,46
30 % (Intestino)	5,21	60,98	0,29	5,35	62,59	0,33
60% (Intestino)	2,77	86,79	0,42	7,69	89,96	0,34
90% (Intestino)	1,44	119,43	0,21	7,35	85,92	0,33

Y: rendimento; FP: fator de purificação.

As frações com maior atividade após a precipitação com solventes orgânicos foram separadas e quantificadas quanto à presença de proteases colagenolíticas. As frações de 30% de acetona no fígado renderam uma atividade colagenolítica específica de 15,52 U/mg, enquanto que a de intestino (fração 60%) foi de 296,57 U/mg. Já as frações utilizando álcool etílico, o de fígado e de intestino apresentaram, respectivamente, 21,02 e 543,77 U/mg de atividade colagenolítica específica.

Os valores encontrados para a atividade colagenolítica são superiores aos descritos para as espécies de pescada branca *Cynoscion leiarchus* (22,0 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2017a), arabaiana *Seriola dumerili* (42,44 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2017b), surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (15,95 U/mg), jaguar *Parachromis managuensis* (31,98 U/mg), ariocó *Lutjanus synagris* (35,18 U/mg), cavala *Scomberomorus mackerel* (46,88 U/mg), beijupirá *Rachycentron canadum* (52,13 U/mg), tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* (58,27 U/mg), tambaqui *Colossoma macropomum* (66,68 U/mg) e tucunaré *Cichla ocellaris* (94,35 U/mg) (OLIVEIRA et al., 2019a).

A utilização de tecnologias simples foi empregada por Oliveira et al. (2019c) ao utilizar diferentes formas de separação por centrifugação para obtenção de proteases de *C. ocellaris* a partir de vísceras internas (intestino, fígado, estômago, coração e resquícios de músculos). Segundo os autores, o intestino foi a víscera com maior concentração de protease, sendo altamente indicada para pesquisas posteriores com proteases de interesse biomédico, como a colagenase.

A precipitação com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Tabela 2) indicou um rendimento próximo a 100% nas frações 0-30% e 30-60%. Ainda, o maior fator de purificação (1,86) foi observado na fração 30-60%. O resultado foi reflexo do aumento da atividade colagenolítica volumétrica e específica do extrato bruto (486,7 U/mL e 372,59 mg/mL) em relação ao material precipitado com o sal de amônia (489,0 U/mL e 693,61 mg/mL). Os aumentos da atividade e do fator de purificação indicam possibilidade de utilização desse tipo de precipitação na recuperação rápida de colagenases extraídas de peixes marinhos, como forma de purificação parcial.

Tabela 2. Precipitação salina da protease colagenolítica intestinal de dourado (*C. hippurus*).

Concentrações/ Vísceras	Proteínas totais ($\mu\text{m}/\text{mL}$)	Proteínas totais (U/mg)	Atividade colagenolítica (U/mL)	Atividade colagenolítica (U/mg)	Y (%)	FP
0-30%	328273,1	328,273	485,6	1,47	99,77	0,003
30-60%	705,0	0,705	489,0	693,61	100,47	1,861
60-90%	454,5	0,454	263,8	580,38	54,20	1,557

Y: rendimento; FP: fator de purificação.

5. CONCLUSÕES

Aqui, proteases colagenolíticas foram recuperadas com sucesso. As técnicas empregadas contribuem para a redução de custos na indústria, além de serem ecologicamente viáveis. Os resultados demonstram potencial da espécie de dourado como fonte de colagenase e que essa colagenase pode apresentar atividade específica alta, principalmente através da precipitação salina com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Ainda, é possível assim sugerir a prática aqui descrita para a recuperação de outras biomoléculas a fim de contribuir para com a redução dos despejos de resíduos sólidos, inserindo-se facilmente em planos de gestão ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, R. B.; BIONDI, M. M.; PAIVA, P. M. G.; VIEIRA, V. L. A.; CARVALHO JÚNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Alkaline proteases from digestive tract of four tropical fishes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 279–284, 2003.
- AZEVEDO, R. D.S. ; AMARAL, I. P. G. ; FERREIRA, A. C.M. ; ESPÓSITO, T. S. ; BEZERRA, R. S. Use of fish trypsin immobilized onto magnetic-chitosan composite as a new tool to detect antinutrients in aquafeeds. **Food Chemistry**, v. 257, p. 302-309, 2018.
- BHATTACHARYA, S.; BHATTACHARYA, S.; GACHHUI, R.; HAZRA, S.; MUKHERJEE, J. U32 collagenase from *Pseudoalteromonas agarivorans* NW4327: Activity, structure, substrate interactions and molecular dynamics simulations. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 635-650, 2019.
- BEZERRA, R. S.; LINS, E. J. F.; ALENCAR, R. B.; PAIVA, P. M. G.; CHAVES, M. E. C.; COELHO, L. C. B. B.; CARVALHO JUNIOR, L. Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Process Biochemistry**, v. 40, p. 1829-1834. 2005.
- BEZERRA, R. S.; BUARQUE, D. S.; AMARAL, I. P. G.; CASTRO, P. F.; ESPÓSITO, T. S.; CARVALHO JÚNIOR, L. B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura (pp. 2061-275). Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, 2006.

- CANDIOTTO, F. B.; FREITAS-JÚNIOR, A. C. V.; NERI, R. C. A.; BEZERRA, R. S.; RODRIGUES, R. V.; SAMPAIO, L. A.; TESSER, M. B. Characterization of digestive enzymes from captive Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 2, p. 281-288, 2018.
- COSTA, H. M. S.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; AMARAL, I. P. G.; HIRATA, I. Y.; PAIVA, P. M. G.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v. 7, p. 1-8, 2013.
- DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Isolation and activation of collagenase from fish processing waste. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 3, p. 191-203, 2012.
- DANTAS, J. M. M. **Purificação de quitosanases produzidas por *Bacillus cereus* utilizando cromatografia líquida rápida de proteínas**. 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- DAUDA, A. B.; AJADI, A.; TOLA-FABUNMI, A. S.; AKINWOLE, A. O. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. **Aquaculture and Fisheries**, v. 4, p. 81-88, 2019.
- ESPÓSITO, T. S.; MARCUSCHI, M.; AMARAL, I. P. G.; CARVALHO, L. B.; BEZERRA, R. S. Trypsin from the processing waste of the lane snapper (*Lutjanus synagris*) and its compatibility with oxidants, surfactants and commercial detergents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 6433-6439, 2010.
- GURUMALLESH, P.; ALAGU, K.; RAMAKRISHNAN, B.; MUTHUSAMY, S. A systematic reconsideration on proteases. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 128, p. 254-256, 2019.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S. Fish digestive hydrolase: biochemical, physiological and biotechnological aspects. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.7, n.3, p.330-341, 2014.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 1, p. 52-64, 2017a.
- OLIVEIRA, V. M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v. 5, n. 6, p. 233-238, 2017b.
- OLIVEIRA, V. M.; CARNEIRO CUNHA, M. N.; ASSIS, C. R. D.; NASCIMENTO, T. P.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; PORTO, A. L. Colagenases de pescado e suas aplicações industriais. **Pubvet**, v. 11, n. 3, p. 243-255, 2017c.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C.R.D. ; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J. ; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p. 1-10, 2019a.
- OLIVEIRA, V. M.; NERI, R. C. A.; MONTE, F. D.; ROBERTO, N. A.; COSTA, H. M.; ASSIS, C. R.; FERREIRA, J. S.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Crosslink-free collagen from *Cichla ocellaris*: Structural characterization by FT-IR spectroscopy and densitometric evaluation. **Journal of Molecular Structure**, v. 1176, p. 751-758, 2019b.
- OLIVEIRA, V.M.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; PORTO, A.L.F. **Purificação parcial de biomoléculas extraídas dos resíduos sólidos do pescado beneficiado em Petrolândia-PE**. In: André Cardim de Aguiar; Kardelan Arteiro da Silva; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas. 1ed. Recife: EDUFRPE, 127-139, 2019c.
- PURWANTO, M.G.M. The Role and Efficiency of Ammonium Sulphate Precipitation in Purification Process of Papain Crude Extract. **Procedia Chemistry**, v. 18, p. 127-131, 2016.

SILVA, J. F. X.; RIBEIRO, K.; SILVA, J. F.; CAHÚ, T. B.; BEZERRA, R. S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 196, p. 96-106, 2014.

SILVA, J.C.; SILVA, Q.G.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Uso de resíduos orgânicos de anchova (*Pomatomus saltatrix*) e robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) para recuperação de proteases alcalinas. in: André Cardim de Aguiar; Kardelan Arteiro da Silva; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ed. Recife: EDUFRPE, 117-126, 2019.

SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v. 150, n. 1, p. 76-85, 1985.

VIDAL, M.F. Panorama da piscicultura no Nordeste. **Cad. Setorial ETENE**, v. 2, n. 3, p. 6040–6042, 2016.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; SANTOS, G.; COSTA, W. M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, p. 190-202, 2015a.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; VIDAL, J. M. A.; COSTA, W. M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p. 295-303, 2015b.

5.7 RECICLAGEM DE ÓLEO DE COZINHA; ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE SABÃO

MORAIS, Milena Jacira Silva de
Universidade Federal de Pernambuco
jacira.milena@gmail.com

FONTES, Anderson Andrade
Universidade Federal de Pernambuco
andersonandrdefontes@gmail.com

CARVALHO, Talita Leão de
Universidade Federal de Pernambuco
talitaleaoc@gmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima
Universidade Federal de Pernambuco
apclima@gmail.com

RESUMO

A gestão de óleos é uma ação bastante importante, pois o óleo pode ser bastante prejudicial ao meio ambiente e aos animais quando descartado de forma incorreta, podendo causar também prejuízo financeiro devido aos danos nas tubulações hidráulicas. Uma das formas de evitar esse descarte incorreto é reciclar o óleo caseiro para produção de sabão. Na internet encontram-se diversas maneiras de produzir sabão em casa, a partir do óleo usado e utilizando reagentes que são de fácil acesso às pessoas. A comparação de métodos é necessária para verificar qual produto está mais indicado para o uso, não podendo causar riscos ao consumidor. Este trabalho objetivou analisar e comparar diferentes metodologias, obtidas por meio de pesquisas na internet, para a produção de sabão a partir de óleo de cozinha usado. Foram comparadas algumas características físicas e químicas, e após as comparações foi avaliado qual método apresenta melhor custo benefício. Visando entender a aceitação deste sabão pelas pessoas e divulgar uma possibilidade de preservação ambiental com este tipo de atitude, com uma breve conversa para conscientização sobre opções de reciclagem e de sustentabilidade, uma pesquisa de campo foi realizada para este estudo de casos. Os resultados mostraram que os sabões líquidos não estavam dentro das características físico-químicas esperadas, e os sabões sólidos apresentaram uma boa aparência e maior conformidade nos parâmetros analisados, exceto a alcalinidade que precisa ser ajustada. Na pesquisa de campo sobre a utilização dos sabões sólido e líquido, observou-se que o sabão sólido foi mais aceito, visto que sua aparência apresenta uma estabilidade física melhor.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão, Estudo de Casos, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a população está começando a se preocupar mais com a responsabilidade ambiental e começa a pensar mais no desenvolvimento sustentável. Com isso, ocorre o surgimento de alguns meios de gestão de resíduos sólidos, como o reuso ou até mesmo a reciclagem de alguns materiais. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece como gestão integrada de resíduo de sólidos: “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010).

Segundo Cavalcanti et al. (2019), os resíduos sólidos não tomam seu destino final adequadamente, ferindo assim a lei de crimes ambientais, que responsabiliza os responsáveis por dispor resíduos sólidos em lixões. Assim como os municípios também não organizam nem prestam serviços públicos de gestão de resíduos sólidos. Além disso, de acordo com a Lei nº 12.305/2010, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos haveria de ser implantada até o ano de 2014, contudo apenas metade dos municípios brasileiros destinou seus resíduos a aterros controlados e aterros sanitários, configurando um descaso na implantação destes planos de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O óleo de cozinha é uma substância de origem vegetal formada por ésteres de glicerol (triglicerídeos) e diversos ácidos graxos com cadeias que variam entre 8 e 24 átomos de carbono, além de ser um líquido viscoso e não solúvel em água. Pode ser produzido a partir de sementes de várias plantas como amendoim, girassol, babaçu, milho, canola, mamona e algodão, além da soja e é um produto muito utilizado para a fritura em vários estabelecimentos (MONTE et al., 2015).

Os resíduos de óleos e gorduras vegetais são considerados perigosos para o meio ambiente num geral. Quando descartados de maneira errônea causam sérios problemas afetando as pessoas, a fauna e a flora. Quando são unidos a outros poluentes de áreas urbanas e por não serem biodegradáveis são um problema ainda maior, pois levam bastante tempo para serem absorvidos pelo meio ambiente. Quando em contato com o solo causam sua impermeabilização e com isso destroem a vegetação e aumentam os riscos das enchentes. Na água a contaminação é ainda maior, pois cada litro de óleo contamina 20 litros de água, o que em contato com os córregos impede a entrada de luz e oxigênio, acarretando uma alteração no ecossistema aquático do local.

Castellanelli et al. (2007), enfatiza que devido a falta de informação o resíduo do óleo de cozinha, gerado diariamente nos lares, indústrias e estabelecimentos do país acaba sendo despejado diretamente nas águas (rios e riachos ou simplesmente em pias e vasos sanitários) chegando aos sistemas de esgoto e causando danos, como entupimento das tubulações e o encarecimento dos processos das estações de tratamento, além de contribuir para a poluição do meio aquático, ou, ainda, no lixo doméstico – contribuindo para o aumento das áreas dos aterros sanitários. Fazem-se necessárias formas de sensibilização da população utilizando questionários para conhecer o público alvo e posteriormente a utilização de meios de divulgação, como panfletos, para informar a população sobre o descarte correto deste material (SILVA; NASCIMENTO, 2019).

Para evitar os problemas citados, o óleo utilizado nas frituras pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de diversos produtos como biodiesel, tintas, óleos para engrenagens, sabão, detergentes e outros. Há vários métodos diferentes de obtenção do sabão utilizando-se do óleo usado. Os sabões são sais de ácidos carboxílicos que possuem cadeia longa apolar e extremidade polar e que são produzidos a partir dos óleos pelas reações de saponificação, utilizando uma solução alcalina, que resulta na formação de glicerol e em uma mistura destes sais de ácidos graxos (ARAÚJO et al., 2012; RIBEIRO; SERAVALLI, 2001). A glicerina pode ser removida ou mantida na composição final, podendo agir como umectante, absorvendo umidade do ar e, como emoliente, tornando a pele mais macia.

Existem diferentes processos para a produção de sabão e tendo como prioridade a preservação do meio ambiente por meio da gestão do óleo de cozinha utilizado. Assim, este trabalho tem como finalidade analisar e comparar diferentes metodologias, obtidas por pesquisas na internet (sendo o critério de escolha o uso de materiais de fácil acesso e metodologias simples), para a produção de sabão a partir de óleo de cozinha usado. Foram analisadas propriedades como uniformidade física, pH, poder espumante, aparência física e tempo de preparo. Um estudo de caso, realizado por meio de pesquisa, foi realizado para avaliar qual método apresenta melhor custo benefício e para analisar a aceitação do produto pelo público.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Lei nº 12.305/2010 estabelece como um todo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Estão sujeitas à observância desta lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos. Ainda define no parágrafo XVI, do Artº 3 que resíduo sólido é:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Em se tratando de resíduos químicos, como óleos, gerados em diversos locais, ainda é um problema o destino adequado para alguns destes materiais (OLIVEIRA et al., 2018). Estes resíduos químicos devem ser geridos através de um programa de gerenciamento discriminado em um guia prático. Isso facilita o processo, pois o cumprimento de etapas, como realização de inventário, classificação e caracterização dos resíduos é possível identificar os principais geradores de resíduos. Após toda caracterização, os resultados obtidos indicam as medidas para minimizar o impacto ambiental da disposição indevida destes materiais. O descarte inadequado de quaisquer que sejam os materiais pode acarretar a contaminação do solo (GOMES et al., 2013). Em se tratando da região rural, a contaminação pode passar para o alimento produzido entre outras variáveis negativas (BRITO et al., 2019).

É vasto o número de pessoas que desconhecem possíveis destinos alternativos para o óleo de cozinha utilizado para fritura, sendo a pia da cozinha a alternativa mais atrativa e cômoda. Há quem guarde mais que desconheça o destino apropriado. Uma opção de reciclagem deste material é a produção de sabão (GODOY et al., 2011). A reação de saponificação, é feita a partir da junção de um ácido graxo, que são os óleos, com uma base forte e com aquecimento sofre hidrólise formando glicerol e sal de ácido graxo (ARAÚJO et al., 2012). Esse sal tem parte hidrofóbica, cadeia carbônica longa, e parte hidrofílica, grupo carbonila da cadeia, por isso são capazes de dissolver tanto em gordura quanto em água (PERUZZO; CANTO, 2006).

O óleo é classificado como agente tóxico ao ecossistema, que são substâncias ou misturas que apresentem ou possam apresentar riscos para um ou vários compartimentos ambientais. Uma linha de pesquisa bastante promissora é a utilização do óleo de cozinha para a produção de biodiesel, por meio da reação com o álcool produzindo um éter de ácido graxo e glicerina produto facilmente separado por ser insolúvel. Utilizando como catalizador da reação o óxido de cálcio proveniente de conchas de vieiras ou estrume de galinha passa pelo processo de calcinação e em seguida o de caracterização para confirmar sua composição. Uma vez confirmada é possível explorar sua atividade catalítica em busca do ponto ótimo para produção maior volume de combustível

proveniente da reação de transesterificação. Tais catalisadores são utilizado de modo a baratear o processo de fabricação do biodiesel para que o mesmo se torne um concorrente de mercado livre de enxofre, formando, assim, um produto verde (LIMA et al., 2014; MANEERUNG et al., 2016; SIRISOMBOONCHAI et al., 2015).

Utilizar um determinado resíduo como matérias-primas, fabricando assim produtos verde, diminuído assim o impacto ambiental que o resíduo geraria. O óleo que é um composto orgânico que não pode ser utilizado para compostagem, como também possui um uso bastante consolidado sendo necessário, então, um direcionamento alternativo e uma das opções é a produção de sabão. Desse modo, a mudança no padrão de consumo da população é essencial, pois é necessária uma certa demanda de consumidores para que aumente a oferta, que pode acontecer ao disseminar as informações do produto acarretando numa reeducação do padrão de consumo. Já é possível encontrar na literatura estudos detalhados para produção de sabão de qualidade.

É verificado o índice de saponificação ao reagir um volume fixo de óleo com um volume de base em excesso, em seguida a mistura é titulada com um ácido e calculado assim o índice de saponificação. Sabendo o índice de saponificação do óleo é possível obter um produto final de alta qualidade, sendo ainda explorada neste trabalho a produção de sabão com óleo de fritura, de oliva, de palma e de coco em diferentes proporções. Além disso, buscou-se a formulação de um produto agradável, com a consistência ideal e textura e aroma agradáveis, tendo em vista que foi produzido sem o uso de matéria-prima fina (VINEYARD; FREITAS, 2011). Foi indicado o uso do óleo essencial de laranja extraído da casca, para aumentar a aceitabilidade do produto fabricado e por ser a reutilização de outro resíduo (FÉLIX et al., 2017).

A partir do óleo de fritura residual ainda é possível desenvolver um aditivo capaz de apresentar um teor de incorporação de ar relevante e de grande aplicabilidade, além do ganho substancial na trabalhabilidade do concreto com tal aditivo. Este aditivo é desenvolvido utilizando um detergente natural neutro à base do óleo de fritura residual, ao invés de compostos sintéticos comerciais, sendo uma inovação limpa e sustentável de grande valia para a construção civil. Primeiro utiliza-se da reação de saponificação para a obtenção de um detergente neutro, para que posteriormente o aditivo fosse produzido a partir de reações ácido-base em contato com este detergente, a fim de se reter o CO₂ liberado pelas reações, criando assim uma estrutura aerada interna ao concreto, sendo então um concreto classificado como leve, por ter sua massa específica reduzida (SILVA; MELO; DUARTE, 2019).

Com o aumento exponencial do consumo de recursos naturais, agravado pelo advento da Revolução Industrial, a educação ambiental passou a ser essencial para uma maior conscientização social acerca dos problemas ambientais. Nesse contexto, este estudo busca contribuir com o avanço do conhecimento acadêmico sobre educação ambiental. Para tal, adotou-se a pesquisa exploratória, de caráter qualitativo (ROMANI-DIAS; BARBOSA; COLALILLO, 2016).

3. METODOLOGIA

Os procedimentos escolhidos para serem reproduzidos foram pesquisados na internet. O critério de escolha foi voltado para os métodos que requeresse materiais de fácil acesso. As metodologias encontradas foram adaptadas para utilizar um volume de 100 mL de óleo de cozinha já utilizado para fritura, pois com esse parâmetro fixo é possível avaliar o rendimento de cada metodologia, e também para obtenção de um sabão de boa qualidade. Os sabões foram feitos por quatro diferentes metodologias descritas na internet, decorrido o tempo repouso indicado por cada método, cada produto formado foi avaliado pelos parâmetros de qualidade e classificado como bom, regular e ruim.

3.1. Sabão líquido método 1: soda cáustica e álcool

Metodologia de Galvani e Catella (2014), onde foi efetuado o ajuste necessário nas proporções dos reagentes. Para a produção do sabão foram utilizados 100 mL de óleo de fritura (previamente filtrado), 14 g de soda cáustica (NaOH) de uso comercial (obtido em mercado), 84 mL de etanol (C₂H₆O) 92,8 INPM e 550 mL de água. Em um béquer de 500 mL foi adicionado 500 mL de água, em seguida o béquer foi transferido para a chapa aquecimento até alcançar a temperatura morna (~40°C). Em uma balança semi-analítica pesou-se a massa de NaOH e em seguida a mesma foi dissolvida em 50 mL da água morna. Em um recipiente plástico, com capacidade para 500 mL, adicionaram-se os volumes de óleo e de etanol, homogeneizou até se tornarem um líquido uniforme. A mistura permaneceu em repouso por quatro minutos. Decorrido o tempo recomendado, transferiu-se lentamente e sob constante agitação, a solução de NaOH para a mistura de óleo e etanol. Após a adição de toda a solução de NaOH, a mistura permaneceu sendo agitada até a mudança de coloração. O ponto final é confirmado quando o líquido apresenta uma consistência de fio, que pode ser verificada suspendendo o bastão e observando como o fluido escorre. Ao chegar na consistência esperada acrescentou-se o restante da água e o sabão foi transferido para uma garrafa PET, onde permaneceu por 7 dias para estabilizar o produto formado. Em seguida foi aferido o pH.

3.2. Sabão líquido método 2: com ácido acético

Este procedimento foi obtido em um site para reciclagem de materiais do dia a dia (ECYCLE, 2019). Para a produção desse sabão utilizou 100 mL do óleo de fritura (previamente filtrado em pano de café), 14 mL de água destilada morna, 13 g de NaOH (uso comercial e deveria ser pureza mínima de 97%), 400 mL de água destilada fervente, 10 mL de etanol comercial e 3 mL de ácido acético comercial (vinagre). O volume de água foi transferido para um béquer de 500 mL e aquecido até uma temperatura de 70° C. Em um recipiente de plástico com capacidade para 600 mL transferiu-se a água morna e em seguida adicionou-se, aos poucos, a massa de NaOH e com um bastão de madeira foi agitada a solução para dissolução da base. O volume óleo fritura foi transferido para um béquer de 250 mL e aquecido até uma temperatura de 40° C. A solução de NaOH foi adicionada aos poucos ao óleo morno, sob constante agitação manual. A mistura permaneceu sendo homogeneizada por 20 minutos. Após esse tempo, a mistura foi transferida para um béquer contendo a água fervente (com o béquer ainda na chapa aquecedora), homogeneizou-se, e em seguida o béquer foi retirado da chapa e foram adicionadas as quantidades de etanol e de ácido acético (vinagre). Terminado o processo, mediu-se o pH do sabão líquido formado, e adicionou pequenas quantidades de vinagre para abaixar o pH, no total foram utilizados cerca de 20 mL de ácido acético.

3.3. Sabão sólido método 3: álcool e água gelada

Este procedimento foi obtido no site de Dicas da Mulher (BROETTO, 2018) e ajustado para um volume menor. Para a produção do sabão em barra foram utilizados 100mL de óleo de cozinha usado, 33 g de NaOH, 3 g de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), 10 mL de detergente e 100 mL de álcool comercial e 31 mL de água gelada. Em um recipiente plástico de 500 mL colocou-se o óleo e o detergente neutro homogeneizou com o auxílio de um bastão de madeira. À combinação formada adicionou-se pouco a pouco as escamas de NaOH, que foi sendo dissolvido com a agitação constante. O bicarbonato de sódio foi dissolvido no volume acima citado de água gelada. Uma vez dissolvido todo o NaOH, foi incluído à mistura a solução de bicarbonato de sódio e homogeneizou a mistura. Quando a mistura incorporou todos os ingredientes, a mesma foi transferida para o molde escolhido, que consistiu em uma garrafa PET onde permaneceu em repouso por 24 horas.

3.4. Sabão sólido método 4: na garrafa pet

Este procedimento foi obtido em um vídeo didático disponível no YouTube, apresentado por Thenório (2015) cujo objetivo reciclagem de óleo de forma prática. Para a produção desse sabão foram utilizados 100 mL do óleo de cozinha usado, 15 g de NaOH, 26 mL de água morna e 5 mL de etanol. Em um béquer de 50 mL o volume água foi levado para uma chapa aquecedora, onde permaneceu até apresentar temperatura de 40°C. Uma vez morna, a água foi adicionada, aos poucos, a massa de NaOH, sob agitação até a completa dissolução completa do NaOH.

O óleo de cozinha morno foi adicionado em uma garrafa PET de 500 mL. Em seguida metade da solução de NaOH foi adicionado ao óleo e agitou-se a garrafa por 3 minutos. Depois desse tempo, foi aberta a tampa para liberação dos gases formados e adicionou-se a outra metade da solução e o etanol, e agitou-se a garrafa por mais 20 minutos. Após esse tempo, o sabão apresentou-se estrutura consistente. Deixou-se a garrafa em repouso por 7 dias, para que o sabão estabilizasse no fundo da garrafa.

3.5. Avaliação do produto

Os parâmetros de qualidades estabelecido nesta pesquisa como fundamentais seguiu o modelo proposto por Manji, Sarah e Modibbo (2013) avaliando a propriedade física ou química para o produto fabricado, sendo estes: uniformidade física, pH, poder de espuma, aparência física, odor e tempo de preparo. Podendo cada parâmetro ser classificado como bom, regular e ruim, de acordo com os resultados obtidos durante os ensaios para fabricação do mesmo. Considerou-se como bom um sabão líquido sem partículas em suspensão apresentando uniformidade física e consistência em fio, como regular um sabão com uma pequena quantidade de partículas e como ruim um sabão líquido com duas ou mais fases. Um sabão sólido com cor e estrutura física uniforme é classificado como bom, quando o sabão sólido mesmo apresenta estrutura semissólida maleável com consistência de pasta e resquícios de óleo considerou-se como regular e se o mesmo não solidifica com uma grande porção de óleo não saponificado foi considerado como ruim.

Tanto para o sabão líquido como para o sabão sólido foi considerado ruim um produto com pH entre 13-14, regular na faixa do 10-12 e bom entre 8-9. Esse parâmetro é muito importante, pois inviabiliza o uso desse sabão se apresentar basicidade fora da faixa permitida (pH 8 a 10). Não é indicado o uso fora da faixa de pH 8 a 10, pois pode ocasionar danos ou irritações na pele. Para ambos os sabões, no parâmetro de poder de espuma considerou que: se o mesmo produz espuma foi classificado como bom, se faz poucas bolhas como regular e ruim o sabão que não produz nenhuma. Para que o produto venha a ser produzido para fins de consumo doméstico é importante não ter um tempo de preparo dispendioso, como também uma aparência física atrativa. Desse modo o sabão que precisa mais de 60 minutos para produção é considerado ruim, entre 40 a 60 minutos é considerado regular e menos de 40 minutos um sabão bom. Quanto a aparência física foi classificada pelo fabricante do produto uma vez que é o usuário em potencial e pelos entrevistados (item 3.6).

3.6. Pesquisa de campo

Para avaliação em pesquisa de campo, dentre os quatros sabões produzido, utilizou-se o melhor sabão líquido e o melhor sabão sólido. A determinação destes dois sabões foi no resultado de desempenho dos parâmetros de qualidade estabelecidos no item 3.5. A seguir estão descritas as perguntas realizadas:

- 1) Você usaria esse produto, se ele tivesse sido produzido por você?
- 2) Você usaria esse produto, caso tivesse ganhado?
- 3) Você compraria esse produto?
- 4) Você investiria seu tempo na produção de um sabão (líquido ou sólido)?
- 5) Você acondicionaria óleo de fritura para que outra pessoa o realizasse a produção do sabão?

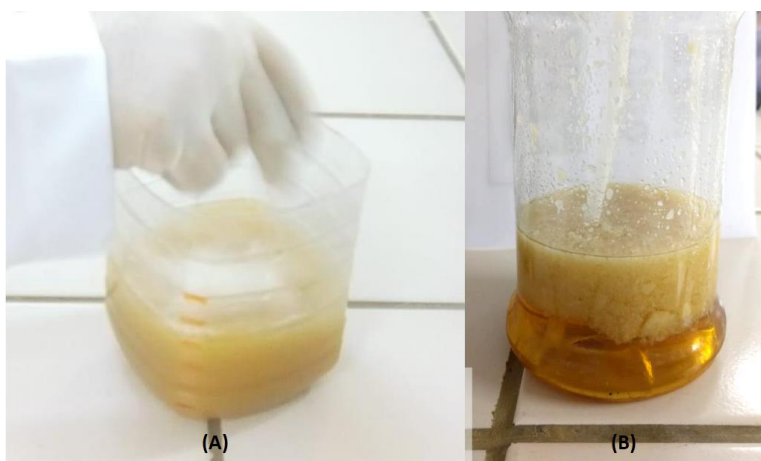
As respostas aceitas foram: sim, não ou talvez. Informações sobre a composição, assim como a produção do sabão foram fornecidas quando questionada e a metodologia indicada para produção caseira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Líquido 1: soda cáustica e álcool

O produto apresentou duas fases, em cores distintas entre si, sendo a camada superior uma coloração creme com estrutura sólida e a camada inferior com coloração castanho avermelhado em estado líquido. Entre as camadas descritas formou-se uma terceira camada de partículas em suspensão de coloração variável. Segundo estudos encontrados, o NaOH é uma base indicada para a fabricação de sabões duros sendo indicado o uso do KOH para fabricação de sabões moles (LIMA et al., 2014), sendo assim, o sódio pode ter sido o fator relevante para má qualidade deste sabão. A aparência final do produto foi classificada como ruim e pouco atrativa. Seu tempo de preparo foi de cerca de 30 minutos. A visão deste sabão líquido (Figura 1-A), homogêneo parece possuir fase única, mas uma vez cessada a agitação apresenta suas duas fases.

Figura 1. Sabão líquido: (A) - Metodologia com soda cáustica e água; (B) - Metodologia com ácido acético.



Com auxílio do papel pH, foi constatado que o sabão possuía um pH altamente alcalino com coloração indicando pH 14 para o produto, considerado como inadequado para uso domiciliar segundo a Resolução de Diretoria Colegiada nº40 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA (2008), que informa que os produtos destinados para a limpeza manual de louças precisam possuir pH dentro da faixa que varia de 5,5-9,5. O sendo necessário que produtos com pH entre 9,5 e 10,0 possuam um rótulo explicativo com estudos dermatológico para justificar o excesso. Outra desvantagem foi a consistência oleosa. Utilizando luvas, o sabão líquido foi utilizado para lavar uma vidraria e apresentou um alto poder de espuma.

Ao estudar o óleo extraído de sementes de uma planta popular de sua região Manji, Sarah e Modibbo (2013) antes de iniciar ensaios de produção de sabão, realizaram um teste para determinar o índice de saponificação do óleo. Este índice de saponificação indica a quantidade de base, que deve ser utilizada na produção evitando excesso e elevadas alcalinidades no produto final. Contudo, a metodologia executada não realizou esta análise, e apenas seguiu o sugerido nos métodos apresentados na literatura (sites). Alguns artigos possuem estes valores tabelados para óleos populares como o de coco, de oliva, de palma refino, entre outros (CILLA; INNOCENTINI; MORELLI, 2017). No entanto, por se tratar de uma mistura de óleo provenientes de frituras variadas e sementes variadas, não houve a realização desse tipo de relação quantitativa. Com isto, pode ter ocorrido um erro estequiométrico com relação as proporções utilizadas.

4.2. Líquido 2: com ácido acético

Este sabão líquido apresentou pH elevado (cerca de 13) mesmo após adição de 20 mL do ácido acético, o que indica que o sabão ainda possui NaOH que não reagiu. Esse parâmetro inviabiliza o uso desse sabão, pois está fora da faixa de pH (5,5 a 9,5) permitida pela Anvisa (2008). Ao testá-lo em laboratório, com relação a capacidade de formação de espuma, observou-se que houve a formação de espuma. O sabão produzido apresentou uma textura oleosa, o que pode afirmar que a reação de saponificação não ocorreu de forma completa. Visto que, mesmo com o resíduo de NaOH não ocorreu a saponificação total e resultou neste excesso de óleo. Visualmente, o sabão

apresentou duas camadas: a parte superior era sólida (cremosa) e a parte inferior era líquida e oleosa (Figura 1-B). Ao tentar homogeneizar as duas fases resultou em uma mistura líquida com pedaços grandes da parte sólida. Tendo em vista que a solução de hidróxido de sódio concentrada não reagiu totalmente, não completando a saponificação total do óleo na fase líquida, este excesso pode causar danos a pele (QUIMIDROL, 2014) e o sabão formado se mostrou extremamente corrosivo, podendo causar queimaduras severas com ulcerações profundas.

Para o trabalho utilizou-se de uma diminuição dos volumes obtidos em literatura. Todos os valores foram diminuídos à sua décima parte para que fossem feitos os testes. Com esta diminuição acredita-se que talvez possa ter interferido nas proporções e, por isso, ter ocorrido os resultados negativos existentes. Além das proporções, os reagentes utilizados não eram analíticos, mas sim comerciais e de fácil aquisição, a fim de testar se este produto também pode ser obtido facilmente em ambiente domiciliar. Também foram utilizados alguns materiais que são de fácil acesso e o óleo foi recolhido pelos estudantes, o que pode ter vindo com alto teor de oxidação por armazenagem incorreta.

4.3. Sólido 1: álcool e água gelada

Com auxílio do papel pH, foi constatado que a sabão possuía um pH altamente alcalino, indicando na escala o pH 14 para o produto o que excede a faixa estabelecida pela Anvisa (2008). Utilizando luvas o sabão líquido utilizado para lavar uma vidraria, o mesmo apresentou um alto poder espuma. Durante a síntese do sabão a soda cáustica apresentou uma certa resistência na sua dissolução na mistura líquida de óleo e álcool, sendo necessário uma longa agitação que durou cerca uma hora e vinte minutos. Ao ser retirado do molde o produto apresentou uma estrutura sólida uniforme, com coloração creme e odor similar ao do óleo de cozinha. Com o decorrer do tempo de cura foi possível observar na superfície do sabão o aumento da presença de cristais de NaOH (Figura 2 A), resultado similar foi observado em um estudo realizado por Félix et al. (2017), que após duas semanas de cura o sabão fabricado apenas com óleo de cozinha apresentou pequenos cristais brancos, em outra formulação usando óleo de cozinha e óleo de oliva (1:1) para uma quantidade similar de NaOH o produto final foi considerado um dos melhores entre as catorze formulações testada, evidenciando assim que o óleo possui um potencial de saponificação reduzido e sendo necessário uma quantidade em excesso do óleo para o consumo completo do NaOH.

A massa de NaOH foi muito superior ao necessário, houve uma supersaturação e, conseqüentemente, o sabão apresentou o pH elevado como também cristais da base no produto inviabilizando totalmente seu uso, pois segundo a Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico NaOH (QUIMIDROL, 2002), o mesmo quando em contato com a pele causa destruição e queimadura. É indicado uma redução na massa de NaOH, para diminuir o tempo de dissolução no preparo, redução no pH e uniformidade física do produto, tais ensaios foram realizados por outro grupo de estudo que buscaram um ponto ótimo para produção sabão e encontraram após cinco ensaios.

Figura 2. Sabão sólido: (A) – Metodologia com álcool e água gelada; (B) - Metodologia na garrafa PET.



4.4. Sólido 2: na garrafa pet

O sabão feito em garrafa PET também apresentou pH elevado, cerca de 14, após uma semana de preparado. Quando testado o pH da espuma em laboratório, diminuiu para 12, contudo permaneceu fora da faixa determinada pela Anvisa (2008). Esse pH alto indica que ainda há quantidade elevada de NaOH no sabão. Em relação a capacidade de fazer espuma, observou-se que houve a formação de espuma ao testá-lo. Visualmente, o produto apresentou-se aparentemente uniforme, com coloração amarelada, odor suave, sem deformidades ou partes quebradiças e atrativo aos olhos do consumidor (Figura 2 B). A massa do sabão produzido foi de 101,65 g que é considerado um alto rendimento de produto, um resultado que deve ser divulgado em conjunto com a metodologia como forma de incentivo. Quanto a alcalinidade elevada do produto, foi indicado o estudo da quantidade de NaOH mínima para produção de um sabão de qualidade e de pH dentro da faixa. O uso da garrafa PET também foi considerado atrativo, pois facilita o preparo, reduz o tempo investido para fabricação, além de atribuir uma nova função para a garra PET, outro material que poderia vir a ser descartado incorretamente no meio ambiente.

Vale ressaltar que esta metodologia pode expandir e ser um fundamento para um projeto, pois ao encontrar as proporções ideais, pode-se criar um passo a passo e distribuir para a população que possui interesse na fabricação, tornando palpável a ideia de produzir sabão a partir do óleo de cozinha em poucos minutos e com materiais de baixo custo.

4.5. Comparação entre os métodos

A partir dos resultados obtidos, nos quatro ensaios, foi feita a comparação para determinar o melhor método veiculado na internet (Tabela 1). Cada parâmetro possui um status, que pode oscilar entre bom, regular e ruim em ordem decrescente de qualidade. As metodologias 1 e 2 para a fabricação do sabão líquido apresentaram resultado similares, com relação ao poder espumante e tempo de preparo, possui uma coloração escura, não similar ao comercializado. Alguns estudos, sobre a cor final de sabões, mostram que essa cor do produto varia de acordo com o óleo utilizado, e o odor forte pode ser resolvido com adição de óleos essenciais, extraído de algumas cascas (ATOLANI et al., 2016; FÉLIX et al., 2017). No panorama geral ambas as metodologias para o fabrico do sabão líquido não apresentaram resultados satisfatórios, pois tiveram mais de uma fase e por possuir alta alcalinidade pode contaminar as vidrarias lavadas com o mesmo ou até mesmo queimar e/ou ressecar a pele do usuário.

Tabela 1. Comparação entre os métodos.

Metodologia do sabão	Uniformidade física	pH	Poder espumante	Aparência física/Odor	Tempo de preparo
Líquido 1	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Líquido 2	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Sólido 1	Bom	Ruim*	Bom	Bom	Ruim

Sólido 2	Bom	Ruim*	Bom	Bom	Bom
----------	-----	-------	-----	-----	-----

*outro grupo de estudo seguiu realizando experimento onde foi possível encontrar as proporções certas, produzindo um produto uniforme e de pH dentro da faixa.

A metodologia do sólido 1, apresentou um produto de boa aparência, contudo foi necessário um ajuste na metodologia para que a alcalinidade fosse regulada para os padrões Anvisa (2008). Esse método foi ajustado e o sabão produzido, após 5 adaptações do método, apresentou uma alcalinidade dentro da faixa (pH 8), bem como uniformidade física. O tempo de preparo do método do site foi considerado alto, por conta da dissolução da massa elevada de soda, com as adaptações, este tempo foi reduzido. A metodologia do sólido 2, foi considerada a melhor de todos os ensaios realizados. Sua execução foi muito rápida e prática. Inicialmente o pH do método sugerido na literatura foi muito alcalino (pH variando entre 12 -13), com a realização de 4 adaptações do método do site o pH passou para faixa de 8-9.

Ambas metodologias após os ajustes realizados permaneceram com um poder espumante bom, aparência física e odor.

4.6. Pesquisa de campo

A pesquisa foi realizada com 30 pessoas, como idades variando de entre 20 e 30 anos focando assim no público jovem adulto que são os usuários em potenciais, por serem mais maleáveis a mudança, não houve preferência quanto ao gênero tanto do sexo feminino como do masculino foram questionados. O grau de instrução variou entre primário e graduação. Os resultados, da pesquisa de campo, estão disponíveis a seguir (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Pesquisa de campo para o sabão líquido.

Pergunta	Sim (%)	Talvez (%)	Não (%)
Você usaria esse produto, se ele tivesse sido produzido por você?	90	10	0
Você usaria esse produto, caso tivesse ganhado?	70	17	13
Você compraria esse produto?	23	33	44
Você investiria seu tempo na produção de um sabão líquido?	47	33	20
Você acondicionaria óleo de fritura para que outra pessoa o realizasse a produção do sabão?	80	10	10

Inicialmente foi informado que o produto era ecologicamente correto (LIMA et al., 2014), sem adição conservante e com a intensão de preservação ambiental, seguindo a linha de Atolani et al. (2016). Pode-se perceber que, para o sabão líquido, os consumidores não apresentaram resistência relevante ao uso de um produto fabricado a base de óleo de fritura (Tabela 2). Tais resultados são bastantes atraentes, pois é bastante elevado o número de artigos publicados que buscam descrever a resistência dos consumidores a adquirir produtos inovadores, sendo necessário que o produto suporte anos de no mercado até que seja cogitado seu uso (HEIDENREICH; HANDRICH, 2014). Ainda é possível perceber que o percentual de consumo diminui um pouco quando o produto é recebido gratuitamente e é notável uma queda drástica quando é questionado a compra, mesmo sendo o preço do produto e a ausência de informações as justificativa as recorrente, estudos informam que o risco da mudança do status de satisfação do uso atual, compromete a compra de um sabão ecológico e inovador, cujo o uso é indicado (CLAUDY; GARCIA; O'DRISCOLL, 2014)

O sabão sólido apresentou uma maior aceitação, tendo até possíveis compradores (Tabela 3), o que expõe um uso voluntário. Embora a novidade e criatividade sejam o fundamento do marketing ao divulgar o produto estes não são os fatores decisivos, segundo Im, Bhat e Lee. (2015). O estopim final para que o consumo seja desejado é o valor relativo ao ou caracterizado pelo prazer do mesmo,

desse modo, podemos dizer que todo o processo de gerar, armazenar, reutilizar e consumir o novo produto final, aparentou gerar uma satisfação aos avaliados, o que torna a produção do sabão a partir do óleo de frituras, uma ação que pode vir a ser contínua.

Tabela 3. Pesquisa de campo para o sólido.

Pergunta	Sim (%)	Talvez (%)	Não (%)
Você usaria esse produto, se ele tivesse sido produzido por você?	87	13	0
Você usaria esse produto, caso tivesse ganhado?	80	10	10
Você compraria esse produto?	50	23	27
Você investiria seu tempo na produção de um sabão sólido?	67	23	10
Você acondicionaria óleo de fritura para que outra pessoa o realizasse a produção do sabão?	80	10	10

Quanto a iniciativa de armazenar óleo para a produção caseira ou simplesmente o armazenamento do óleo, apresentou percentuais elevados e por mais que exista um espaço entre a vontade de fazer e a iniciativa de pôr em prática é válido ressaltar que a garantia de um produto de boa qualidade fabricado em tempo hábil pode ser um fator decisivo para que esta prática se torne mais e mais executada.

5. CONCLUSÕES

Foi observado nos resultados que todos os sabões líquidos produzidos apresentaram resultados negativos, na maior parte dos parâmetros analisados. Foi constatado que não ocorreu a reação de saponificação, pois o produto formado apresentou aspecto oleoso e pH elevado, não sendo indicado a reprodutibilidade de ambos os métodos. Vale ressaltar que o método foi adaptado proporcionalmente para quantidades menores, mas se tratando que ocorre uma reação química, talvez seja necessário haja uma proporção estequiométrica. Os sabões sólidos apresentaram uma boa aparência e maior conformidade nos parâmetros analisados. Quanto ao pH, apesar de apresentar-se elevado, uma vez realizados os ajustes indicados nos resultados, consegue-se obter sabões com pH dentro da faixa adequada e dentro de todos os parâmetros analisados.

Na pesquisa de campo sobre a utilização dos sabões sólido e líquido, observou-se que o sabão sólido foi mais aceito, visto que sua aparência apresenta uma estabilidade física melhor, a parte visual foi o único critério de avaliação utilizado. Em relação à pesquisa sobre o acondicionamento do óleo e a utilização dele para produção de sabão em casa, a maioria das pessoas responderam que fariam sabão com o óleo acondicionado.

Os sabões produzidos pelas metodologias da literatura (dos sites), fracionando as proporções para que todos partissem do volume de 100 mL de óleo de fritura, e utilizando reagentes de grau não analítico (uso comercial), apresentaram pH bastante elevados (acima de 10), o que pode trazer riscos para quem irá usar o sabão, como irritações e queimaduras, devido alta concentração de hidróxido de sódio que o produto ainda apresenta. A grande quantidade de hidróxido que ainda existe no sabão é devido ao fato de que a reação de saponificação não ocorreu de forma esperada. As análises que foram feitas ocorreram com o sabão puro, sem adição de aditivos. A fim de melhorar o aroma e coloração ainda podem ser adicionados alguma essência (além de óleos essenciais é possível utilizar produtos que já tenham cheiro para compor a mistura) e alguns corantes naturais ou artificiais, tomando-se o cuidado com a toxicidade do produto.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de diretoria colegiada – RDC n°. 40, 2008.** Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza e Afins harmonizado no âmbito do Mercosul

através da Resolução GMC nº 47/07. Disponível em:
<http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_40_2008.pdf/0dbd3b90-7406-4735-b5d7-b7dbdfb7f666>. Acesso em: 16 abr. 2019.

ARAÚJO, R. J. C.; OLIVEIRA, J. B. C.; TARGINO, V. A.; QUIRINO, M. R. Reação de saponificação: ensino da Química contextualizada e experimental no estudo dos lipídios. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 5., 2012, Olinda. *Anais...* Olinda: CONEDU, 2012. p. 1-10.

ATOLANI, O.; OLABIYI, E. T.; ISSA, A. A.; AZEEZ, H. T.; ONOJA, E. G.; IBRAHIM, S. O.; ZUBAIR, M. F.; OGUNTOYE, O. S.; OLATUNJI, G. A. Green synthesis and characterisation of natural antiseptic soaps from the oils of underutilised tropical seed. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 40, p. 32–39, 2016.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Institui a política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Disponível em: <https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2019.

BRITO, A. F. S.; NOGUEIRA, E. M. S.; SILVA, L. M.; SILVA, T. A. Educação Ambiental como subsídio para reutilização de resíduo sólido rural no município de Glória – BA. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 146-154.

BROETTO, N. Dicas de Mulher: Sabão caseiro: 8 receitas certeiras para não errar mais. 2018. Disponível em: <<https://www.dicasdemulher.com.br/sabao-caseiro/>>. Acesso em: 05 maio 2019.

CASTELLANELLI, C.; MELLO, C. I.; RUPPENTHAL, J. E.; HOFFMANN, R. **Óleos comestíveis: rótulo das embalagens como ferramenta informativa.** In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO DO VALE DO ITAJAÍ, 1., 2007. *Anais...* ENSUS, 2007. p. 1-11.

CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D.; MOURA, I. A. A.; CAVALCANTI, R. S. T. Avaliação do cenário jurídico e Políticas públicas no setor de Resíduos sólidos. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 21-30.

CILLA, M. S.; INNOCENTINI, M. D. M.; MORELLI, M. R.; COLOMBO, P. Geopolymer foams obtained by the saponification/peroxide/gelcasting combined route using different soap foam precursors. *The American Ceramic Society*, 2017

CLAUDY, M. C.; GARCIA, R.; O'DRISCOLL, A. Consumer resistance to innovation – a behavioral reasoning perspective. *Academy of Marketing Science*, v. 43, n. 4, p. 528-544, 2014.

ECYCLE. **Como fazer sabão líquido sustentável.** 2019. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2405-sabao-liquido>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

FÉLIX, S., ARAÚJO, J., PIRES, A. M., SOUSA, A. C. Soap production: a green prospective. *Waste Management*, v. 66, p. 190-195, 2017.

QUIMIDROL COMÉRCIO INDÚSTRIA IMPORTAÇÃO LTDA. **FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico nº. 016. Hidróxido de Sódio Sólido.** 2002.

QUIMIDROL COMÉRCIO INDÚSTRIA IMPORTAÇÃO LTDA. **FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico nº. 032. Hidróxido de Sódio Líquido.** 2014. Disponível em: <https://www.quimidrol.com.br/media/blfa_files/Hidroxido_de_Sodio_Liquido_3.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

GALVANI, F.; CATELLA, A. **Fabricação de sabão líquido caseiro.** Embrapa Pantanal. Folder técnico nº. 179. 2f. Corumbá, 2014. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1003225/1/FOL179.pdf>>. Acesso em 15 mar. 2019.

GODOY, P. O; OLISKOVICZ, K.; BERNARDINO, V. M.; CHAVES, W. R.; PIVA, C. D.; RIGO, A. S. N. Consciência limpa: reciclando o óleo de cozinha. *Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente*, v. 13, p. 205-217, 2011.

GOMES, A. P.; CHAVES, T. F.; BARBOSA, J. N.; BARBOSA, E. A. A questão do descarte de óleos e gorduras vegetais hidrogenadas residuais em indústrias alimentícias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. *Anais...* Salvador: ENEGEP, 2013. p. 1-14.

HEIDENREICH, S.; HANDRICH, M. What about passive innovation resistance? Investigating adoption-related behavior from a resistance perspective. **Journal of Product Innovation Management**, v. 32, n. 6, p. 1-26, 2014.

IM, S.; BHAT, S.; LEE, Y. Consumer perceptions of product creativity, coolness, value and attitude **Journal of Business Research**, v. 68, p. 166-172, 2015.

LIMA, N. M. O.; SANTOS, A. M.; ABREU, A. K. F.; LIMA, L. M. R.; BRASILEIRO, I. M. N.; FIGUEIREDO, M. L. M. S.; SILVA, M. A. R. Produção e caracterização de sabão ecológico - uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do semiárido paraibano. **Revista Saúde & Ciência**, v. 3, n. 3, p. 26-36, 2014.

MANEERUNG, T., KAWI, S., DAI, Y., WANG, C. Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. **Energy Conversion and Management**, v. 123, p. 487-497, 2016.

MANJI, A. J.; SARAH E. E.; MODIBBO U. U. Studies on the potentials of *Balanites aegyptiaca* seed oil as raw material for the production of liquid cleansing agents. **International Journal of Physical Sciences**, v. 8, n. 33, p. 1655-1660, 2013.

MONTE, E. F.; FAGUNDE, T. C. S.; XIMENES, A. F.; MOURA, F. S.; COSTA, A. R. S. Impacto ambiental causado pelo descarte de óleo; Estudo de caso da percepção dos moradores de Maranguape I, Paulista – PE. **GEAMA**, v. 1, n. 2, p. 205-219, 2015.

OLIVEIRA, M. B. M.; SANTOS, D. S.; SOUZA, C. C.; SANTOS, M. V. B. Gerenciamento de resíduos químicos na UFPE; Implantação e monitoramento. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**, 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 242-251.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. Química na Abordagem do Cotidiano. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2006.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos. Editora Edgard Blücher Ltda., Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, p. 111-143 e p. 169-173, 2001.

ROMANI-DIAS, M.; BARBOSA, A. S.; COLALILLO, E. G. P. A Educação Ambiental no Brasil: análise dos artigos nacionais mais referenciados pelos pesquisadores. **Revista da Universidade Ibirapuera**, n. 11, p. 43-51, 2016.

SILVA, I. L.; NASCIMENTO, I. C. B. Sensibilização dos moradores de Abreu e Lima – PE sobre os cuidados no descarte do óleo vegetal. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 487-497.

SILVA, R. M. S.; MELO, A. L. M. S.; DUARTE, F. S. Aditivo incorporador de ar para concreto à base do óleo de fritura residual coletado na cidade de Palmeira dos Índios – AL. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 166-473.

SIRISOMBOONCHAI, S.; ABUDUWAYITI, M.; GUAN, G.; SAMART, C.; ABLIZ, S.; HAO, X.; KUSAKABE, K.; ABUDULA, A. Biodiesel production from waste cooking oil using calcined scallop shell as catalyst. **Energy Conversion and Management**, v. 95, p. 242-247, 2015.

THENÓRIO, I.; FULFARO, M. YouTube. **Sabão caseiro na garrafa**. Manual do Mundo. 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/UT6phnEMkfs>>. Acesso 26. abr. 2019.

VINEYARD, P. M.; FREITAS, P. A. M. **Estudo e caracterização do processo de fabricação de sabão utilizando diferentes óleos vegetais**. Disponível em: <<https://maua.br/files/032015/estudo-e-caracterizacao-do-processo-de-fabricacao-de-sabao-utilizando-diferentes-oleos-vegetais.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

CAPÍTULO 6. ENERGIA

6.1 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO GLICEROL NA GERAÇÃO DE BIOGÁS

BRANDÃO, Fellipe José Reis

Universidade Federal de Pernambuco
fellipejosereisbrandao@gmail.com

SOUZA, Paulo Marcelo Cavalcanti de Oliveira

Universidade Católica de Pernambuco
paulomc14@hotmail.com

HOLANDA, Sávio Henrique de Barros

Universidade Federal de Pernambuco
savioholanda@hotmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé

Universidade Federal de Pernambuco
jucah@ufpe.br

RESUMO

Dentre as fontes alternativas de energia, os biocombustíveis são caracterizados como insumo renovável e ambientalmente seguro. A fim de agregar valor ao glicerol, subproduto do biodiesel, buscou-se neste trabalho analisar a influência de diferentes concentrações de glicerol na geração de biogás a partir da codigestão com lodo anaeróbio, por meio de ensaios de Potencial Bioquímico do Metano (BMP), avaliando-se produção acumulada e taxa de geração. Em frascos de 250 mL foram inseridos 50 mL de inóculo (lodo anaeróbio) com diferentes concentrações de glicerol (5, 10, 15 e 20%), proporcionais ao volume do inóculo. Posteriormente, os frascos foram vedados e submetidos à circulação de N₂; as válvulas foram fechadas e um manômetro acoplado. Como controle do experimento foram utilizados frascos com lodo e glicerol separadamente. Os frascos foram incubados por 60 dias a 37° C. As pressões internas dos reatores, medidas em kgf/cm², foram monitoradas diariamente. Ao término do experimento, verificou-se que os reatores com “Lodo+15%GL” foram os que mais produziram biogás, atingindo 265,65 NmL. Contrariando-se as expectativas, os frascos com “Lodo+20%GL” não apresentaram desempenho satisfatório em virtude da alta carga orgânica. Destarte, observou-se que o uso de glicerol para fins energéticos consiste numa alternativa viável para valorização do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Fontes Alternativas de Energia, Digestão Anaeróbia, Ensaio BMP.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras fontes alternativas de energia, os biocombustíveis, como o biodiesel, são caracterizados como um insumo renovável e ambientalmente seguro em relação aos combustíveis derivados de compostos orgânicos (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – IEA, 2019). A fim de agregar valor ao glicerol, subproduto do biodiesel, observar-se a utilização do mesmo como fator estimulante para a produção de biogás oriundo da digestão anaeróbia de lodo na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), através do ensaio de Potencial Bioquímico do Metano (BMP), em inglês *Biochemical Methane Potential* (HOLANDA, 2012). A produção de biogás contribui de forma significativa para o aumento da oferta de combustíveis renováveis, bem como para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (AGUILAR-AGUILAR et al., 2017).

O aproveitamento do lodo já é prática recorrente em muitos países do continente europeu, de modo que se destaca o reuso agrícola como o método mais empregado; no Brasil as alternativas de reuso ainda são pouco utilizadas e a destinação mais comum é o aterro sanitário (SATURINO et al., 2016). O aproveitamento do biogás para geração de energia ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por acentuada concentração de gás metano (CH₄), o qual é cerca de 21 vezes mais poluidor que o dióxido de carbono (CO₂) no que se refere ao efeito estufa (COELHO, 2016 apud BORGES et al., 2018).

Portanto, em concordância com a problemática exposta, pretendeu-se com este trabalho analisar a influência de diferentes concentrações de glicerol na geração de biogás proveniente da codigestão com lodo anaeróbio, de modo a se avaliar a produção acumulada e a taxa de geração. A metodologia referente ao ensaio BMP aplicada neste trabalho é baseada nos experimentos realizados por Alves (2008), os quais tiveram como objetivo avaliar o potencial de geração de biogás a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Lodo de esgoto

Designa-se como lodo anaeróbio os sólidos sedimentáveis, suspensos, resultantes do material presente no esgotamento sanitário dos núcleos habitacionais; o mesmo encontra-se em maior concentração nas ETEs e configura o principal produto resultante no tratamento de águas residuais (TRABALLI et al., 2009). Quando executado de forma inadequada, o gerenciamento do lodo anaeróbio configura-se em um problema; a destinação final deste resíduo vem sendo um grande desafio econômico e ambiental para empresas de saneamento, sejam elas públicas ou privadas. Segundo Von Sperling, Gonçalves e Luduvic (2001), o processamento e a disposição final do lodo aeróbico podem representar até 60% do custo operacional de uma ETE. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº. 375/2006, explana a respeito da periculosidade do lodo de esgoto:

(...) considerando que os lodos de esgoto correspondem a uma fonte potencial de riscos à saúde pública e ao ambiente e potencializam a proliferação de vetores de moléstias e organismos nocivos; (...) considerando que devido a fatores naturais e acidentais os lodos de esgotos são resíduos que podem conter metais pesados, compostos orgânicos persistentes e patógenos em concentrações nocivas à saúde e ao meio ambiente... (CONAMA, 2006).

O lodo anaeróbio produzido nas estações de tratamento, quando gerenciado de forma a considerar o potencial gerador dos nutrientes, oferece uma parcela benéfica e gratuita como fonte geradora de energia, de modo a constituir um fator preponderante para a realização de experimentos em reatores anaeróbios (CEOLATO, 2007). O lodo anaeróbio é rico em microrganismos anaeróbios, os quais são usualmente empregados como principais agentes degradadores da biomassa presente no reator anaeróbico para produção do biogás (GONÇALVES, 2018).

A utilização da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e do lodo de ETE como substratos, geralmente codigeridos, os quais possibilitam a produção de biogás vem sendo constantemente referenciada na literatura (ALVES, 2008; CROVADOR, 2014; SCHIRMER et al., 2014; ALVES, 2016). Os fatores como teor de nutrientes, umidade, disponibilidade de bactérias e teor de matéria orgânica são algumas das propriedades inerentes a esses substratos; tais propriedades são consideradas no processo de biodigestão (SANTOS-FILHO et al., 2018).

2.2. Glicerol

O glicerol é um composto orgânico 1, 2, 3-propanotriol, o qual possui denominações secundárias, como glicerina, trihidroxipropano, glicil álcool, gliceril e 1, 2, 3-trihidroxipropano (VALENÇA, 2016). A glicerina residual, como subproduto de processos da produção de biodiesel, também é capaz de auxiliar na biodegradação e vem sendo utilizada, em pequenas concentrações, no processo de digestão anaeróbia a fim de otimizar a geração de biogás (SOUZA & VALDÉS, 2015).

Segundo Astals et al. (2014), a glicerina, que é subproduto da produção de biodiesel, é responsável por, aproximadamente, 10% do volume da matéria-prima inicial. De forma específica, o glicerol bruto resume-se a uma mistura de glicerol, álcool, água, sais, metais pesados, ácidos graxos livres, mono, di e triglicerídeos não reagidos e ésteres metílicos em quantidades variáveis, a depender da qualidade da matéria-prima e do processo químico utilizado para a obtenção do biodiesel (ALVES, 2016).

2.3. Teste do potencial bioquímico de metano

Para se executar o teste BMP, o qual é empregado para avaliar o potencial de geração de biogás, bem como as melhores condições de biodigestão, faz-se o uso de uma fração de resíduo em pequena escala (KELLY et al., 2006; ALVES, 2008; LABATUT, ANGENENT & SCOTT, 2011; HOLANDA, 2012; CROVADOR, 2014; SCHIRMER et al., 2014; ALVES, 2016; SANTOS FILHO, 2018). O ensaio BMP é mais adequado quando utilizado para elucidar os tipos de substratos; a partir de uma variedade de substratos potenciais tem-se o maior potencial de geração de metano (SANTOS FILHO et al., 2018). Além disso, quando destinados à codigestão, os ensaios BMP podem ser usados para estimar as ótimas razões entre os substratos; os resultados do ensaio usualmente apontam para determinação do grau de biodegradabilidade anaeróbia dos substratos e, assim, os tempos de residência requeridos para digestão completa (LABATUT, ANGENENT & SCOTT, 2011; ELBESHISHY, NAKHLA & HAFEZ, 2012).

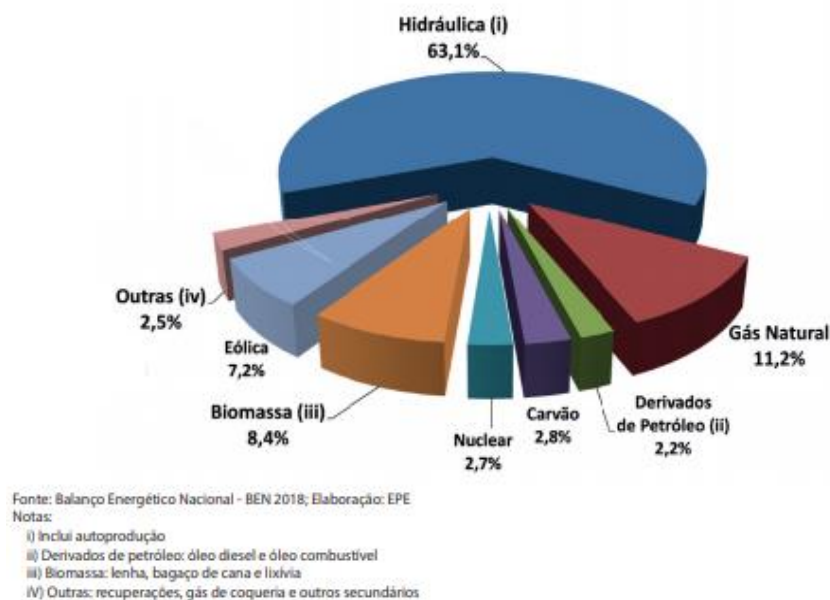
2.4. Geração de biogás dos resíduos

Os combustíveis fósseis, sob a forma de energia química, estão no *hall* das fontes não renováveis de energia, cujo consumo traz efeitos aos recursos naturais de modo a provocar o aumento da concentração dos GEE na atmosfera terrestre; desse modo, acabam por propiciar alterações no clima do planeta (BACKES, 2011). Logo, a busca por fontes geradoras de energia sustentáveis e renováveis vem sendo bastante intensa (VALENÇA et al., 2016). A produção de energia renovável a partir da biodegradação de resíduos orgânicos é uma forma sustentável de produção energética que utiliza de: dejetos animais, resíduos de estação de tratamento de esgoto, frutas e vegetais e subprodutos da produção de biodiesel; assim, tais resíduos são de grande importância para a sustentabilidade e gestão ambiental (ALMEIDA et al., 2016). Nesse sentido, a digestão anaeróbia é uma alternativa para o tratamento desses materiais, bem como para a geração de biogás e, portanto, de energia (SANTOS FILHO, 2018).

Os resíduos de ETE, denominados lodos, também apresentam problemáticas no que tange o respectivo gerenciamento. Paralelo a isso, outra atividade responsável pela geração de quantidade relativamente elevada de resíduos é a produção de biodiesel, atividade, que por sua vez, vem se desenvolvendo rapidamente em todo mundo. No Brasil, a prática verificada era a de adição de 7% de biodiesel (B7) ao óleo diesel comercializado a qualquer consumidor (NEVES & ABRAHÃO, 2018).

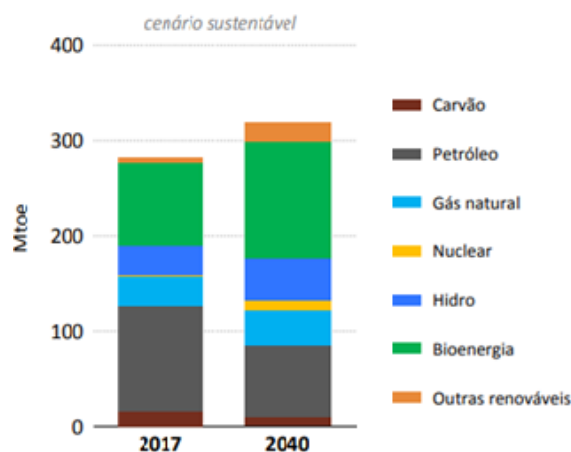
Posteriormente, tendo como base a Lei nº 613/2015, altas graduais na concentração de biodiesel presente no óleo diesel foram observadas; o percentual chegou a 8% (B8) em 2017 e, de forma crescente, o teor foi aumentado em 1% ao ano, até se atingir 10% em 2019 (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – IEA, 2019). O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) autoriza, ainda, a elevar a mistura obrigatória para 15%, caso testes validem a utilização dessa mistura em veículos e motores (MME, 2016). Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018) a respeito das fontes geradoras de energia no Brasil, de toda energia elétrica gerada no país, apenas 8,4% tem como fonte geradora a biomassa (Figura 1). Um cenário proposto para o ano de 2040 pela IEA (2019) mostra-se sustentável com crescimento da participação da bioenergia na matriz energética primária (Figura 2).

Figura 1. Geração de Energia Elétrica por Fonte no Brasil - Participação em 2017.



Fonte: EPE (2018).

Figura 2. Participação de fontes de geração de energia na matriz energética primária – cenário para o ano de 2040.



Fonte: IEA (2018).

Diante deste cenário, autoridades de todo o mundo têm concentrado imenso esforço para o desenvolvimento de pesquisas que se baseiem na utilização de fontes renováveis de energia.

Inúmeras são as formas existentes de extração/obtenção de energia: geotérmica, eólica, maré-motriz, solar, hidráulica, biomássica, entre outras (PENTEADO, 2018). Dentre as energias disponíveis para exploração, a biomassa, a qual é obtida através da digestão anaeróbia de substratos orgânicos, apresenta inúmeras vantagens que atraíram interesses tanto do setor primário da economia, quanto do secundário (SANTOS; BARROS; TIAGO, 2015). Destaca-se como algumas dessas vantagens a pequena quantidade de lodo biológico necessário no processo de produção de biogás, poucos nutrientes são requeridos, elevada eficiência, além do fato de o metano produzido poder ser utilizado como fonte para geração de eletricidade e para o aquecimento *in situ* (ALVES, 2016).

3. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi baseada na realização do Ensaio BMP, conforme trabalho desenvolvido por Alves (2008). Para tanto, realizou-se a coleta do lodo anaeróbio de um reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, ou RAFA, em português, Reator Anaeróbio de Manta de lodo e Fluxo Ascendente), na ETE da Mangueira, pertencente à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), localizada no município do Recife – PE. O glicerol utilizado foi oriundo de projeto de pesquisa que envolveu uma rede de Universidades e outras Instituições de Ensino Brasileiras, que estudaram a cadeia produtiva do biodiesel. Para a realização dos ensaios foram utilizados frascos de vidro de 250 mL com tampa rosqueada, acoplada com válvulas de saída e entrada de gás e um manômetro de 1 kgf/cm², com escala de 0,02 kgf/cm², de modo a propiciar o controle da pressão interna de cada frasco. Os frascos foram envoltos com papel opaco, a fim de evitar a influência da luz externa no processo de biodegradação.

Foram realizados três ensaios tipo BMP, todos em triplicata; os ensaios foram denominados da seguinte forma: (1) Ensaio BMP com Glicerol, (2) Ensaio BMP com Lodo e, (3) Ensaio com Lodo + Glicerol. No ensaio (3), que se refere à combinação dos componentes, procedeu-se com a inclusão de diferentes concentrações de glicerol (5%, 10%, 15% e 20%), colocadas proporcionalmente ao volume de inóculo inserido nos frascos de vidro, o qual foi de 50 mL. Nomeou-se os frascos do ensaio (3) como: Lodo+5%GL, Lodo+10%GL, Lodo+15%GL e Lodo+20%GL; assim, os volumes totais das combinações inseridas nos frascos foram, respectivamente, de 52,5 mL, 55,0 mL, 57,5 mL e 60 mL. Os ensaios (1) e (2) foram performados como controle do experimento.

Cada frasco do ensaio (3) foi inoculado com lodo e volumes de glicerol segundo concentração pré-estabelecida. Em seguida, os frascos foram fechados e submetidos à circulação de N₂, com o objetivo de promover uma atmosfera anaeróbia ao ambiente interno dos frascos, de modo a possibilitar a digestão anaeróbia. Após cerca de dois minutos de entrada e saída da mistura gasosa, as válvulas foram fechadas e o manômetro acoplado. O mesmo procedimento de circulação de N₂ foi realizado com os frascos de controle. Todos os frascos foram então incubados a 37° C, durante 60 dias, entre 15 de junho e 15 de agosto do ano de 2018. Neste período, as pressões internas e ambiente, bem como as temperaturas, foram monitoradas.

Para a realização do monitoramento dos reatores, foi necessária a utilização de uma prancheta para o registro diário das pressões indicadas no manômetro existente em cada reator, da data e do horário em que foi realizado, bem como de uma planilha feita em software computacional Microsoft Office Excel 2016. Tal planilha é composta por uma série de informações sobre as condições internas e externas às reações existentes, além de apresentar nomenclaturas dos substratos contidos em cada frasco. Após o período de 60 dias de monitoramento, os reatores foram retirados da estufa e encaminhados para o processo de coleta do biogás remanescente e, na sequência, realizou-se a quantificação gasosa de tal gás em um cromatógrafo. Não se apresenta neste experimento a composição gasosa do biogás remanescente oriunda da análise dos resultados do cromatógrafo.

O monitoramento diário dos reatores BMP faz parte da metodologia descrita por Alves (2008) e constitui-se de uma etapa indispensável para a construção dos gráficos, os quais informam a taxa de geração diária e a geração acumulada de biogás de cada amostra experimental. Para se proceder

com os cálculos das taxas de geração diária de biogás aplicou-se a Equação 1, consoante a Alves (2008):

$$\Delta = Vol_{acm} / N_{dias} \quad \text{(Equação 1)}$$

Na qual:

Δ = é a taxa de geração de biogás, expressa em normal mililitro por dia (NmL/dia);

Vol_{acm} = é o volume produzido de biogás acumulado nas CNTP, expresso em normal mililitro (NmL);

N_{dias} = é o número de dias corridos.

Por sua vez, para o cálculo taxa de geração acumulada de biogás, fez-se uso da Equação 2, tal qual Alves (2008):

$$\Delta_{acm} = (Vol_{acm}) \times \left(\frac{273}{T_f} \right) \times \left(\frac{P_{atm} - 42}{760} \right) \quad \text{(Equação 2)}$$

Na qual:

Δ_{acm} = é a taxa de geração acumulada de biogás, expressa em normal mililitro (NmL);

Vol_{acm} = é o volume produzido de biogás acumulado, expresso em mililitro (mL);

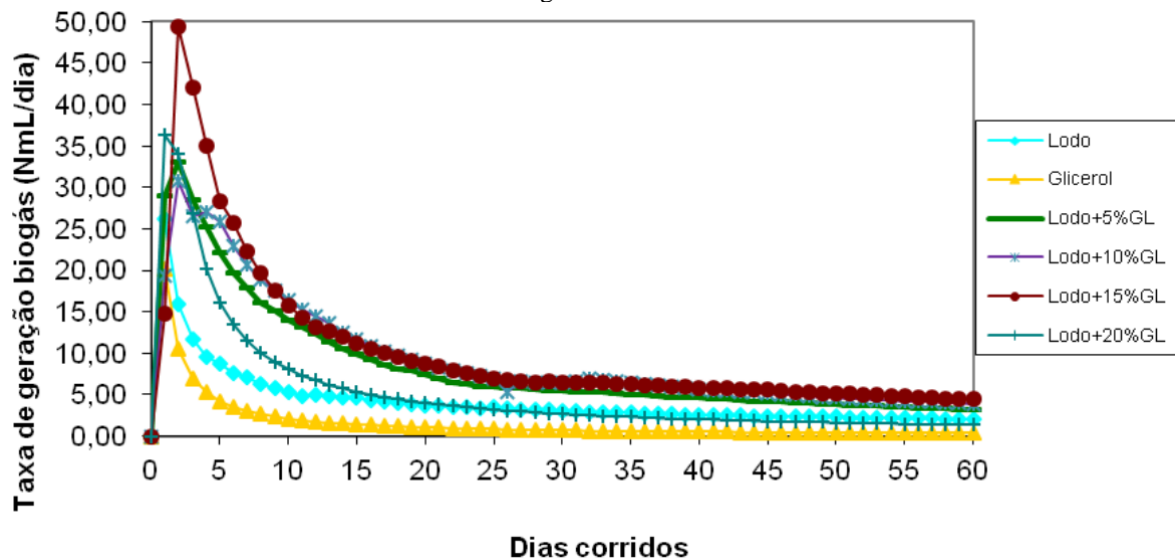
T_f = é a temperatura do frasco, expresso em Kelvin (K);

P_{atm} = é a pressão atmosférica, expressa em milibar (mbar).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de geração de biogás proveniente da biodegradação das amostras consideradas como controle (lodo e glicerol) e a codigestão de lodo com diferentes concentrações de glicerol, incrementadas proporcionalmente sobre o volume de lodo (5, 10, 15 e 20%) (Figura 3).

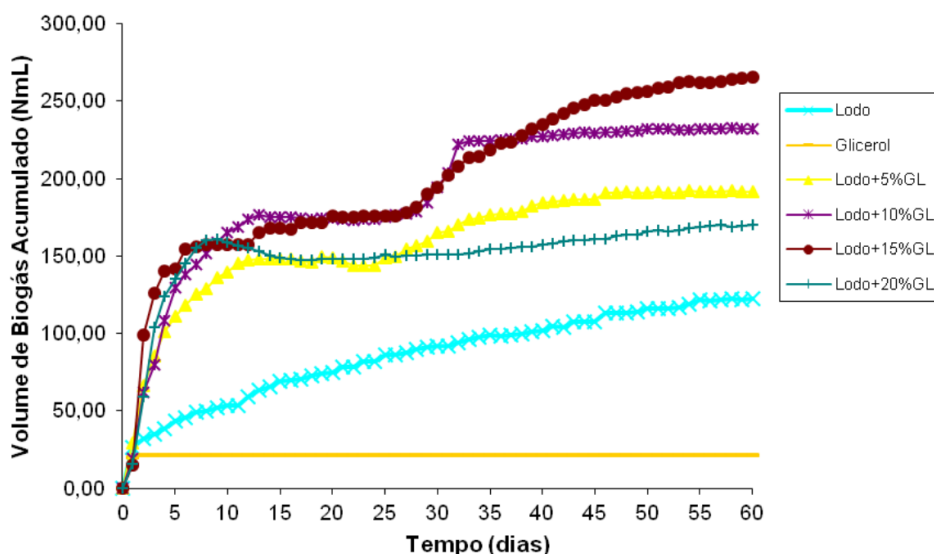
Figura 3. Comportamento da taxa de geração de biogás de amostras de lodo com diferentes concentrações de glicerol.



Conforme observado na Figura 3, as amostras atingiram um pico na taxa de geração de biogás por possuírem, nos primeiros dias, uma elevada quantidade de matéria orgânica disponível para ser decomposta. O mesmo aspecto foi verificado no estudo de Alves (2008). É possível constatar, também, uma diminuição da taxa de geração de biogás ao longo do tempo, ocorrendo à medida que diminui a quantidade de matéria orgânica biodegradável disponível (SILES, 2010).

Com relação às diferentes concentrações de glicerol inseridas, pode-se haver um maior aproveitamento/geração de biogás ao realizar a codigestão de lodo com incremento de 15% de glicerol no volume deste inóculo. O desempenho observado no cenário “Lodo+15%GL” foi de aproximadamente 50 NmL de biogás no primeiro dia de monitoramento, havendo um decaimento da taxa de geração nos dias subsequentes, até o encerramento do ensaio. Já no cenário “Lodo+20%GL” foi observada uma taxa de geração de 37 NmL no primeiro dia de experimento, o que confere uma redução de 26% em relação à amostra com concentração de 15% de glicerol. Isso ocorre devido à presença de ácidos orgânicos de alto peso molecular, os quais desencadeiam uma redução no pH do sistema, de modo a minorar a eficiência dos micro-organismos no processo de biodegradação (RABII et al., 2019). O comportamento do volume de biogás acumulado de amostras de lodo com diferentes concentrações de glicerol, ponderadas sobre o volume de inóculo (Figura 4).

Figura 4. Comportamento do volume de biogás acumulado em amostras de lodo com diferentes concentrações de glicerol.



Observa-se na Figura 4 que a amostra contendo “Lodo+15%GL” gerou um volume de biogás acumulado relativamente representativo quando comparado ao restante das amostras, atingindo um acumulado máximo de 265,65 NmL. Vale ressaltar que o volume de biogás acumulado na amostra “Lodo+10%GL”, aproximadamente 235 NmL, também foi expressivo. Examinou-se que as concentrações de glicerol (5, 10 e 15%), referentes ao volume de biogás acumulado, como ilustrado na Figura 4, são diretamente proporcionais ao volume de biogás gerado, devido ao fato de haver uma quantidade, cada vez maior, de matéria orgânica disponível para ser consumida. Todavia, ao acompanhar os resultados referentes à amostra “Lodo+20%GL” observou-se um suave decaimento na produção de biogás a partir do décimo dia de incubação, estabilizando-se em seguida. Esse comportamento é explicado pela alta carga orgânica presente no reator, ocasionando inibição da digestão anaeróbia (CHOW et al., 2015).

Simm et al., (2017) avaliaram as melhorias em produções específicas de biogás e metano em substratos preparados com esterco de gado leiteiro e glicerol. Com estes resíduos, substratos experimentais foram preparados com doses crescentes (0, 5, 10, 15 e 20%) em relação ao total de sólidos do substrato. Os maiores valores para produção específica de metano foram alcançados com as inclusões de glicerol de 6 e 8%, respectivamente; salienta-se que tais valores foram obtidos por

meio de regressão linear ponderada sobre as concentrações trabalhadas em laboratório. Os autores acreditaram que para dosagens superiores a 8% de glicerol, o aumento da carga orgânica na digestão causada pela inclusão desta fração nos substratos pode ter comprometido a produção do biogás.

Torna-se importante ressaltar, que o aumento na produção específica de metano não pode ser apenas correspondente ao glicerol suplementado, mas também resulta da melhoria do processo de degradação anaeróbia causada pelo efeito da codigestão (KOLESÁROVÁ et al., 2011). Destarte, comprovou-se que a elevada taxa de carga orgânica presente num reator anaeróbio ocasiona uma queda de desempenho da geração biológica de gases.

5. CONCLUSÕES

No presente estudo, foi observado que o glicerol, quando inserido em concentrações de até 15% sobre o volume de inóculo (lodo), responde de forma positiva no que diz respeito à geração de biogás. Isto proporciona uma série de possibilidades para o tratamento anaeróbio do glicerol, como matéria-prima secundária, a fim de otimizar o processo de biodegradação dos RSU. Além disso, é notória a elevada geração de biogás proveniente do cenário “Lodo+15%GL”, uma vez que nesta configuração específica, os mecanismos do sistema ocorrem em plenitude.

Através dos resultados conferidos neste trabalho, verificou-se a importância da realização de experimentos que estimem o potencial energético do biogás gerado pela inclusão do glicerol. Observou-se que o uso de glicerol para fins energéticos, intermediado por processos biológicos, consiste numa alternativa cabível para a valorização do mesmo.

Destaca-se, desta forma, a importância de se fomentar o estudo de avaliação do potencial de geração de biogás utilizando a metodologia e os materiais descritos, os quais podem agregar valor econômico ao glicerol, impedindo, portanto, a inadequada disposição deste material no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR-AGUILAR, F. A.; NELSON, D. L.; PANTOJA, L. A.; SANTOS, A. S. Study of anaerobic co-digestion of crude glycerol and swine manure for the production of biogas. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 6, p. 2383-2403, 2017.
- ALMEIDA, H. C.; MELLO, A. R.; GRASSI, R.; ALMEIDA, D. O. Potencial de geração de energia elétrica e de créditos de carbono a partir da estimativa de emissão de metano em aterro sanitário no Sudoeste do Paraná. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 116-130, 2016.
- ALVES, I. R. F. S. **Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos**. 2008, 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- ALVES, I. R. F. S. **Avaliação da codigestão na produção de biogás**. 2016. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- ASTALS, S.; BATSTONE, D. J.; MATA-ALVAREZ, J.; JENSEN, P. D. Identification of synergistic impacts during anaerobic co-digestion of organic wastes. **Bioresource Technology**, v. 169, p. 421-427, 2014.
- BACKES, G. M. **Avaliação do processo de digestão anaeróbia na geração de energia através de dejetos suínos e bovinos de leite com suplementação de glicerina residual bruta oriunda da produção de biodiesel**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2011.

- BORGES, M. A.; FIRMO, BARBOSA. A. L.; SILVA, P. C. M.; LUCENA, T. V. Potencial de geração de biogás de RSU envelhecido submetidos à recirculação de lixiviado. In: R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 233-242.
- CEOLATO, L. C. **Lodo de esgoto líquido na disponibilidade de nutrientes e alterações dos atributos químicos de um argissolo**. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Pós-Graduação, Campinas, 2007.
- CHOW, W. L.; CHAN, Y. J.; CHONG, M. F.; POH, P. E. Co-digestion studies of saleable glycerin with palm oil mill effluent and poultry manure. **Journal of Engineering Science And Technology**, p. 17-26, 2015.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 375 de 29 de agosto de 2006**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 04 fev. 2019.
- CROVADOR, M. I. C. **Potencial de geração de biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos**. 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2014.
- ELBESHISHY, E.; NAKHLA, G.; HAFEZ, H. Biochemical methane potential (BMP) of food waste and primary sludge: influence of inoculum pre-incubation and inoculum source. **Bioresource Technology**, v. 110, p. 18-25, 2012.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018: Ano base 2017**. 58 p. 2018.
- GONÇALVES, F. S.; CHIARAMONTE, R. C.; GARBIN, M.; BREHM, F. A. Caracterização de lodos oriundos de estações de tratamento de água visando alternativas de reciclagem. In: FÓRUM DE RESIDUOS SOLIDOS, 9., 2018, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FIRS, 2018. p. 1-10.
- HOLANDA, S. H. B. **Avaliação da influência do glicerol na geração de biogás de resíduos sólidos urbanos**. 2012. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Faculdade Mauricio de Nassau, Recife, 2012.
- IEA. Agência Internacional de Energia. **Perspectivas energéticas globais a longo prazo**. Rio de Janeiro, 2019.
- KELLY, R. J.; SHEARER, B. D.; KIM, J.; GOLDSMITH, C. D.; HATER, G. R.; NOVAK, J. T. Relationships between analytical methods utilized as tools in the evaluation of landfill waste stability. **Waste Management**, v. 26, n. 12, p. 1349-1356, 2006.
- KOLEŠÁROVÁ, N.; HUTNAN, M.; BODIK, I.; SPALKOVÁ, V. Utilization of Biodiesel By-Products for Biogas Production. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2011, p. 1-15, 2011.
- LABATUT, R. A; ANGENENT, L. T.; SCOTT, N. R. Biochemical methane potential and biodegradability of complex organic substrates. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2255-2264, 2011
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2015**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2016.
- NEVES, T. I.; ABRAHÃO, R. Avaliação do aproveitamento do lodo gerado em ETE industrial como fertilizante para cultivo agrícola. In: R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 391-403.
- PENTEADO, M. C.; SCHIRMER, W. N.; DOURADO, D. C.; GUERI, M. V. D. Análise do potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça e bagaço de cana. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 26-33, 2018.

RABII, A.; ALDIN, S.; DAHMAN, Y.; ELBESHISHY, E. A review on anaerobic co-digestion with a focus on the microbial populations and the effect of multi-stage digester configuration. **Energies**, v. 12, n. 6, p. 1106-1131, 2019.

SANTOS, I. F.; BARROS, R. M.; TIAGO, G. L. Uma avaliação energética, econômica e ambiental das opções de aproveitamento energético do biogás de um aterro sanitário no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 21, p. 1344-1356, 2015.

SANTOS FILHO, D. A.; OLIVEIRA, L. R. G.; SCHIRMER, W. N.; SOBRINHO, M. A. M., JUCÁ, J. F. T.; VASCONCELOS, T. L. Avaliação da produção de biogás a partir da codigestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e glicerina residual. **Scientific Journal**, v. 3 n. 2 p. 260-266, 2018.

SATURNINO, G. S.; FIGUEIROA, D. S.; MORAIS, M. M. Avaliação do potencial de produção de biogás, a partir da classificação de resíduos sólidos urbanos no aterro sanitário – COMAGSUL, ALTINHO PE. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 309-319.

SCHIRMER, W. N.; JUCÁ, J. F. T.; SCHULER, A. R. P.; HOLANDA, S.; JESUS, L. L. Methane production in anaerobic digestion of organic waste from Recife (Brazil) Landfill: evaluation in refuse of different ages. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 31, n. 2, p. 373-384, 2014.

SILES, J. A.; MARTÍN, M. A.; CHICA, A. F.; MARTÍN, A. Anaerobic co-digestion of glycerol and wastewater derived from biodiesel manufacturing. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 16, p. 6315-6321, 2010.

SIMM, S.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; SUNADA, N. S.; SCHWINGEL, A. W.; COSTA, M. S. S. M. Crude glycerin in anaerobic co-digestion of dairy cattle manure increases methane production. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 3, p. 175-179, 2017.

SOUZA, R. M.; VALDÉS, J. S. C. Análise do potencial energético do biogás proveniente do aterro sanitário de Palmas/TO para geração de energia elétrica. **Revista científica da AJES**, v. 2, n. 5, 2015.

TRABALLI, R. C.; MAKIYA, I. K. Energia a partir de lodo de esgoto e resíduos sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. Anais... Salvador: ENEGEP, 2009. p. 1-8.

VALENÇA, R. B.; HOLANDA, S. H.B.; FIRMO, BARBOSA. A. L.; JUCÁ, J.F.T. Potencial de geração de biogás a partir da biometanização de resíduos orgânicos de restaurante universitário. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. 2ª ed. Recife: EDUFRPE, 2017.

VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M. Remoção da umidade de lodos de esgotos. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Orgs.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2001. 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). cap. 5, p. 159-259.

6.2 CONCENTRAÇÃO DA OFERTA BRASILEIRA DE ELETRICIDADE A PARTIR DOS RESÍDUOS ANIMAIS E URBANOS

SANTOS JÚNIOR, Edvaldo Pereira
Universidade Federal da Paraíba
edvaldo.junior@cear.ufpb.br

SANTOS, Paula Rose de Araújo
Universidade Federal da Paraíba
paulajp-rose@hotmail.com

SILVA, Ana Lyvia Tabosa da
Universidade Federal da Paraíba
analyviatabosa@yahoo.com.br

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
luiz@cear.ufpb.br

RESUMO

Este trabalho analisou a concentração da oferta brasileira de eletricidade a partir dos resíduos animais e urbanos, em 2017. Os dados foram obtidos no Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Utilizaram-se os indicadores de concentração [Razão de Concentração $[CR(k)]$, Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e o Coeficiente de Gini (G)] e para os conglomerados, a estatística *scan* circular. Os principais resultados mostraram concentração estadual moderadamente baixa, de acordo com os valores do HHI , E e G , tanto para o número de usinas, como para a potência instalada dos resíduos animais. Foram identificados três conglomerados do número de usinas sendo o mais significativo na região Sul. Não houve *clusters* para a potência instalada. Com relação aos resíduos urbanos, a concentração estadual, para número de usinas, foi alta $[CR(k)]$ e moderadamente alta para os demais indicadores. Para a potência instalada observou-se concentração muito forte $[CR(k)]$ e moderadamente alta para HHI , E e G . Para os resíduos urbanos, identificou-se dois conglomerados de número de usinas e dois de potência instalada, centrados no Rio Grande do Sul e em Minas Gerais. Para os resíduos animais a região Sul foi a que mais se destacou para o número de termoeletricas. Não houve conglomerados para potência instalada.

PALAVRAS-CHAVE: Bioeletricidade, Concentração industrial, Economia regional.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos urbanos são definidos como qualquer lixo gerado nas cidades, resultantes de ações antrópicas e lançados no meio ambiente, com composição que varia de acordo com a localidade onde são produzidos (GONÇALVES et al., 2009). O uso dos resíduos urbanos como fonte energética torna-se uma alternativa para redução da degradação ambiental, a partir da diminuição da emissão de gases do efeito estufa e favorecendo a obtenção dos créditos de carbono (CAMPOS; GALIZA, 2019). Os resíduos animais são os excrementos de gado caprino, ovino, bovino e suíno. A capacidade de gestão de resíduos animais é maior em criações confinadas, tendo em vista que os custos da coleta são menores, fazendo com que o processo seja mais rentável e melhor direcionado, como para a geração de bioeletricidade (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008). Para o Brasil, em 2015, a criação de aves foi a que apresentou maior número efetivo de rebanho com 1,35 bilhões de cabeças, seguido da criação de bovinos (218,23 milhões) e da criação de suínos (39,95 milhões) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2017). O rebanho de bovinos foi o que apresentou maior potencial para geração de resíduo animal, a criação poderia gerar 1,28 milhões t/dia de excremento seco, considerando peso médio de 910 kg para a espécie, segundo dados do IBGE, 2017.

Em 2017, a oferta brasileira de eletricidade foi de 165,20 GW, onde as hidroelétricas apresentaram a maior participação (60,70%), seguida da biomassa (8,78%), energia eólica (7,45%) e energia solar (0,57%). A potência instalada a partir dos resíduos urbanos representou 0,91% da bioeletricidade, enquanto a dos resíduos animais, apenas 0,03% (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, 2017). As análises da concentração industrial apresentam relevância para estudos acadêmicos, estabelecimento de políticas antitruste e na avaliação de fusões horizontais (VARUM et al., 2016). Os índices de concentração podem ser utilizados para avaliação de estruturas de mercado, pois são capazes de inferir o impacto da produção de uma determinada empresa sobre as atividades econômicas em nível regional (FEIJO; CARVALHO; RESENDE, 2003). A estatística *scan* circular, criada por Kulldorff (1997), foi desenvolvida com o objetivo de avaliar casos epidemiológicos humanos e apresentou-se como método importante para análise de conglomerados.

Para os estudos de concentração industrial destacaram-se Luft e Zilli (2013) na concentração de oferta de crédito do setor bancário brasileiro, Smaniotto e Alves (2016) para a análise do poder de mercado dos bancos brasileiros, Coelho Junior (2010; 2016) para a concentração de produtos florestais e Coelho Junior et al. (2018; 2019) que avaliaram a produção de lenha e carvão vegetal na Paraíba. Com relação a estatística *scan* Arroyo et al. (2017) avaliaram áreas de risco de transmissão de tuberculose em São Carlos – SP, Souza et al. (2019) utilizaram o método para a identificação de áreas de risco para hospitalização infantil por asma, Oliveira e Menezes (2015) estudaram a distribuição de microcrédito em Goiânia – GO, Balieiro (2008) adaptou o método para estimativas de áreas de desmatamento, Randolph (2017) observou a distribuição espacial das florestas na Carolina do Sul (EUA) e Santos Júnior (2019) avaliou a distribuição espacial da oferta de bioeletricidade florestal no Brasil. Diante a importância da gestão dos rejeitos urbanos e animais e seu uso para bioeletricidade, este trabalho analisou a concentração da oferta brasileira de eletricidade a partir dos resíduos animais e urbanos, em 2017.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos urbanos

São resíduos sólidos urbanos (RSU), o lixo: domiciliar (resto de alimento, embalagens, metais, vidros, papéis e outros), de escritórios, lojas, hotéis e demais estabelecimentos, os resíduos da limpeza de vias públicas, além dos encontrados nos esgotos; a composição varia com base nas condições socioeconômica e nos costumes da população (GUEDES et al., 2019; MEDEIROS et al.,

2019). Os resíduos urbanos do esgoto destacam-se por apresentar grande quantidade de matéria orgânica residual e consequente potencial para a geração de energia através da digestão anaeróbica (REICHERT, 2005).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2018), em 2017, o Brasil produziu aproximadamente 78,4 milhões de toneladas de RSU. Tendo em vista que do total gerado, 91,24% foram coletados, no entanto o problema está na disposição final, pois, do montante coletado, apenas 59,10% foram destinados adequadamente para os aterros sanitários (ABRELPE, 2018). As rotas tradicionais para geração de eletricidade a partir do lixo são a combustão direta ou a gaseificação após separação de materiais recicláveis (GUIMARÃES; GALVÃO, 2015; REICHERT, 2005). De acordo Bilotta e Ross (2016), o aproveitamento do biogás obtido por meio do tratamento de esgoto doméstico, de dejetos animais e da disposição de resíduos sólidos é uma alternativa de geração de energia elétrica com grande potencial de expansão no Brasil.

2.2 Resíduos animais

Entende-se biomassa energética, como todo recurso renovável originário de matéria orgânica, seja ela animal ou vegetal, com potencial de utilização na produção de energia (ANEEL, 2002). Segundo Gouveia e Oliveira (2018) uma destas trata-se do esterco animal, obtido a partir de rebanhos equinos, bovinos, caprinos e outros. A alta produção destes resíduos, em muitos casos, resulta em problemas ambientais, desta forma, a conversão do recurso animal para produção de biogás nas áreas rurais auxilia na diminuição de impactos ambientais (RICARDO et al., 2018). De acordo com Cortez, Lora e Gómez (2008), dentre os rebanhos, destacam-se o de equinos que produz a maior massa de excremento de matéria seca (5,6 kg/dia), seguido da criação do gado de leite (3,26 kg/dia) e do gado de corte (3,22 kg/dia). Comparando a massa animal com a massa de excremento produzida, a criação de aves é a mais representativa, com produção de 1 kg de excremento de base seca, para cada 80,6 kg de animal. Como tecnologia mais consolidada destacam-se os biodigestores, que são sistemas fechados, sob constante atividade bacteriana anaeróbia (sem a presença de oxigênio) e que produzem o biogás (AMORIM JÚNIOR; CORREIA; DUTRA, 2019).

2.3 Concentração industrial

O desenvolvimento das teorias econômicas ligadas à estrutura das firmas motivou a busca da compreensão da estrutura de mercado de determinados setores econômicos ou segmentos industriais. De acordo com Coelho Junior et al. (2010) a concentração industrial encontra-se como um dos componentes mais importantes para avaliação da competição entre empresas, sendo os índices de concentração classificados em parciais (consideram apenas parte das empresas do setor) ou sumários (utilizam a totalidade das empresas). Para os índices parciais destaca-se as razões de concentração, enquanto que para os índices sumários estão o índice de *Hirschman-Herfindal* e a *Entropia de Theil*, além desses, existe o *coeficiente de Gini* que mede desigualdade, principalmente da renda, mas que pode também ser usado para medir a diferença entre o tamanho e o poder econômico das empresas (COELHO JUNIOR et al., 2010).

2.4 Conglomerações espaciais

Diversos trabalhos atribuem a Marshall (1920) a origem dos estudos de externalidades econômicas, a partir de suas observações da estrutura econômica inglesa do século XIX, estas, evidenciaram conglomerações (*clusters*) industriais, em regiões com disponibilidade de mão de obra, tecnologia e bens de serviços. De acordo com Porter (2000) embora as razões iniciais para existência de *clusters* apresentem menor importância diante a globalização, as políticas governamentais e as economias locais, mostram-se determinantes. Os *clusters* são definidos como concentrações geográficas de empresas em regiões com fornecedores especializados, prestadores de serviços e indústrias e/ou organizações relacionadas (PORTER, 2001). A identificação de *clusters* ocorre tanto em economias desenvolvidas quanto em desenvolvimento, embora os conglomerados de economias

avançadas sejam mais desenvolvidos (PORTER, 1998). Os *clusters* podem ser observados a partir de três perspectivas: espacial, temporal e espaço-temporal. Os *clusters* espaciais são independentes do período, sendo observadas apenas as áreas de estudo, para as análises temporais têm-se o oposto, sendo considerado apenas um intervalo temporal e para avaliações espaço-temporais observa-se a busca de *clusters* não somente no espaço, mas também com relação ao tempo (LUCENA; MORAES, 2012).

3. METODOLOGIA

3.1. Objeto de estudo

Os dados da quantidade de termoeletricas e potência instalada (MegaWatts - MW), a base dos resíduos urbanos e animais estão disponíveis no Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL e foram coletados, em dezembro de 2017. Realizou-se uma análise de conjuntura da distribuição regional e estadual, para o número e potência instalada de termoeletricas. Obteve-se as coordenadas geográficas das firmas a partir do Google Maps® e para a elaboração de mapas utilizou-se o programa QGIS 3.6.0®.

3.2. Medidas de concentração e desigualdade

Os índices de concentração utilizados foram: a Razão de Concentração, o Índice Herfindahl-Hirschman, a Entropia de Theil e o Índice de desigualdade de Gini. Utilizou-se a quantidade e potência instalada das termoeletricas de resíduos animais ou urbanos, nos estados brasileiros. Também foi avaliada a concentração entre as termoeletricas a partir da potência instalada.

3.2.1. Razão de Concentração

A Razão de Concentração [$CR(k)$] se estabelece a partir da ordenação decrescente da k ($k = 1, 2, \dots, n$) participação dos estados ou empresas, conforme a Equação 1 desenvolvida por Bain (1959).

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos.

Calculou-se a concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores (estados e empresas), classificados de acordo com Bain (1959). Neste estudo, também utilizou o principal [$CR(1)$] e os dois maiores [$CR(2)$].

3.2.2. Índice Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) avaliou a estrutura de mercado, com base na participação ao quadrado dos estados com termoeletricas (número ou potência instalada) e, ou, empresas, de resíduos urbanos ou resíduos animais. O HHI (Equação 2) atribuiu um peso maior para as empresas ou unidades da federativas com uma parcela mais representativa (VARUM et al., 2016).

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos; n = número de estados ou termoeletricas.

O *HHI* varia entre 1 e $1/n$ (limite inferior), sendo $1/n$ indicou que todas as empresas ou estados possuem mesma participação (concorrência perfeita) na estrutura de mercado e 1 mostrou a condição de monopólio. Resende (1994) propôs o *HHI* ajustado (*HHI'*) para avaliações comparativas intertemporais, conforme a Equação 3, implicando em variação entre 0 e 1 para o *HHI'*. Para valores de $HHI' < 0,10$ têm-se um mercado atomizado, $0,10 \leq HHI' \leq 0,15$, mercado não concentrado, de $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$, mercado moderadamente concentrado e $HHI' > 0,25$ têm-se alta concentração.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (n * HHI - 1); n > 1 \quad \text{(Equação 3)}$$

3.2.3. Índice de Entropia de Theil

O índice de Entropia de Theil (*E*), proposto por Theil (1967), foi desenvolvido com base na teoria da informação e utilizado em diversas áreas para análise de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), o *E* (Equação 4) pode ser considerada uma medida de concentração inversa.

$$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: S_i = participação; i dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos; n = número de estados ou empresas. A *E* varia entre 0 e $\ln(n)$, sendo 0 para condições de monopólio e $\ln(n)$ para um mercado homogêneo. Analogamente ao *HHI*, Resende e Boff (2002), sugeriram um ajuste na Entropia (*E'*), para ajustar os intervalos de $E' = 0$ para concentração máxima e $E' = 1$ para concentração mínima (Equação 5).

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad \text{(Equação 5)}$$

3.2.4. Índice de Gini

O Índice de Gini (*G*), proposto por Gini (1912), em sua origem foi uma medida para verificar desigualdade social, com base na renda populacional. Atualmente, o *G* (Equação 6) foi aplicado em diferentes áreas do conhecimento e pode ser utilizado para medir a desigualdade da oferta de eletricidade a partir dos resíduos urbanos ou animais por empresas ou estados (número e potência instalada).

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que: S_{ij} = participação cumulativa; i dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos; S_i = participação; i dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos; n = número de estados ou empresas. O *G* foi classificado como de desigualdade nula a fraca (0,000-0,250), desigualdade fraca a média (0,251 – 0,500), desigualdade média a forte (0,501 – 0,700), desigualdade forte a muito forte (0,701 – 0,900) e desigualdade muito forte a absoluta (0,900 – 1,000) (GINI, 2012).

3.3. Estatística scan

Segundo Kulldorff et al. (1998), o método da estatística *scan* avaliou conglomerados espaciais, temporais ou espaço temporais. A análise foi realizada com varreduras para identificação de altos, baixos ou ambos níveis de concentração.

Para a análise de contagem dos dados, utilizou uma análise puramente espacial, para o ano de 2017, identificando os conglomerados de alta concentração (*clusters*) na oferta brasileira de bioeletricidade a partir dos resíduos animais ou urbanos, com base na distribuição de Poisson (KULLDORFF, 2015). A estatística *scan* foi realizada para o número e potência instalada (MW) das termoelétricas. As características dos *clusters* encontrados foram o centroide da conglomeração, o raio R (km), o número de casos observados (Obs.) e esperados (Esp.) no interior do *cluster*, o risco relativo (RR), o valor do teste de verossimilhança (LLR) e a significância do *cluster* (p valor).

3.3.1. Teste de verossimilhança

Para o cálculo do teste de verossimilhança a região total de estudo foi dividida em sub-regiões, onde uma zona z proporciona um conjunto de dados conectados em uma grande região. Dentro da zona analisada existe uma população n_z e um número de casos associados C_z com chance p para que haja uma ocorrência nesta área. A estatística *scan* realizou a sobreposição de círculos aleatórios que partiram dos centroides das sub-regiões de estudo, sobre os possíveis conglomerados espaciais.

O método avaliou a probabilidade de haver casos no interior dos círculos $p(z)$ e casos fora deles $q(z)$ fazendo com que a função de verossimilhança fosse maximizada (LUCENA; MORAES, 2012; PEREIRA; MORAES; VIANNA, 2014). Para análises puramente espaciais sob uso da distribuição de Poisson o cálculo da verossimilhança pode ser obtido a partir da Equação 7 (FERREIRA, SÁFADI; LIMA, 2018).

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{e^{[-p(z)n_z - q(z)(M - n_z)]}}{C!} p(z)^{C_z} q(z)^{C - C_z} \prod_i C_i \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: M = a população total; C = o número total de casos. Para identificação do *cluster* com maior chance de não ter ocorrido ao acaso deve-se realizar esta razão maximizada sobre todas as zonas. Tendo em vista o crescimento rápido dos valores associados ao modelo de verossimilhança normal, utilizou-se logaritmo sabendo que são funções crescentes (Equação 8).

$$T = \max_z LLR(z) \quad (\text{Equação 8})$$

Os valores calculados de T tiveram sua significância testada por simulações de Monte Carlo. O tamanho máximo para as janelas circulares adotadas neste trabalho foi associado a 25% da população sob risco (LUCENA; MORAIS, 2012; MOURA, 2006).

3.3.2. Teste de hipótese Monte Carlo

Na simulação de Monte Carlo, para o Estatística Scan, houve a criação de conjuntos de dados independentes, porém com a mesma quantidade de casos do conjunto base. Estes foram distribuídos aleatoriamente dentre todas as sub-regiões de acordo com a hipótese nula (H_0). Para cada conjunto realizou-se o cálculo de T (MOURA, 2006). O *p valor* foi encontrado através do teste de hipótese de Monte Carlo, o teste comparou o *ranking* dos testes de verossimilhanças reais com os aleatórios, sendo o *ranking* R , o *p valor* é dado pela Equação 9.

$$pvalor = \frac{R}{(1 + \# \text{replicações})} \quad (\text{Equação 9})$$

Nesta pesquisa utilizou-se 9999 replicações para os conjuntos de dados e para que um *cluster* fosse considerado significativo o ‘*p valor*’ obtido teve de ser inferior a 0,05.

3.3.3. Risco Relativo

O risco relativo tratou-se de um número não negativo que representa quantas vezes foi provável que uma termoeletrica seja encontrada em uma determinada área, comparando com uma linha base (MEDRONHO, 2004). De acordo com Kulldorff (1997), o risco relativo (RR) pode ser estimado com base o número de casos observado no interior do *cluster* (*c*) e o número total de casos fornecido pelo pesquisador (*C*), de acordo com a Equação 10.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / (E[C] - E[c])} \quad \text{(Equação 10)}$$

Tendo em vista que a análise está inteiramente associada ao número de casos fornecido, tem-se que ‘ $E[C]=C$ ’, como apresentado na Equação 11.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / C - E[c]} \quad \text{(Equação 11)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a distribuição regional e estadual do número e potência instalada (MW) nas termoeletricas de resíduos animais e urbanos, no Brasil, em 2017. Para os resíduos animais a região Sul destacou-se com o maior número de termoeletricas do país (57,15%), em seguida estiveram o Sudeste com quatro termoeletricas (28,57%) e o Centro-Oeste, com apenas duas usinas (14,28%). Para potência instalada, o Centro-Oeste apresentou o maior potencial, com 52,23% da oferta nacional, a região Sul, segunda principal, teve disponível 1,68 MW (37,50%), seguida do Sudeste com 0,46 MW (10,26%). As regiões Norte e Nordeste não apresentaram oferta a partir deste recurso.

Tabela 1. Distribuição regional e estadual do número e potência instalada (MW) nas termoeletricas de resíduos animais e resíduos urbanos no Brasil, em 2017.

Estado	Resíduos Animais		Resíduos Urbanos	
	n°	Potência Instalada	n°	Potência Instalada
São Paulo	-	-	9	72,54
Minas Gerais	4	0,46	5	16,66
Rio de Janeiro	-	-	2	4,44
Sudeste	4	0,46	16	93,64
Paraná	5	0,41	1	8,56
Rio Grande do Sul	-	-	1	8,56
Santa Catarina	3	1,28	1	1,07
Sul	8	1,68	3	18,19
Bahia	-	-	1	19,73
Nordeste	-	-	1	19,73
Mato Grosso	2	2,34	-	-
Centro-Oeste	2	2,34	-	-
Brasil	14	4,48	20	131,56

Fonte: ANEEL (2017).

A nível estadual apenas quatro estados apresentaram termoelétricas a base de resíduos animais. O Paraná com cinco usinas foi o mais representativo (35,71%), seguido de Minas Gerais (28,57%), Santa Catarina (21,42%) e Mato Grosso (14,30%). A partir da potência instalada destacou-se o Mato Grosso com 2,34 MW ofertados (52,23%). Os resíduos urbanos apresentaram 20 termoelétricas e 131,56 MW instalados no território brasileiro. A região com maior número de usinas foi o Sudeste, com 16 empreendimentos (80,00%) e seguiram as regiões Sul e Nordeste, com participação de 15,00% e 5,00%, respectivamente. Com relação à potência instalada o Sudeste representou 71,17% da oferta nacional, seguido do Nordeste (15,00%) e do Sul (13,83%). As regiões Centro-Oeste e Norte não apresentaram termoelétricas à base de resíduos urbanos.

O estado de São Paulo teve o maior número de termoelétricas para os resíduos urbanos (45,00%), seguido de Minas Gerais (25,00%) e do Rio de Janeiro (10,0%). O estado paulista apresentou também a maior potência instalada com 72,54 MW (55,14%), em seguida esteve a Bahia com 19,73 MW instalados apenas na uma usina e Minas Gerais com 16,66 MW (12,66%). A produção de eletricidade a partir dos RSU esteve diretamente associada a produção do insumo, segundo a ABRELPE (2018) os estados da região Sudeste são os que apresentaram a maior geração de RSU, com destaque para São Paulo (103.548 toneladas/ano), Minas Gerais (38.667 toneladas/ano) e Rio de Janeiro (29.507 toneladas/ano). A Tabela 2 apresenta os indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoelétricas à base de resíduos animais e resíduos urbanos, para os estados brasileiros, em 2017. Para o número de usinas dos resíduos animais o $CR(1)$ estabeleceu valor de 35,71%, para o Paraná. O $CR(2)$ com 64,28% adicionou o estado de Minas Gerais. O $CR(4)$ apresentou valor de 100%, dado o baixo número de estados participantes; apontando concentração muito alta, a oferta esteve associada a granjas, fazendas e indústrias de carnes, da porção Sul do país (ANEEL, 2018).

Tabela 2. Indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoelétricas a base de resíduos animais e resíduos urbanos para os estados brasileiros, em 2017.

Índice	Resíduos Animais		Resíduos Urbanos	
	n°	Potência Instalada	n°	Potência Instalada
$CR(1)$	35,71%	52,22%	45,00%	55,14%
$CR(2)$	64,28%	80,69%	70,00%	70,14%
$CR(4)$	100%	100%	85,00%	89,31%
HHI	0,2755	0,3724	0,2850	0,3523
LI	0,2500	0,2500	0,1429	0,1429
HHI'	0,0340	0,1633	0,1658	0,2443
E	1,3337	1,1481	1,5353	1,3833
LS	1,3863	1,3863	1,9459	1,9459
E'	0,9621	0,8282	0,7890	0,7109
G	0,2143	0,3094	0,5214	0,5606
n	4	4	7	7

HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Índice Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Índice Entropia de Theil ajustado; G = Índice de Gini.

A partir do HHI (0,2755) e LI (0,2500) notou-se baixa concentração, devido à elevada proximidade entre os índices. O HHI' de 0,0340 caracterizou o mercado como atomizado, de acordo com Rezende (1994). A proximidade entre a E e o LS e a E' corroboram com o exposto, atribuindo baixa concentração. O índice G (0,2143) classificou a distribuição como de desigualdade nula a fraca, segundo orientações de Gini (1912). Para potência instalada o $CR(1)$ foi de 52,22%, para o Mato Grosso, o $CR(2)$ (64,28%) adicionou o estado de Santa Catarina e para o $CR(4)$ obteve-se

concentração máxima. O *HHI* encontrado foi de 0,3724 e o *LI* de 0,2500 caracterizando concentração pouco maior que para o número de termelétricas. O *HHI'* (0,1633) e a *E'* (0,8282) aproximaram a estrutura a um mercado moderadamente concentrado, enquanto o *G* (0,3094) apontou desigualdade fraca a média.

Com relação ao número de termelétricas de resíduos urbanos, o *CR(1)* apresentou valor de 45,00% destacando a importância do estado de São Paulo. Para o *CR(2)* (70,00%) foi acrescentado Minas Gerais. O *CR(4)* de 85,00% classificou o setor como de concentração muito alta. A proximidade do *HHI* (0,2850) e *LI* (0,1429), junto ao *HHI'* de 0,1658, avaliou a distribuição como moderadamente concentrada. A *E'* de 0,7890 colaborou com a análise do *HHI*, assim como o *G* que apontou desigualdade média a forte. Para a potência instalada, o *CR(1)* destacou a grande potência instalada em São Paulo (55,14%). O *CR(2)* (70,14%) acrescentou a Bahia como segundo principal estado. O *CR(4)* apontou valor de 89,31%, classificando a distribuição como muito concentrada, compuseram o índice: São Paulo, Bahia, Minas Gerais e o Paraná ou o Rio Grande do Sul. O *HHI'* (0,2443) e a *E'* (0,7109) apontaram concentração moderadamente alta. O índice *G* (0,5606) inferiu desigualdade média a forte.

A Tabela 3 apresenta os indicadores de concentração da potência instalada nas empresas de bioeletricidade a partir dos resíduos animais e resíduos urbanos, no Brasil, em 2017. Para os resíduos animais o *CR(1)* apresentou participação de 34,81%, para Ipiranga do Norte I, localizada em Tapurah - MT. Para o *CR(2)* foi acrescentada a termelétrica Fazenda da Luz, localizada em Santa Catarina. O *CR(4)* apresentou valor de 79,76%, adicionando as termelétricas Nossa Senhora Aparecida I (MT) e Granja São Roque (SC), a classificação foi de concentração muito alta de acordo com Bain (1959). Por fim, o *CR(8)* (89,91%) apresentou as termelétricas: Fazenda Nossa Senhora de Fátima (MG), Unidade Industrial de Aves (PR), Ronaldo de Freitas Silva (MG) e a Star Milk (PR), completando as oito maiores empresas em potência instalada do país. Para classificação de Bain (1959) houve concentração alta.

Tabela 3. Indicadores de concentração da potência instalada nas empresas de bioeletricidade a partir dos resíduos animais e resíduos urbanos no Brasil, em 2017.

Índice	Resíduos Animais	Resíduos Urbanos
<i>CR(1)</i>	34,81%	22,46%
<i>CR(2)</i>	52,89%	38,85%
<i>CR(4)</i>	79,76%	60,35%
<i>CR(8)</i>	89,91%	99,64%
<i>HHI</i>	0,1984	0,1182
<i>LI</i>	0,0714	0,0526
<i>HHI'</i>	0,1367	0,0718
<i>E</i>	1,9633	2,4642
<i>LS</i>	2,6391	2,9957
<i>E'</i>	0,7439	0,8226
<i>G</i>	0,6978	0,6979
<i>n</i>	14	20

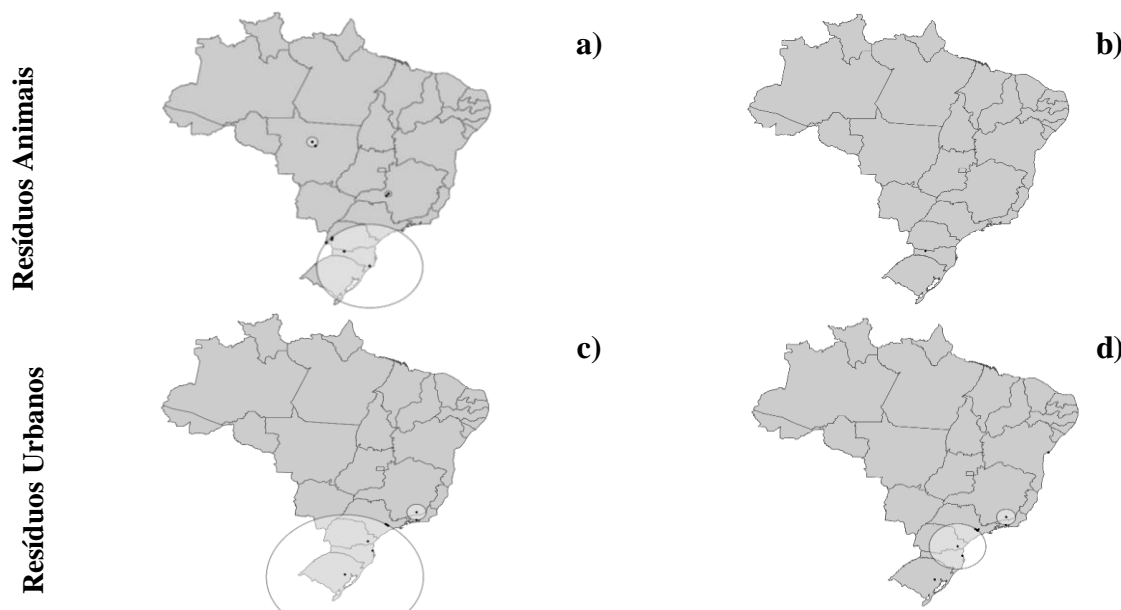
HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; *LI* = Limite Inferior; *HHI'* = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; *E* = Índice Entropia de Theil; *LS* = Limite Superior; *E'* = Índice Entropia de Theil ajustado; *G* = Índice de Gini.

A análise do *HHI* e *LI* apontou baixa concentração. O *HHI'* colaborou com a análise a partir do valor de 0,1367, classificando o mercado como não concentrado. A *E'* de 0,7439, representou baixa concentração. O índice de desigualdade de Gini (*G*) (0,6978) apresentou a maior divergência

entre os indicadores sendo apontada desigualdade média a forte. Para os resíduos urbanos o $CR(1)$ atribuiu a Termoverde Caieiras (SP), 22,46% da oferta nacional a partir deste recurso. O $CR(2)$ adicionou a São João Biogás (SP), resultando em valor de 38,85%. O $CR(4)$ (60,35%) e o $CR(8)$ (99,64%) apresentaram concentração moderadamente alta e muito alta, respectivamente. O HHI de 0,1182 e o LI de 0,0526 apontaram não haver concentração, o HHI' indicou mercado atomizado. O índice G atribuiu desigualdade média a forte, entre os participantes.

A Figura 1 apresenta os *clusters* do número e potência instalada de termoeletricas de resíduos animais e resíduos urbanos, no Brasil, em 2017. Para o número de termoeletricas de resíduos animais, apresentados na Figura 1a verificou-se a existência de apenas três *clusters*, sendo o de maior raio localizado na região Sul. Por sua vez, a Figura 1b mostrou que não houve *clusters* para a potência instalada a partir de resíduos animais no país. Para os resíduos urbanos, a Figura 1c apresentou os *clusters*. Foram identificados dois *clusters*, o primeiro localizado na região Sul e o segundo nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Para a análise da potência instalada, apresentada na Figura 1d, foram encontrados dois *clusters*, localizados sob a mesma área do número de termoeletricas.

Figura 1. *Clusters* do número e potência instalada de termoeletricas de resíduos animais (a, b) e resíduos urbanos (c, d) no Brasil em 2017.



A Tabela 4 apresenta as características dos *clusters* do número de termoeletricas e de potência instalada a partir dos resíduos animais e urbanos no Brasil em 2017. Para os resíduos animais foi encontrado apenas um *cluster* significativo. O *cluster 1* apresentou centroide no município de Pedras Grandes – SC, o teste de verossimilhança teve valor de apenas 6,23, atribuindo a possibilidade do *cluster* ter sido criado ao acaso, o raio foi de 619,72 km e foram observadas 6 usinas e risco relativo de 8,56. O *cluster 2*, centrado em Ipiranga do Norte – MT e o *cluster 3*, centrado no em Patrocínio – MG, não apresentaram significância com base no p valor encontrado (0,750). Para os resíduos urbanos apresentaram-se dois *clusters*, destes apenas o *cluster 1*, centrado em Minas do Leão – RS teve p valor significativo. O raio encontrado foi de 901,95 km e abrangeu todos os estados da região Sul, além dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Foram observadas 7 usinas e o risco relativo foi de 19,43. O *cluster 2* apresentou centroide em Juiz de Fora – MG, porém não apresentou p valor significativo (0,7829).

Não foram encontrados *clusters* significativos de potência instalada para o nível de resíduos animais. Apenas um *cluster* significativo foi registrado para a potência instalada de resíduos urbanos.

O *cluster 1*, apresentou centroide no município, Fazenda Rio Grande – PR, com raio de 341,08 km, potência observada de 17 MW e risco relativo de 10,60.

Tabela 4. Características dos *clusters* do número de termoeletricas e de potência instalada a partir de resíduos animais e resíduos urbanos no Brasil em 2017.

		Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
n°	RA	1	Pedras Grandes - SC	619,72	6,00	1,13	8,56	6,23	0,003
		2	Ipiranga do Norte - MT	71,08	2,00	0,97	2,24	0,46	0,750
		3	Patrocínio - MG	40,28	2,00	1,05	2,06	0,38	0,88
n°	RU	1	Minas do Leão - RS	901,95	7,00	0,54	19,43	12,70	< 0,001
		2	Juiz de Fora - MG	118,95	2,00	0,64	3,38	0,98	0,6027
Pot.	RU	1	Fazenda Rio Grande - PR	341,08	17	1,81	10,60	23,78	< 0,001
		2	Juiz de Fora - MG	118,95	8	5,06	1,62	0,76	0,7829

n°= número; Pot. = Potência Instalada; RA = resíduos animais; RU = resíduos urbanos; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

5. CONCLUSÕES

Concluiu-se que para os resíduos animais a região Sul foi a que mais se destacou para o número de termoeletricas, enquanto o Centro-Oeste, representado pelo Mato Grosso apresentou a maior potência instalada (2,34 MW). A concentração estadual foi moderadamente baixa, de acordo com o *HHI*, a *E* e o *G*, para o número de usinas e potência instalada. Entre as usinas também foi identificada concentração moderadamente baixa. Foram identificados três conglomerados do número de usinas sendo o mais significativo na região Sul. Não houve *clusters* para a potência instalada a partir de resíduos animais no país.

Por fim, com relação aos resíduos urbanos, o maior número de usinas e de potência instalada foi encontrado na região Sudeste. A concentração estadual para número de usinas foi alta para o *CR(k)* e moderadamente concentrada para os demais indicadores. Para a potência instalada observou-se concentração muito forte [*CR(k)*] e moderadamente alta para *HHI*, *E* e *G*. A concorrência entre as empresas apontou mercado atomizado para o *HHI* e concentração média muito forte para os demais índices. Avaliou-se dois conglomerados para o número de usinas e dois para a potência instalada, ambos centrados no Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília: 2002.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 31 dez. 2017.

AMORIM JÚNIOR, F. B.; CORREIA, F. C.; DUTRA, E.D. Estimativa da produção de biogás na região Nordeste; análise energética da biodigestão de dejetos animais. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRRPE, 2019. p. 286-295.

ARROYO, L. H.; YAMAMURA, M.; PROTTI-ZANATTA, S. T.; FUSCO, A. P. B.; PALHA, P. F.; RAMOS, A. C. V.; ARCÊNCIO, R. A. Identification of risk areas for the transmission of tuberculosis in the municipality of São Carlos, São Paulo State, Brazil, 2008 to 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 525-534, 2017.

Abrelpe. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. ABRELPE, São Paulo/SP. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BALIEIRO, A. A. S. **Deteção de conglomerados dos alertas de desmatamento do Amazonas usando Estatística de varredura espaço-temporal**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

BILOTTA, P.; ROSS, B. Z. L. Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 275-282, 2016.

CAMPOS, A., GALIZA, J. Regulação de resíduos sólidos urbanos para geração de energia a partir do biogás: estudo de viabilidades em regiões da grande Vitória/ES. **Revista Augustus**, v. 20, n. 40, p. 56-69, 2015.

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise econômica de produtos florestais em condições de risco e incerteza**. 2010. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavra, 2010.

COELHO JUNIOR, L. M. Concentração regional do valor bruto de produção do pinhão no Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 853-861, out./dez. 2016.

COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. **Floresta**, v. 48, p. 443-452, 2018.

COELHO JUNIOR, L. M.; MEDEIROS, M. G.; SANTOS JUNIOR, E. P.; SOARES, H. C. C.; JOAQUIM, M. S.; SILVA, M. L. Regional concentration of charcoal production in Paraíba state, Brazil (1994-2016). **Revista Árvore**, v. 43, n. 1, p. 1-10, 2019.

CORTEZ L. A. B.; LORA E. E. S.; GÓMEZ E. O. (Orgs.), **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo: Editora da Unicamp, 2008.

FEIJO, C. A.; CARVALHO, P. G. M.; RODRIGUEZ, M. S. Concentração Industrial e Produtividade do Trabalho na Indústria de Transformação nos anos 90: evidências empíricas. **EconomiA**, v. 4, n. 1, p. 19-52, 2003.

FERREIRA, L. M.; SÁFADI, T.; LIMA, R. R. Técnicas da estatística espacial na análise de dados de áreas no estudo da dengue. **Revista Univap**, v. 24, n. 44, p. 13-27, 2018.

GINI, C. Variabilità e mutabilità. In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1912.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 5, p.657-661, 2009.

GOUVEIA, L.; OLIVEIRA, G. Utilização e destinação dos resíduos agropecuários no Brasil. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas em Economia Circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 167-474.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; DE SOUZA, P. S. Resíduos sólidos urbanos: um risco para aviação brasileira. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 63-71.

GUIMARÃES, C. M. M.; GALVÃO, V.. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 2, p. 120-133, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

KULLDORFF, M. **SaTScan™ Manual do Usuário** para versão 9.4 (Traduzido). 2015.

KULLDORFF, M. ATHAS, W., FEUER, E., MILLER, B., KEY, C. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos. **American Journal of Public Health**, v. 88, p. 1377-1380, 1998.

KULLDORFF, M. A. Spatial scan statistic. **Communications in Statistics: Theory and Methods**, v. 26, p.1481-1496. 1997.

LUCENA, E. F.; MORAES, R. S. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, p. 605-623, 2012.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, p. 150-172, 2013.

MARSHALL, A. **Princípios de economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1984.

MEDEIROS, J. H. D.; FERREIRA, R. L. S.; PEREIRA, J. E. S.; D'AGUIAR, S. C. M. Diagnóstico da produção de Componentes e geração de resíduos Sólidos em olarias do vale do Assú – RN. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2019. p. 678-688.

MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia**. 2ª ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.

MOURA, F. R. **Detecção de clusters espaciais vias algoritmo Scan multi-objetivo**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, F. R.; MENEZES, T. A. Detecção de clusters no microcrédito em Goiânia. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 9, n. 2, p. 228-242, 2015.

PEREIRA, A. P. J. T.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. Aplicação do método scan para a detecção de conglomerados espaciais dos acidentes de trânsito ocorridos em João Pessoa – PB. **Hygeia**, v. 10, n. 18, p. 82-97, 2014.

PORTER, Michael E. The microeconomic foundations of economic development [parts I and II]. **The global competitiveness report**. Geneva: WEF, 1998.

PORTER, M. E. Location, competition, and economic development: local clusters in a global economy. **Economic Development Quarterly**, v. 14, n. 1, p. 15-34, 2000.

RANDOLPH, K. Using SaTScan™ spatial-scan software with national forest inventory data: a case study in South Carolina. **Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resources Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2017.

REICHERT, A. G. Aplicação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Anais... Campo Grande: ABES, 2005.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, v. 12, n. 21, p. 24-33, 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

RICARDO, C. M.; CAMPOS, A. T.; MARIN, D. B.; VELOSO, A. V.; MATTIOLI, M.C. Avaliação econômica de um sistema de tratamento de resíduos da suinocultura contendo biodigestores tubulares. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 6, p. 516-525, 2018.

SANTOS JÚNIOR, E. P. **Concentração e distribuição espacial da oferta brasileira de bioeletricidade florestal**. Disponível em: <<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3826>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.

SOUZA, E. C. D. O.; SANTOS, E. S. D.; ROSA, A. M.; BOTELHO, C. Varredura espaço-temporal para identificação de áreas de risco para hospitalização de crianças por asma em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. 1-14, 2019.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

VARUM, C.; VALENTE, H. RESENDE, J.; PINHO, M.; SARMENTO, P.; JORGE, S. **Economia Industrial: teoria e exercícios práticos**. 1ª ed. Lisboa: Sílabo, 2016.

6.3 CONCENTRAÇÃO E CONGLOMERADOS DAS TERMOELÉTRICAS DE LICOR NEGRO NO BRASIL

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
Universidade Federal da Paraíba
luiz@cear.ufpb.br

SANTOS JÚNIOR, Edvaldo Pereira
Universidade Federal da Paraíba
edvaldo.junior@cear.ufpb.br

CARNEIRO, Priscila França Gonzaga
Universidade Federal da Paraíba
priscila_gonzaga@yahoo.com

ARAÚJO, Dalila Medeiros
Universidade Federal da Paraíba
dalilaamedeiros@gmail.com

RESUMO

Este trabalho analisou a concentração e os conglomerados das termoeletricas brasileiras de licor negro, em 2018. Utilizaram-se os dados do banco de informações de geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A concentração foi mensurada por meio dos indicadores Razão de Concentração [$CR(k)$], Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e o Coeficiente de Gini (G) e os conglomerados com a estatística *scan*. Os resultados apontaram a região sul com maior quantidade de termoeletricas e de potência instalada. A concentração estadual das termoeletricas e da potência instalada para o $CR(k)$ foi moderadamente alta a muito alta, inferindo uma estrutura de mercado oligopolista. Por sua vez os índices HHI e E , inferiram mercado atomizado. Entre as empresas participantes, os indicadores $CR(k)$ e G mostraram tendências de concentração, enquanto o HHI e a E apontaram mercado atomizado. Foram identificados quatro conglomerados, sendo dois para o número de termoeletricas e dois para potência instalada. Notou-se alto potencial de oferta no sul do país e no sul da região nordeste.

PALAVRAS-CHAVE: Bioeletricidade, Concentração industrial, Estatística *scan*.

1. INTRODUÇÃO

A biomassa florestal por muito tempo esteve associada ao desmatamento, todavia as florestas podem ser utilizadas de forma renovável, para fins energéticos, a partir da produção da lenha, carvão vegetal e licor negro (ARAUJO et al., 2019; LUZ; MEDEIROS, 2019). O licor negro é um resíduo do processo de cozimento da madeira no setor de papel e celulose (CARDOSO, 2012). Este recurso se obtém através do processo de Kraft, onde a mistura de hidróxido sódico e sulfito de sódio que separam a lignina do tecido lenhoso (OLIVEIRA; MATEUS; SANTOS, 2018).

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Celulose e Papel – BRACELPA (2019), o Brasil ocupa a quarta maior produção de celulose no mundo e o nono lugar no setor de papel. A gestão do licor negro se tornou uma preocupação ambiental. Segundo Hora (2017), as tecnologias com maior relevância estiveram relacionadas ao aumento da produtividade, melhoria da qualidade do papel e a biotecnologia, pela utilização do licor negro para cogeração e auto produção de eletricidade. Em 2017, o Brasil possuiu uma oferta interna de eletricidade de 165,20 GW, dos quais 77,50% foram obtidas de fontes renováveis (60,70% da hidroeletricidade, 8,78% da biomassa, 7,45% da energia eólica e 0,57% da energia solar). Para a biomassa o potencial instalado foi de 14,50 GW, sendo 17,53% obtido a partir de termoelétricas de licor negro, principal recurso disponível para a biomassa florestal, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2017).

De acordo com Possas (1999), a concentração industrial é utilizada para compreensão do mercado das firmas em uma indústria. Um elevado grau de concentração implica em uma baixa concorrência entre participantes, elevando o poder de mercado virtual da indústria. O uso da estatística *Scan* traz contribuições nas análises regionais com a identificação das aglomerações. Dentre estudos de análise da concentração, destacam-se Luft e Zilli (2013), Smaniotto e Alves (2016), Mohammed et al. (2015) e Berger, Minnis e Sutherland (2017), para o setor bancário e Filgueiras et al. (2017) e Coelho Junior et al. (2018) para o setor florestal. Para a concentração no setor de oferta de energia, destacam-se o trabalho realizado por Chalvatzis e Ioannidis (2017) que avaliaram a concentração entre as fontes de energia utilizadas pela União Europeia. Por sua vez, ensaios com a estatística *scan* foram aplicados em diversas áreas do conhecimento, tais como: Balieiro (2008) para conglomerados de desmatamento, Lucena e Moraes (2012) para identificação de *clusters* dos homicídios por arma branca, em João Pessoa – PB e Vieira e Cançado (2013) para acidentes aéreos no Brasil. Devido à necessidade de gerenciamento de resíduos e a importância do licor negro para matriz elétrica nacional, este trabalho analisou a concentração e os conglomerados das termoelétricas brasileiras de licor negro, em 2018.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Biomassa com fins energéticos

O crescimento no aproveitamento da biomassa possui reflexo da necessidade da utilização de uma fonte limpa, renovável e de qualidade (FREITAS et al., 2019; XU; LI; LU; 2019). Com o aumento da demanda energética e a limitação das fontes atuais, a oferta de eletricidade a partir da biomassa tornou-se uma alternativa, principalmente por evitar custos e impactos ambientais da construção de grandes unidades de geração e consequentemente por absorver custos no transporte de energia (BARBOSA FILHO; AZEVEDO, 2013).

A utilização do potencial do licor negro como alternativa energética cresce há décadas nas indústrias de papel e de celulose, elevando o interesse do setor energético da construção civil (DE BLASIO et al., 2019; VERMA; MANIK; SETHI, 2019). No Brasil, a geração de eletricidade a partir da biomassa ocorre, em sua grande maioria, como forma de reaproveitamento de rejeitos industriais. O bagaço de cana-de-açúcar resultante das usinas de álcool e/ou açúcar e o licor negro reaproveitado nas indústrias de papel e celulose, são os rejeitos mais utilizados no país (ANEEL, 2017). Sendo destaque mundial na utilização de biomassa na matriz energética, apesar da energia hidráulica ainda ser a mais utilizada. A biomassa representou 8,4% da participação da matriz elétrica brasileira, em

2017. Com uma vasta utilização do bagaço de cana, arroz e licor negro (ANEEL, 2017). No Brasil, entre 2008 e 2017, o mercado energético de licor negro apresentou aumento. Em 2018, a produção foi de 18,14 milhões toneladas (t), enquanto, em 2017, 30,24 milhões de t, que representou crescimento de 5,51% a.a. O consumo energético apresentou crescimento de 5% a.a., registrou-se 14,24 t, em 2008 e 22,59 milhões t, em 2015, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018).

2.2. Concentração industrial

Bain (1959, p. 103) define concentração como “propriedade ou controle de uma grande proporção de agregados de recursos econômicos ou de atividades, tanto por uma pequena proporção das unidades que possuem ou controlam os agregados, quanto por um pequeno número destas unidades”. Segundo Leite (1998), a concorrência em um mercado modifica-se com alterações nos níveis de concentração, podendo variar entre estruturas de monopólio à concorrência perfeita. Dentre fatores que elevam a concentração estão o aumento de produtividade dos participantes; a diminuição da demanda; os incentivos fiscais; o desenvolvimento tecnológico; o crescimento de mercado e a diminuição de barreiras à entrada de novos participantes.

Para Kon (1994), o cálculo das medidas de concentração pode obedecer a três critérios: a capacidade de produção das indústrias, onde se observa a quantidade física produzida ou o lucro associado; a quantidade de empregados, verificando a influência das técnicas empregadas e da automatização e/ou os bens possuídos, que associa a oferta e incorpora a comparação de técnicas distintas. Dentre as medidas utilizadas estão a razão de concentração, índice de Herfindahl-Hirschman e Entropia de Theil. Outras medidas podem ser utilizadas para avaliar uma estrutura de mercado por meio do patrimônio líquido, pela capacidade produtiva ou o número de empregados (KON, 1994; VARUM et al., 2016).

2.3. Economia espacial

Marshall (1920) trouxe o conceito de economia “externa”, o qual incorpora as vantagens associadas às conglomerações industriais. Este conceito baseou-se nas análises industriais realizadas na Inglaterra, do século XIX, associadas à teoria dos rendimentos de escala crescente. Segundo Porter (2000), os conglomerados (em inglês, *clusters*), podem ser definidos como grupo de empresas ou instituições geograficamente associadas, devido a determinados aspectos comuns e complementares. A identificação dos aglomerados ocorre de forma aleatória, conforme apresentado por Duczmal et al. (2008) ou sobre áreas geometricamente limitas, como ocorre na estatística *Scan*, proposta por Kulldorff (1997).

Segundo Vieira e Cançado (2013), a estatística *Scan* consiste em um conjunto de iterações sobre janelas circulares ou cilíndricas, a partir das quais é calculado o teste de verossimilhança. A significância da verossimilhança tem como base os testes de Monte Carlo (DWASS, 1957). O uso de métodos com liberdade geométrica apresenta-se com menor detecção de conglomerações, pois as áreas interligadas são de acordo com os valores da razão de verossimilhança designando formas que não delimitam os verdadeiros *clusters* (TAVARES, 2009).

3. METODOLOGIA

3.1. Objeto de estudo

A base de dados da quantidade de termoelétricas e potência instalada (Mega Watts – MW), a base do licor negro foi coletada do Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em setembro de 2018. Realizou-se uma análise de conjuntura da distribuição regional e estadual, para número e potência instalada de termoelétricas. Obtiveram-se as coordenadas geográficas das empresas por meio do Google Maps® e a para a elaboração de mapas utilizou-se o QGIS 3.6.0®.

3.2. Medidas de concentração e desigualdade

Para determinar a concentração industrial foram utilizados: a Razão de Concentração, o Índice Herfindahl-Hirschman, a Entropia de Theil e o Índice de desigualdade de Gini. Utilizou-se a quantidade e a potência instalada das termoeletricas de licor negro, nos estados brasileiros. Também, foi analisada a concentração entre as termoeletricas, com base na potência instalada.

3.2.1. Razão de Concentração

A Razão de Concentração [$CR(k)$] se situa a partir da ordenação decrescente da k ($k = 1, 2, \dots, n$) participação dos estados ou empresas, conforme equação 1 desenvolvida por Bain (1959).

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

S_i = participação;

i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, que utilizam licor negro.

Foram calculados a concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito maiores [$CR(8)$] estados e empresas, classificados conforme Bain (1959). Neste estudo, também utilizou o principal [$CR(1)$] e os dois maiores [$CR(2)$].

3.2.2. Índice Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) avaliou a estrutura de mercado, tendo como base a participação quadrado dos estados com termoeletricas (quantidade ou potência instalada) e/ou empresas, com o licor negro. O HHI (equação 2) atribui um peso maior para as empresas ou unidades da federativas com uma parcela mais representativa (VARUM et al., 2016).

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, que utilizam do licor negro; n = número de estados ou empresas. O HHI tem variação entre 1 e $1/n$ (limite inferior), sendo $1/n$ indica que todas as empresas ou estados tem mesma participação (concorrência perfeita) e 1 condição de monopólio. Resende (1994) sugeriu o HHI ajustado (HHI') para estimativas comparativas intertemporais, equação 3, insinuando aos valores entre 0 e 1 para o HHI' . Para valores de $HHI' < 0,10$ mercado atomizado, $0,10 \leq HHI' \leq 0,15$ mercado não concentrado, de $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ moderadamente concentrado e $HHI' > 0,25$ alta concentração.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (n * HHI - 1); n > 1 \quad (\text{Equação 3})$$

3.2.3. Índice de Entropia de Theil

Proposto por Theil (1967), o índice de Entropia de Theil (E) teve como base a teoria da informação e é empregado em diversas áreas para análise de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), a E (equação 4) pode ser considerada uma medida de concentração inversa.

$$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoelétricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, que utilizam do licor negro; n = número de estados ou empresas. A E varia entre 0 e $\ln(n)$, sendo 0 para condições de monopólio e $\ln(n)$ para um mercado homogêneo. Analogamente ao HHI , Resende e Boff (2002), sugeriram um ajuste na Entropia (E'), equação 5, para ajustar os intervalos de $E' = 0$ para concentração máxima e $E' = 1$ para concentração mínima.

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (\text{Equação 5})$$

3.2.4. Índice de Gini

O Índice de Gini (G), proposto por Gini (1955), na sua origem foi uma medida para verificar desigualdade social, com base na renda populacional. Atualmente, o G (equação 6) vem sendo aplicado em diferentes áreas do conhecimento e pode ser utilizado para medir a desigualdade da oferta de eletricidade a partir do licor negro por empresas ou estados (número e potência instalada).

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: S_{ij} = participação cumulativa; i = dos estados com termoelétricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, que utilizam do licor negro; S_i = participação i dos estados com termoelétricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, que utilizam do licor negro; n = número de estados ou empresas. O G pode ser classificado como de desigualdade nula a fraca (0,000-0,250), desigualdade fraca a média (0,251 – 0,500), desigualdade média a forte (0,501 – 0,700), desigualdade forte a muito forte (0,701 – 0,900) e desigualdade muito forte a absoluta (0,900 – 1,000).

3.3. Estatística scan

Segundo Kulldorff et al. (1998), o método da estatística *Scan* identifica conglomerados espaciais, temporais ou espaço temporais. A análise pode ser realizada com varreduras para identificação de altos, baixos ou ambos níveis de concentração.

Para a análise de contagem dos dados, utilizou uma análise puramente espacial, para o ano de 2018, identificando os conglomerados de alta concentração (*clusters*) na oferta brasileira de bioeletricidade do licor negro, com base na distribuição de Poisson (KULLDORFF, 2015). A estatística *Scan* foi realizada para o número e potência instalada (MW) das termoelétricas. As características dos *clusters* encontrados foram o centroide da conglomeração, o raio R (km), o número de casos observados (Obs.) e esperados (Esp.) no interior do *cluster*, o risco relativo (RR), o valor do teste de verossimilhança (LLR) e a significância do *cluster* (p valor).

3.3.1. Teste de verossimilhança

Para o cálculo do teste de verossimilhança a região total de estudo foi dividida em sub-regiões, onde uma zona Z proporciona um conjunto de dados conectados em uma grande região. Dentro da zona analisada existe uma população n_z e um número de casos associados C_z com chance p para

que haja uma ocorrência nesta área. A estatística *Scan* realizou a sobreposição de círculos aleatórios que partiram dos centroides das sub-regiões de estudo, sobre os possíveis conglomerados espaciais. O método analisou a probabilidade de haver casos no interior dos círculos $p(z)$ e casos fora deles $q(z)$ fazendo com que a função de verossimilhança fosse maximizada (LUCENA; MORAES, 2012; PEREIRA et al., 2014). Para análises puramente espaciais sob uso da distribuição de Poisson o cálculo da verossimilhança pode ser obtido a partir da Equação 7 (FERREIRA et al., 2018).

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{e^{[-p(z)n_z - q(z)(M - n_z)]}}{C!} p(z)^{C_z} q(z)^{C - C_z} \prod_i C_i \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: M = a população total; C = o número total de casos. Para identificação do *cluster* com maior chance de não ter ocorrido ao acaso deve-se realizar esta razão maximizada sobre todas as zonas. Tendo em vista o crescimento rápido dos valores associados ao modelo de verossimilhança normal, utilizou logaritmo sabendo que são funções crescentes (Equação 8).

$$T = \max_z LLR(z) \quad (\text{Equação 8})$$

Os valores calculados de T tiveram sua significância testada por simulações de Monte Carlo. O tamanho máximo para as janelas circulares adotadas neste trabalho foi associado a 25% da população sob risco (LUCENA; MORAIS, 2012; MOURA, 2006). Para população foi utilizado o número de usinas de eletricidade ou a potência instalada, registrada pela ANEEL, no município em análise (ANEEL, 2018).

3.3.2. Teste de Monte Carlo

O teste de hipótese de Monte Carlo foi proposto pela primeira vez por Dwass (1957). Na simulação de Monte Carlo, para o Estatística *Scan*, houve a criação de conjuntos de dados independentes, porém com a mesma quantidade de casos do conjunto base. Estes foram distribuídos aleatoriamente dentre todas as sub-regiões de acordo com a hipótese nula (H_0). Para cada conjunto realizou-se o cálculo de T (MOURA, 2006). O p valor foi encontrado através do teste de hipótese de Monte Carlo, o teste compara o ranking dos testes de verossimilhanças reais com os aleatórios, sendo o ranking R , o p valor é dado pela equação 9.

$$pvalor = \frac{R}{(1 + \# \text{replicações})} \quad (\text{Equação 9})$$

Nesta pesquisa foram utilizadas 9999 replicações para os conjuntos de dados. Para que um *cluster* seja considerado significativo o ' p valor' obtido deve ser inferior a 0,05.

3.3.3. Risco Relativo

O risco relativo trata de um número não negativo que representa quantas vezes foi provável que uma termoeletrica fosse encontrada em uma determinada área, comparando com uma linha base (MEDRONHO, 2004). De acordo com Kulldorff (1997), o risco relativo (RR) pode ser estimado com base o número de casos observados no interior do cluster (c) e o número total de casos fornecido pelo pesquisador (C), de acordo com a Equação 10.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / (E[C] - E[c])} \quad (\text{Equação 10})$$

Tendo em vista que a análise está inteiramente associada ao número de casos fornecido, tem-se que ' $E[C]=C$ ', como apresentado na Equação 11.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / C - E[c]} \quad \text{(Equação 11)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a distribuição regional e estadual do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018. O Sul destacou-se como a região de maior número de termoeletricas (33,33%) e potência instalada (30,31%) do país, resultado do elevado número de indústrias de papel e celulose presentes na região, as quais fornecem licor negro para bioeletricidade. Em segundo esteve a região Nordeste para potência instalada (27,32%), com 4 termoeletricas instaladas. Destacou-se para a região o pólo industrial de papel e celulose do extremo Sul da Bahia, conforme apontado por Marques (2016). Em seguida, a região Centro-Oeste com todas as termoeletricas instaladas no estado do Mato Grosso do Sul, contou com 670,68 MW instalados (26,38%). O Sudeste e o Norte apresentaram quatro e uma termoeletricas, respectivamente, com potência instalada de 351,60 MW (13,83%) na região Sudeste e apenas 55,00 MW (2,16%) no Norte do país.

Tabela 1. Distribuição regional e estadual da quantidade e da potência instalada (MW) das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018.

Estado	Quantidade	Potência instalada
Mato Grosso do Sul	3	670,68
Centro – Oeste	3	670,68
Paraná	2	443,25
Rio Grande do Sul	1	250,99
Santa Catarina	3	76,53
Sul	6	770,77
Espírito Santo	1	210,40
Minas Gerais	1	100,00
São Paulo	2	41,20
Sudeste	4	351,60
Bahia	3	439,72
Maranhão	1	254,84
Nordeste	4	694,56
Pará	1	55,00
Norte	1	55,00
Brasil	18	2.542,26

Fonte: ANEEL (2018)

Houve oferta a partir do licor negro em dez estados brasileiros, sendo Mato Grosso do Sul (três usinas), Bahia (três usinas) e Santa Catarina (três usinas) os de maior número de usinas, 16,67% cada. O Mato Grosso do Sul, com 670,68 MW instalados (26,38%), foi o de maior participação; seguido do Paraná (17,44%) e da Bahia (17,29%). A Tabela 2 apresenta os indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de licor negro para os estados brasileiros, em 2018. Para o número de usinas, o $CR(1)$ não pôde estabelecer o principal estado, tendo em vista que a Bahia, o Mato Grosso do Sul e Santa Catarina possuem três termoeletricas cada. Para o $CR(2)$ de 39,29% mantiveram-se os mesmo estados do $CR(1)$. Para o $CR(4)$ foi encontrado o valor de 61,11%, sendo os estados participantes: Bahia, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e os

estados do Paraná ou São Paulo que dividem a quarta posição, de acordo com Bain (1959), o nível de concentração foi moderadamente alta. O $CR(8)$ com valores respectivos de 88,89% apontou concentração muito alta.

Tabela 2. Indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de licor negro para os estados brasileiros, em 2018.

Índice	Qde	Potência Instalada	Índice	Qde	Potência Instalada
$CR(1)$	16,67%	26,38%	HHI'	0,0261	0,0663
$CR(2)$	33,33%	43,81%	E	2,1870	2,0073
$CR(4)$	61,11%	71,13%	LS	2,3026	2,3026
$CR(8)$	88,89%	96,22%	E'	0,9498	0,8718
HHI	0,1235	0,1597	G	0,4778	0,5605
LI	0,1000	0,1000	n	10	10

n = número de estados; $CR(k)$ = Razão de Concentração; HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman ; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Índice Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Índice Entropia de Theil ajustado; G = Índice de Gini.

Com dez estados participantes, o HHI apresentou valor de 0,1235, enquanto o LI foi de 0,100, apresentando um mercado bem distribuído. HHI' de 0,0261 atribuiu características de mercado atomizado. A E de 2,1870 e o LS de 2,3026 corroborou com a interpretação do HHI' , evidenciando um cenário desconcentrado, afirmado também pela E' (0,8738). O G por sua vez apresentou uma desigualdade fraca a média (0,4778). Para a potência instalada o $CR(1)$ de 26,38% apontou o estado do Mato Grosso do Sul como principal estado para a oferta. O $CR(2)$ de 33,33%, acrescentou o estado do Paraná. O $CR(4)$ (71,13%) e o $CR(8)$ (96,22%) apontaram concentração alta e muito alta, respectivamente. O HHI (0,1597) teve alta proximidade do LI (0,1000) apontando não haver concentração, o HHI' (0,0663) caracterizou um mercado atomizado. A E (2,0073) apresentou alta proximidade do LS (2,3026) e colaborou com a inferência dada pelo HHI . O G (0,5605) inferiu uma desigualdade de média a forte.

A Tabela 3 apresenta os indicadores de concentração da potência instalada das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018. O $CR(1)$ apresentou participação de 12,50%, para Klabin Celulose, de Ortigueira – PR, a qual é responsável pela maior oferta de bioeletricidade do país. Para o $CR(2)$ foi acrescentada a termoeletrica Fibria MS – II, localizada no Mato Grosso do Sul. O $CR(4)$ apresentou valor de 43,48%, adicionando as termoeletricas Suzano Maranhão (MA) e CMPC (RS), a classificação foi de concentração moderadamente baixa. Por fim, o $CR(8)$ (75,95%) apresentou as termoeletricas: Eldorado Brasil (MS), Suzano Mucuri (BA), Aracruz (ES) e Fibria MS (MS), completando as oito maiores empresas em potência instalada do país. Conforme a classificação de Bain (1959) houve concentração moderadamente alta.

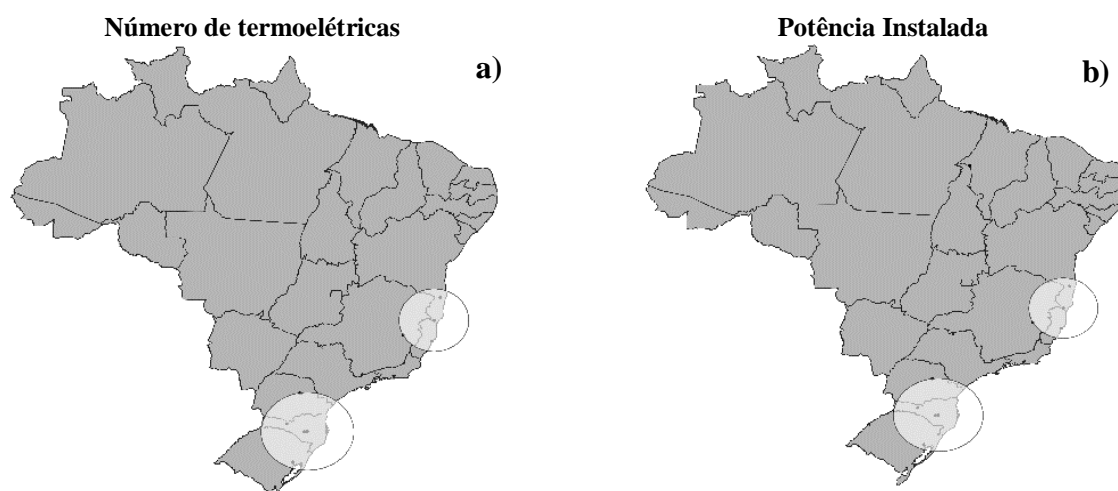
Tabela 3. Indicadores de concentração da potência instalada das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018.

Índice	Índice
$CR(1)$	12,98%
$CR(2)$	23,58%
$CR(4)$	43,48%
$CR(8)$	75,95%
HHI	0,0830
LI	0,0588
HHI'	0,0291
E	2,6045
LS	2,8904
E'	0,9011
G	0,6166
n	18

Legenda: n = número de empresas; $CR(k)$ = Razão de Concentração; HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Entropia de Theil ajustada; G = Índice de Gini.

A Figura 1 apresenta os *clusters* do número e potência instalada de termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018. Para o número de termoeletricas observou-se dois *clusters* (Figura 1.a), o primeiro entre o Nordeste e Sudeste, justificado pelo polo industrial de papel e celulose no sul da Bahia e o segundo englobando todos os estados da região Sul do país, onde foram encontradas 35,3% das usinas de licor negro. A (Figura 1.b) mostrou os *clusters* para oferta a partir do licor negro, os quais apresentaram a mesma localização dos encontrados para a quantidade de termoeletricas.

Figura 1. *Clusters* do número e potência instalada de termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018.



Para a potência instalada foram encontrados dois *clusters*, o primeiro centrado em Mucuri – BA, com raio de 296,81 km e LLR de 252959,46. Neste caso, foi observado 641,52 MW de potência, que pode ser justificado pelo elevado número de indústrias de papel e celulose (MATOS; VALENÇA, 1999). O *cluster* 2, apresentou centroide no município de Otacílio Costa – RS e raio de 359,80 km, foram observados 440,77 MW, enquanto esperava-se 183,02 MW, o risco relativo foi de 2,70.

A Tabela 4 apresenta as características dos *clusters* do número e potência instalada das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018. Para o número de termoeletricas, o *cluster* 1 centrado em Mucuri – BA, apresentou raio de 296,81 km e quatro termoeletricas em seu interior, o risco relativo de 4,21 apontou importância da bioeletricidade do licor negro para a oferta da região. O *cluster* 2, centrado em Otacílio Costa – SC, com raio de 368,54 km apresentou seis usinas.

Tabela 4. Características dos *clusters* do número e potência instalada das termoeletricas de licor negro, no Brasil, em 2018.

	Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
n°	1	Mucuri - BA	296,81	4	1,14	4,21	2,41	0,256
	2	Otacílio Costa - SC	368,54	6	2,57	3,00	2,07	0,415
Pot.	1	Mucuri - BA	296,81	641,52	247,48	3,13	252959,46	< 0,001
	2	Otacílio Costa - RS	359,80	440,77	183,02	2,70	144271,36	< 0,001

Legenda: n° = número; Pot. = Potência Instalada; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos verificou-se que a região Sul apresentou o maior número de termoeletricas e potência instalada a partir do licor negro. Com relação aos estados, Santa Catarina, Bahia e o Mato Grosso do Sul dividiram o posto do maior número de termoeletricas, sendo o Mato Grosso do Sul o estado com maior potência instalada.

A concentração estadual do número de termoeletricas e da potência instalada para o $CR(k)$ foi moderadamente alta a muito alta, implicando em uma estrutura de mercado oligopolista. Por sua vez, os índices HHI e E , apontaram um mercado atomizado. Entre as empresas participantes o $CR(k)$ e G identificaram tendências de concentração, enquanto o HHI e a E inferiram mercado atomizado. Foram identificados quatro conglomerados para o licor negro, sendo dois para o número de termoeletricas e dois para potência instalada. A partir dos *clusters* notou-se alto potencial de oferta na região Sul do país e na porção sul da região Nordeste.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 07 set. 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.
- ARAÚJO, Y. R. V.; SOARES, H. C. C.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Geração de energia dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa: uma estratégia de mdl, In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. Recife: EDUFPE, 2019. p. 524-537.
- BALIEIRO, A. A. S. **Deteção de conglomerados dos alertas de desmatamento do Amazonas usando Estatística de varredura espaço-temporal**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- BRACELPA. Associação Brasileira dos Fabricantes de Celulose e Papel. **Estatísticas do setor 2019**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.abtcp.org.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2019.
- BERGER, P. G.; MINNIS, M.; SUTHERLAND, A. Commercial lending concentration and bank expertise: Evidence from borrower financial statements. **Journal of Accounting and Economics**, v. 64, n. 2-3, p. 253-277, 2017.
- CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- CHALVATZIS, K. J.; IOANNIDIS, A. Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. **Applied Energy**, v. 207, p. 465-476, 2017.
- COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. **Floresta**, v. 48, p. 443-452, 2018.
- DE BLASIO, C. et al. Concerning operational aspects in supercritical water gasification of kraft black liquor. **Renewable Energy**, v. 130, p. 891-901, 2019.
- DUCZMAL, L. H. ; CANÇADO, A. L. F. ; TAKAHASHI, R. H. C. ; FERREIRA NETO, S. J. ; MOURA, F. R. ; DUARTE, A. R. ; TAVARES, R. Multi-Objective Spatial Scans for Disease Cluster Detection. In:

INTERNATIONAL WORKSHOP IN APPLIED PROBABILITY, 2008, Compiègne. *Anais... Proceedings of the International*, 2008.

DWASS, M. Modified randomization tests for nonparametric hypotheses. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 28, p 181-187, 1957.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. **Rio de Janeiro: EPE**, 2018.

FERREIRA, L. M.; SÁFADI, T.; LIMA, R. R. Técnicas da estatística espacial na análise de dados de áreas no estudo da dengue. **Revista Univap**, v. 24, n. 44, p. 13-27, 2018.

FILGUEIRAS, G. C.; CAIRES, M. D. S. L.; CARVALHO, A. C.; ARAÚJO, A. C. D. S.; CARVALHO, A. V. Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 102-129, 2017.

FREITAS, G. P.; CAVALCANTI I. L. R.; COELHO JUNIOR, L. M.; ABRAHÃO, R. Análise ambiental do consumo do resíduo florestal lenha em indústrias de cerâmica vermelha na Paraíba. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 668-677.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

HORA, A. B. Panoramas setoriais 2030: **papel e celulose**. 2017.

KON, A. **Economia Industrial**. São Paulo: Nobel, 1994.

KULLDORFF, M. **SaTScan Manual do Usuário** para versão 9.4 (Traduzido). 2015.

KULLDORFF, M. ATHAS, W., FEUER, E., MILLER, B., KEY, C. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos. **American Journal of Public Health**, v. 88, p. 1377-1380, 1998.

KULLDORFF, M. A. Spatial scan statistic. **Communications in Statistics: Theory and Methods**, 1997, v. 26, p.1481-1496.

LEITE, A. L. S. **Concentração e desempenho no complexo industrial de papel e celulose 1987 – 1996**. 1998. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LUCENA, E. F.; MORAES, R. S. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, 2012.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, 2013.

LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M. C. Economia circular aplicada à agroindústria canavieira; sustentabilidade e inovação na cadeia. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 240-250.

MARSHALL, A. (1920). **Princípios de economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1984.

MATOS, R. L. G.; VALENÇA, A. C. V. A reestruturação do setor de papel e celulose. **BNDES**, 1999.

MARQUES, M. I. M. Considerações sobre a expansão da indústria de papel e celulose no Brasil a partir do caso da Suzano Papel e Celulose. **GEOgraphia**, v. 17, n. 35, p. 120-147, 2016.

MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia**. 2 ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.

MOHAMMED, N.; ISMAIL, A. G.; MUHAMMAD, J.; JALIL, S. A.; NOOR, Z. M. Market concentration of Malaysia's Islamic banking industry. **Jurnal Ekonomi Malaysia**, v. 49, n. 1, p. 3-14, 2015.

MOURA, F. R. **Detecção de clusters espaciais vias algoritmo Scan multi-objetivo**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, R. C. P.; MATEUS, M.; SANTOS, D. M. F. Chronoamperometric and chronopotentiometric investigation of Kraft black liquor. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, n. 35, p. 16817–16823, 2018.

PEREIRA, A. P. J. T.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. Aplicação do método scan para a detecção de conglomerados espaciais dos acidentes de trânsito ocorridos em João Pessoa – PB. **Hygeia**, v. 10, n. 18, p. 82-97, 2014.

POSSAS, M. L. **Estruturas de Mercado em Oligopólio: economia e planejamento**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, v. 12, n. 21, p. 24-33, 1994.

SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.

TAVARES, R. **Extensões da Estatística Scan Espacial utilizando Técnicas de Otimização Multiobjetivo**. 2009. 145 f. Tese (Doutorado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

VERMA, O. P.; MANIK, G.; SETHI, S. K. A comprehensive review of renewable energy source on energy optimization of black liquor in MSE using steady and dynamic state modeling, simulation and control. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 100, p. 90-109, 2019.

VIEIRA, N. N.; CANÇADO, A. L. F. Identificação de conglomerados espaciais de acidentes aéreos no Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v. 4, n. 2, p. 64-76, 2013.

XU, G.; LI, M.; LU, P. Experimental investigation on flow properties of different biomass and torrefied biomass powders. **Biomass and Bioenergy**, v. 122, n. January, p. 63-75, 2019.

6.4 DISPARIDADE E CONGLOMERADOS DA OFERTA BRASILEIRA DE BIOELETRICIDADE DOS RESÍDUOS FLORESTAIS

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
Universidade Federal da Paraíba
luiz@cear.ufpb.br

SANTOS JÚNIOR, Edvaldo Pereira
Universidade Federal da Paraíba
edvaldo.junior@cear.ufpb.br

CARNEIRO, Priscila França Gonzaga
Universidade Federal da Paraíba
Priscila_gonzaga@yahoo.com

ARAÚJO, Dalila Medeiros de
Universidade Federal da Paraíba
dalilaamedeiros@gmail.com

RESUMO

Este trabalho analisou a disparidade e os conglomerados da oferta brasileira de bioeletricidade dos resíduos florestais, em 2018. Os dados da quantidade e da potência instalada para as termoeletricas de resíduos florestais foram obtidos no Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Utilizou-se os indicadores de concentração Razão de Concentração [$CR(k)$], Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e o Coeficiente de Gini (G) e para análise de conglomerados, a estatística *scan*. Os resultados mostraram que a maior quantidade e potência instalada de termoeletricas de resíduos florestais localizaram-se na região Sul. Em nível estadual, para quantidade de usinas e potência instalada, o $CR(k)$ inferiu concentração moderadamente alta, indicando um mercado oligopolista. O HHI e E inferiu mercado não concentrado. A concentração entre as termoeletricas apresentou-se como moderadamente baixa. Houveram 3 *clusters* para o número de termoeletricas e para a potência instalada, os quais foram identificados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo que o Sul o que concentrou maior número de casos observados. Este estudo trouxe orientação de políticas públicas na questão espacial para oferta de bioeletricidade de resíduos florestais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos florestais, Concentração industrial, Estatística *scan*.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos florestais são resultantes da extração de florestas nativas, plantadas ou do beneficiamento madeireiro, como os tocos altos, galhos de copas, árvores descartadas, toras perdidas, extração de podas urbanas e serragem consequente de reprocessamentos industriais. Na extração, os resíduos representam cerca de 50% do material retirado, o qual normalmente descarta-se após a colheita. O volume dos resíduos gerados é de acordo com qualidade da floresta, homogeneidade das árvores, limite do seccionamento das toras de uso industrial, equipamentos utilizados na colheita, finalidade da madeira e outros (FOELKEL, 2007; GUSTAVSSON et al., 2015). Casagrande Junior et al. (2004) inferiram que a quantidade de volume dos resíduos florestais gera impactos ambientais. Wiecheteck (2009) apontou que a solução dos resíduos tem dois destinos: como matéria-prima dos produtos de maior valor agregado (PMVA) e a para fins energéticos. Araújo et al. (2019) mostraram saldo negativo do impacto ambiental para a geração de eletricidade a partir do aproveitamento dos resíduos da arborização urbana.

No Brasil, em 2017, a oferta interna de eletricidade chegou a 165,20 GW, sendo 60,70% obtido dos recursos hídricos, 8,78% da biomassa, 7,45% da energia eólica e 0,57% da energia solar. A bioeletricidade possui potência instalada distribuída em recursos agroindustriais (77,47%), florestais (21,56%), resíduos urbanos (0,91%), resíduos animais (0,03%) e biocombustíveis líquidos (0,03%). Para biomassa florestal, os resíduos florestais apresentam segunda posição de fonte energética e com maior capacidade disponível (427,80 MW), atrás apenas do licor negro (2.542,26 MW), sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2018). A concentração industrial é uma ferramenta de avaliação de mercado, pois auxilia na tomada de decisão e orientação de estratégias, seja no crescimento de mercado, na economia de escala e condição de entrada de novas empresas (KON, 1994). Para Possas (1999), a concentração trata-se do controle exercido por uma empresa sobre determinada atividade econômica, nota-se, que o aumento da concentração resulta na diminuição da concorrência entre participantes.

Além da concentração industrial, as firmas de um setor podem estar agrupadas em um determinado local, criando aglomerações espaciais. Garcia (2006) mostrou a existência de conglomerados regionais industriais quando há demanda localizada e/ou condições naturais, como: matéria-prima, disponibilidade de energia e baixo custo de transporte. Carvalho e Santos (2005) identificaram alguns métodos utilizados para análise espacial para detecção de *clusters* como o método da regularidade geométrica e a estatística *scan*.

Dentre os estudos da concentração industrial, destacam-se Luft e Zilli (2013); Mohammed et al. (2015); Smaniotta e Alves (2016) e Berger, Minnis e Sutherland (2017) para o setor bancário; Filgueiras et al. (2017) e Coelho Junior et al. (2018) para o setor florestal e para oferta de energia Chalvatzis e Ioannidis (2017) que avaliaram as alternativas energéticas na União Europeia e Santos Júnior (2019) que analisou a produção de bioeletricidade florestal no Brasil. Para estatística *scan*, os estudos de Lucena e Moraes (2012), Vieira e Cançado (2013), Oliveira e Menezes (2015) e Randolph (2017). Para compreensão da distribuição da oferta da bioeletricidade dos resíduos florestais e auxílio no desenvolvimento de políticas públicas a esta associada. Este trabalho analisou a disparidade e os conglomerados da oferta brasileira de bioeletricidade dos resíduos florestais, em 2018.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Biomassa dos resíduos florestais

A produção de biomassa florestal resultante da colheita dos resíduos gerados no seu processamento é destinada para fins energéticos, estes subprodutos podem ser utilizados como combustível para a geração de calor nas indústrias ou eletricidade termoelétrica (PNE-2030, 2007; FREITAS, et al., 2019). O potencial energético da biomassa florestal é justificado devido ao baixo teor de umidade, celulose e lignina contidas na matéria (NOGUEIRA; LORA, 2002). Para Souza

(1997), os resíduos florestais são todos subprodutos decorrentes do uso primário e secundário da madeira. Desta forma, são resíduos cascas, costaneiras, pontas, aparas, lascas, nós, pó-de-serra e as maravalhas. A partir da procura pelo melhor aproveitamento energético, observa-se que o setor industrial tem sido incentivador do uso de resíduos ou de matérias-primas como fontes energéticas derivadas de seu processamento primário. Segundo Cortez, Lora e Gómez (2008), o potencial florestal do Brasil é amplo. Em 2008, o território brasileiro apresentava cinco milhões de quilômetros quadrado (km²) de floresta nativa, o que representava 64% do território nacional e 29 mil km² reflorestados com eucalipto. Em 2015, dos produtos florestais madeireiros do extrativismo vegetal esteve distribuído em 59,03% lenha, 13,97% carvão vegetal e 27% madeira em tora. Para as florestas plantadas foram 24,76% de lenha e 19,42% de carvão vegetal, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2016).

Destaca-se, assim, a importância da biomassa florestal como insumo energético, seja na dimensão temporal, ou espacial (em nível nacional, regional e/ou estadual), além de seu viés ambiental, que minimiza as emissões de CO₂. O uso dos resíduos florestais é importante para instituição de políticas públicas e diretrizes para o planejamento energético (ARAÚJO, 2018; LIMA; BAJAY, 1998). A oferta de eletricidade a partir da biomassa florestal, dá-se a partir das termelétricas, que podem ser determinadas como toda e qualquer energia produzida por meio da geração de calor resultante da queima de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, gerando ao final eletricidade. Os principais combustíveis utilizados nas usinas termelétricas são os combustíveis fósseis, nafta, petróleo, gás natural e, mais recentemente, a biomassa agroflorestal, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016).

2.2. Economia industrial

A economia industrial iniciou-se para o entendimento das interações e performances reais de setores industriais (KUPFER; HASENCLEVER, 2013). Coase (1937) mostrou a importância dos estudos de relações entre firmas na regulamentação de mercados, levando em consideração os custos de transação como restrições econômicas. Para Hall e Hitch (1939) atribuiu a Teoria do Custo Total quando há oligopólio e a regulação dos níveis de preços se tem com equilíbrio obtido a partir da curva de demanda quebrada. Mason (1939) congregou a concepção do paradigma estrutura, conduta e desempenho (ECD) infligindo que as firmas tem a liberdade na escolha de preços de seus produtos e estabeleceram a relação entre estrutura de mercado, estratégias e desempenho dos participantes. O conhecimento de uma estrutura de mercado ou região geográfica torna-se indispensável para o desenvolvimento de estratégias e investimentos, pois refletem em seus desempenhos (ALMEIDA, 2013). A partir de tais perspectivas, Feijó, Carvalho e Rodrigues (2003) afirmaram que as medidas de concentração proporcionam uma análise de estruturas de mercado, devido sua capacidade de inferir o impacto da produção de uma determinada empresa sobre as atividades econômicas por meio de um único indicador. As análises da concentração industrial apresentam relevância para estudos estabelecimento, principalmente, de políticas *antitrust* e avaliação de fusões horizontais (VARUM et al., 2016).

2.3. Economia espacial

As empresas da mesma indústria podem ser agrupadas em um determinado local, formando aglomerados espaciais. De acordo com Garcia (2006), a existência de conglomerados regionais industriais pode ocorrer devido uma grande demanda localizada e/ou condições naturais favoráveis. Estes fenômenos foram observados por Marshall (1920) que mostrou três características indispensáveis para os conglomerados ao setor industrial: a mão de obra qualificada, os fornecedores de bens e serviços e o acesso à tecnologia. A mão de obra estabelece um conglomerado devido a redução nos custos em treinamento e obtenção de mão de obra qualificada. Para os fornecedores de bens e serviços são atraídos pelo estabelecimento físico das firmas em regiões próximas ao polo de produção minimizando seus custos. A ascensão à tecnologia facilita a existência dos conglomerados, pois a proximidade geográfica facilita a interação da informação científica e tecnológica, conhecido como efeito transbordamento (*spill-overs*).

A estatística Scan foi desenvolvida por Kulldorff (1997) com o objetivo de avaliar casos epidemiológicos humanos. Este método foi um sucessor da estatística espacial Scan de Naus (1965), em que apresentou uma importante análise nos conglomerados. A base estatística incide no conjunto de iterações que cursam a área de estudo por meio de janelas circulares ou cilíndricas, averiguadas com os testes de razão de verossimilhança para os *clusters* encontrados (VIEIRA; CANÇADO, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1. Objeto de estudo

Os dados da quantidade de termoeletricas e potência instalada (Mega Watts – MW), a base dos resíduos florestais coletou-se no Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em setembro de 2018. Realizou-se uma análise de conjuntura da distribuição regional e estadual, para o número e potência instalada de termoeletricas. Obteve-se as coordenadas geográficas das firmas a partir do Google Maps® e a para a elaboração de mapas utilizou-se o QGIS 3.6.0®.

3.2. Medidas de concentração e desigualdade

As medidas de concentração e desigualdade são ferramentas capazes de avaliar a importância de uma empresa em uma estrutura econômica bem definida (POSSAS, 1999). Para mensuração da concentração utilizou-se a quantidade e a potência instalada das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil. Também, avaliou-se a concentração entre as empresas brasileiras que utilizaram resíduos florestais, a partir da potência instalada. Segundo Mohammed et al. (2015), não existe uma medida capaz de analisar todos os aspectos de um setor devido a sua complexidade; assim as medidas devem ser utilizadas conjuntamente. Os indicadores utilizados foram a Razão de Concentração, o Índice Herfindahl-Hirschman, a Entropia de Theil e o Índice de Gini.

3.2.1. Razão de Concentração

A Razão de Concentração [$CR(k)$] se estabelece a partir da ordenação decrescente da k ($k = 1, 2, \dots, n$) participação dos estados ou empresas, conforme Equação 1 desenvolvida por Bain (1959).

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou das termoeletricas (potência instalada), em termos dos resíduos florestais. Calculou-se a concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito maiores [$CR(8)$] estados e empresas, classificados de acordo com Bain (1959). Neste estudo, também utilizou o principal [$CR(1)$] e os dois maiores [$CR(2)$].

3.2.2. Índice Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) avalia a estrutura de mercado, com base na participação quadrado dos estados com termoeletricas (número ou potência instalada) e, empresas, de resíduos florestais. O HHI (Equação 2) atribui um peso maior para as empresas ou unidades da federativas com uma parcela mais representativa (VARUM et al., 2016).

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos dos resíduos florestais; n = número de

estados ou empresas. O *HHI* varia entre 1 e $1/n$ (limite inferior), sendo $1/n$ indica que todas as empresas ou estados possuem mesma participação (concorrência perfeita) na estrutura de mercado e 1 mostra condição de monopólio. Resende (1994) propôs o *HHI* ajustado (*HHI'*) para avaliações comparativas intertemporais, conforme equação 3, implicando em variação entre 0 e 1 para o *HHI'*. Para valores de $HHI' < 0,10$ para um mercado atomizado, $0,10 \leq HHI' \leq 0,15$ existência de mercado não concentrado, de $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ classifica como moderadamente concentrado e $HHI' > 0,25$ têm-se alta concentração.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (n * HHI - 1); n > 1 \quad \text{(Equação 3)}$$

3.2.3. Índice de Entropia de Theil

O índice de Entropia de Theil (*E*), proposto por Theil (1967), foi desenvolvido com base na teoria da informação e utilizado em diversas áreas para análise de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), o *E* (equação 4) pode ser considerada uma medida de concentração inversa.

$$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou das termoeletricas (potência instalada), em termos dos resíduos florestais; n = número de estados ou empresas. A *E* varia entre 0 e $\ln(n)$, sendo 0 para condições de monopólio e $\ln(n)$ para um mercado homogêneo. Analogamente ao *HHI*, Resende e Boff (2002), sugeriram um ajuste na Entropia (*E'*), equação 5, para ajustar os intervalos de $E' = 0$ para concentração máxima e $E' = 1$ para concentração mínima.

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad \text{(Equação 5)}$$

3.2.4. Índice de Gini

O Índice de Gini (*G*), proposto por Gini (2012), na sua origem foi uma medida para verificar desigualdade social, com base na renda populacional. Atualmente, o *G* (equação 6) vem sendo aplicado em diferentes áreas do conhecimento e pode ser utilizado para medir a desigualdade da oferta de eletricidade a partir dos resíduos florestais por empresas ou estados (número e potência instalada).

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que: S_{ij} = participação cumulativa; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) e das termoeletricas (potência instalada), em termos dos resíduos florestais; S_i = participação i dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou das termoeletricas (potência instalada), em termos dos resíduos florestais; n = número de estados ou empresas. O *G* pode ser classificado como de desigualdade nula a fraca (0,000-0,250), desigualdade fraca a média (0,251 – 0,500), desigualdade média a forte (0,501 – 0,700), desigualdade forte a muito forte (0,701 – 0,900) e desigualdade muito forte a absoluta (0,900 – 1,000).

3.3. Estatística scan

Segundo Kulldorff et al. (1998), o método da estatística scan avalia conglomerados espaciais, temporais ou espaço temporais. A análise pode ser realizada com varreduras para identificação de altos, baixos ou ambos níveis de concentração. Para a análise de contagem dos dados, utilizou uma análise puramente espacial, para o ano de 2018, identificando os conglomerados de alta concentração (*clusters*) na oferta brasileira de bioeletricidade de resíduos florestais, com base na distribuição de Poisson (KULLDORFF, 2015). A estatística Scan foi realizada para o número e potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais. As características dos *clusters* encontrados foram o centroide da conglomeração, o raio R (km), o número de casos observados (Obs.) e esperados (Esp.) no interior do *cluster*, o risco relativo (RR), o valor do teste de verossimilhança (LLR) e a significância do *cluster* (p valor).

3.3.1. Teste de verossimilhança

Para o cálculo do teste de verossimilhança a região total de estudo foi dividida em sub-regiões, onde uma zona z proporciona um conjunto de dados conectados em uma grande região. Dentro da zona analisada existe uma população n_z e um número de casos associados C_z com chance p para que haja uma ocorrência nesta área. A estatística Scan realizou a sobreposição de círculos aleatórios que partiram dos centroides das sub-regiões de estudo, sobre os possíveis conglomerados espaciais.

O método avaliou a probabilidade de haver casos no interior dos círculos $p(z)$ e casos fora deles $q(z)$ fazendo com que a função de verossimilhança fosse maximizada (LUCENA; MORAES, 2012; PEREIRA et al., 2014). Para análises puramente espaciais sob uso da distribuição de Poisson o cálculo da verossimilhança pode ser obtido a partir da Equação 7 (FERREIRA et al., 2018).

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{e^{[-p(z)n_z - q(z)(M - n_z)]}}{C!} p(z)^{C_z} q(z)^{C - C_z} \prod_i C_i \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: M = a população total; C = o número total de casos. Para identificação do *cluster* com maior chance de não ter ocorrido ao acaso deve-se realizar esta razão maximizada sobre todas as zonas. Tendo em vista o crescimento rápido dos valores associados ao modelo de verossimilhança normal, utilizou logaritmo sabendo que são funções crescentes (equação 8).

$$T = \max_z LLR(z) \quad (\text{Equação 8})$$

Os valores calculados de T tiveram sua significância testada por simulações de Monte Carlo. O tamanho máximo para as janelas circulares adotadas neste trabalho foi associado a 25% da população sob risco (LUCENA; MORAIS, 2012; MOURA, 2006). Para população foi utilizado o número de usinas de eletricidade ou a potência instalada, registrada pela ANEEL, no município em análise (ANEEL, 2018).

3.3.2. Teste de hipótese de Monte Carlo

O teste de hipótese de Monte Carlo foi proposto pela primeira vez por Dwass (1957). Na simulação de Monte Carlo, para a Estatística Scan, houve a criação de conjuntos de dados independentes, porém com a mesma quantidade de casos do conjunto base. Estes foram distribuídos aleatoriamente dentre todas as sub-regiões de acordo com a hipótese nula (H_0). Para cada conjunto realizou-se o cálculo de T (MOURA, 2006). O p valor foi encontrado através do teste de hipótese de Monte Carlo, o teste compara o ranking dos testes de verossimilhanças reais com os aleatórios, sendo o ranking R , o p valor é dado pela equação 9.

$$pvalor = \frac{R}{(1 + \# \text{replicações})} \quad (\text{Equação 9})$$

Nesta pesquisa foram utilizadas 9999 replicações para os conjuntos de dados. Para que um *cluster* seja considerado significativo o '*p valor*' obtido deve ser inferior a 0,05.

3.3.3. Risco Relativo

O risco relativo trata-se de um número não negativo que representa quantas vezes foi provável que uma termoelétrica seja encontrada em uma determinada área, comparando com uma linha base (MEDRONHO, 2004). De acordo com Kulldorff (1997), o risco relativo (RR) pode ser estimado com base o número de casos observado no interior do cluster (*c*) e o número total de casos fornecido pelo pesquisador (*C*), de acordo com a equação 10.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / (E[C] - E[c])} \quad (\text{Equação 10})$$

Tendo em vista que a análise está inteiramente associada ao número de casos fornecido, tem-se que '*E[C]=C*', como apresentado na equação 11.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / C - E[c]} \quad (\text{Equação 11})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A (Tabela 1) mostra a quantidade e potência instalada (MW) das termoelétricas de resíduos florestais, nas regiões e estados no Brasil, em 2018. A região Sul teve maior participação (44,64%), com 25 termoelétricas instaladas, depois o Centro-Oeste (21,43%), o Norte (17,86%), o Sudeste (14,29%) e o Nordeste (1,78%). Para a potência instalada, a região Sul foi a mais representativa com 46,29% da produção nacional. O Sudeste ofereceu 93,31 MW (21,82%) instalados, evidenciando alta densidade energética, dado o baixo número de termoelétricas na região. Seguiram o Centro-Oeste (18,93%), o Norte (9,03%) e o Nordeste (3,93%).

Tabela 1. Quantidade e potência instalada (MW) das termoelétricas de resíduos florestais, nas regiões e estados no Brasil, em 2018.

Estado	Potência Instalada	Quantidade
Santa Catarina	112,45	13
Paraná	65,73	8
Rio Grande do Sul	19,80	4
Sul	197,98	25
São Paulo	60,71	4
Minas Gerais	32,60	4
Sudeste	93,31	8
Pará	23,31	6
Amazonas	9,03	2
Roraima	4,80	1
Acre	1,50	1
Norte	38,64	10
Bahia	16,79	1

Nordeste	16,79	1
Mato Grosso	66,97	9
Goiás	8,00	2
Mato Grosso do Sul	6,00	1
Centro-Oeste	80,98	12
Brasil	427,70	56

Fonte: Aneel (2018)

Identificou-se termoeletricas de resíduos florestais em 13 estados, sendo os principais, Santa Catarina (23,21%), Mato Grosso (16,07%) e Paraná (14,29%). A maior oferta de eletricidade foi Santa Catarina com 112,45 MW (26,29%); com elevado potencial energético com 4 usinas instaladas em São Paulo, que somaram 60,71 MW (14,20%). A (Tabela 2) mostra os indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais nos estados brasileiros, em 2018.

Tabela 2. Indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais, para os estados brasileiros, em 2018.

Índice	n°	Potência Instalada	Índice	n°	Potência Instalada
<i>CR(1)</i>	23,21%	26,29%	<i>HHI'</i>	0,0583	0,0803
<i>CR(2)</i>	39,29%	41,95%	<i>E</i>	2,2412	2,1166
<i>CR(4)</i>	64,29%	71,52%	<i>LS</i>	2,5649	2,5649
<i>CR(8)</i>	89,29%	93,14%	<i>E'</i>	0,8738	0,8252
<i>HHI</i>	0,1307	0,1510	<i>G</i>	0,6057	0,6413
<i>LI</i>	0,0769	0,0769	<i>n</i>	13	13

n = número de estados; *CR(k)* = Razão de Concentração; *HHI* = Índice de Herfindahl-Hirschman ; *LI* = Limite Inferior; *HHI'* = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; *E* = Índice Entropia de Theil; *LS* = Limite Superior; *E'* = Índice Entropia de Theil ajustado; *G* = Índice de Gini.

Para o número de usinas, o *CR(1)* Santa Catarina foi o principal com 23,21% das termoeletricas, o *CR(2)* com 39,29% adicionando o estado de Mato Grosso. Conforme Bain (1959), o *CR(4)* e *CR(8)* com valores 64,29% e 89,29%, classificou a concentração como moderadamente alta e alta, respectivamente. Participaram do *CR(8)* os estados de Santa Catarina, Mato Grosso, Paraná, Pará, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Amazonas ou Goiás (ambos com 2 termoeletricas). Com 13 estados participantes, o *HHI'* (0,0769) e a *E'* (0,8738) apontaram um cenário pouco concentrado, enquanto o *G* teve uma desigualdade média a forte (0,6057). Para a potência instalada, o *CR(4)* mostrou concentração alta (71,52%) e o *CR(8)* inferiu concentração muito alta (90,14%). A análise do *HHI* junto ao seu *LI* indicou baixa concentração, o *HHI'* (0,0803) distinguiu um mercado não concentrado. A *E* (2,1166) proporcionou alta proximidade do *LS* (2,5649) e colaborou com a inferência do *HHI*. O *G* teve desigualdade de média a forte.

A (Tabela 3) apresenta os indicadores de concentração da potência instalada das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018. O *CR(1)* apresentou participação de 12,50% ,para Ripasa, de Limeira – SP, ao *CR(2)* de 20,10%, somou-se a Rigesa, de Três Barras – SC. Para o *CR(4)* obteve-se concentração moderadamente baixa com valor de 34,98% as termoeletricas participantes foram: Ripasa (SP), Rigesa (SC), Iguazu (SC) e Lages (SC). O *CR(8)* de 61,10% apontou concentração moderadamente baixa; somaram-se ao *CR(4)* as usinas: a Cargill Uberlândia (MG), Floraplac (PA), F&S Agri Solutions (MT) e a ERB Candeias (BA).

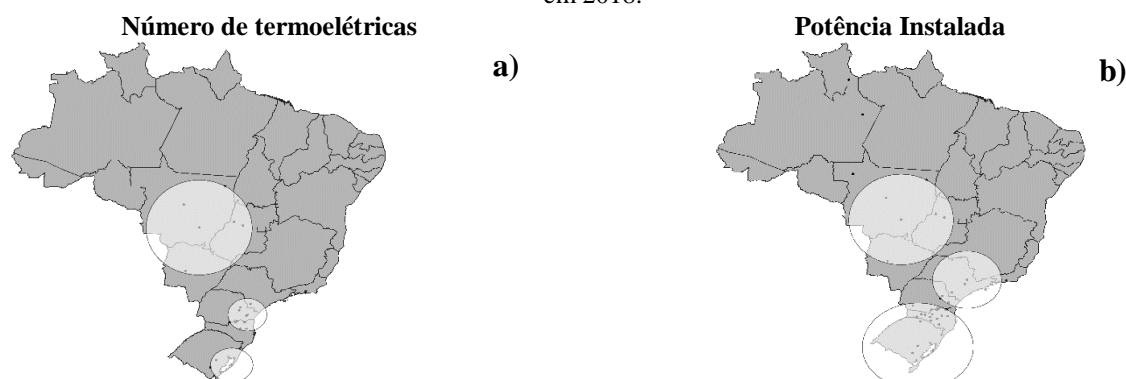
Tabela 3. Indicadores de concentração da potência instalada das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018.

Índice		Índice	
<i>CR(1)</i>	12,50 %	<i>HHI'</i>	0,0309
<i>CR(2)</i>	20,10%	<i>E</i>	3,4095
<i>CR(4)</i>	34,98 %	<i>LS</i>	4,0254
<i>CR(8)</i>	61,10 %	<i>E'</i>	0,8470
<i>HHI</i>	0,0482	<i>G</i>	0,7679
<i>LI</i>	0,0182	<i>n</i>	56

n = número de empresas; *CR(k)* = Razão de Concentração; *HHI* = Índice de Herfindahl-Hirschman; *LI* = Limite Inferior; *HHI'* = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; *E* = Entropia de Theil; *LS* = Limite Superior; *E'* = Entropia de Theil ajustada; *G* = Índice de Gini.

A análise do *HHI* e *LI* apontou a baixa concentração entre as termoeletricas de resíduos florestais, com diferença de 0,0300. O *HHI'* colaborou com a análise a partir do valor de 0,0309, classificando o mercado como atomizado, de acordo com Rezende e Boff (2002). A Entropia (*E*) e o limite superior (*LS*) com diferença de - 0,6159 e a *E'* de 0,8470, apresentaram tendências de concentração. O índice de desigualdade de Gini (*G*) demonstrou a maior divergência entre os indicadores, para os resíduos florestais (0,7679) sendo apontada desigualdade forte a muito forte. A (Figura 1) apresenta os *clusters* do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018. Para o número de termoeletricas, Figura 1.a, observou-se a existência de *clusters* sobre a região Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país; os *clusters* de potência instalada, Figura 1.b, foram identificados nas mesmas regiões.

Figura 1. *Clusters* do número e potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018.



A Tabela 4 apresenta as características dos *clusters* do número e da potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018. O *cluster 1*, centrado na cidade de Primavera do Leste – MT, apresentou o maior valor de *LLR* (4,38), com 595,24 km, seis usinas observadas e risco relativo de 4,73. O *cluster 2* centrado em Curitiba – PR foi o que apresentou maior número de observações com 12 usinas, contrapondo as 5,7 esperadas, com risco relativo de 2,41. O terceiro *cluster* esteve centrado no município de Mostardas – RS e identificou três termoeletricas de resíduos florestais em um raio de 211,76 km, neste *cluster* desenvolveu-se o maior risco relativo (5,09), dada o baixo número de usinas de eletricidade na região, mostrado pelo número esperado. Com base no *pvalor* nenhum *cluster* apresentou significância de teste.

Tabela 4. Características dos *clusters* do número e da potência instalada (MW) das termoeletricas de resíduos florestais, no Brasil, em 2018.

	Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
<i>n</i> °	1	Primavera do Leste - MT	595,24	6	1,39	4,73	4,38	0,179
	2	Curitiba - PR	204,67	12	5,70	2,41	3,05	0,521

	3	Mostardas - RS	211,76	3	0,62	5,09	2,42	0,707
Pot. Inst.	1	Encruzilhada do Sul - RS	564,78	154,25	24,91	9,12	175.353,89	< 0,001
	2	Americana - SP	376,18	76,69	3,79	24,43	164.365,07	< 0,001
	3	Primavera do Leste - MT	595,24	34,26	24,21	15,30	60.165,22	< 0,001

n°= número; Pot. Inst. = Potência Instalada; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

Para a potência instalada verificou-se três conglomerados. O *cluster 1*, centralizado em Encruzilhada do Sul – RS, apresentou raio de 564,78 km, englobando Santa Catarina, Rio Grande do Sul e a porção sul de Curitiba, o *LLR* foi de 175.353,89, mostrando elevada tendência ao *cluster* ser real. Foi observada potência instalada de 154,25 MW e risco relativo de 9,12. A identificação do conglomerado esteve associada aos dados apresentados na Tabela 4. O *cluster 2* apresentou raio de 376,18 km, centrado em Americana – SP, com oferta de 76,69 MW. O *cluster 3* apresentou centroide no município de Primavera do Leste – MT e raio de 595,24 km, a potência instalada foi de 34,26 MW e risco relativo de 15,30.

5. CONCLUSÃO

A região Sul deteve o maior número e potência instalada de termoelétrica de resíduos florestais. A concentração estadual do número de usinas e de potência instalada possui uma concentração moderadamente alta para o $CR(k)$, indica uma estrutura de mercado oligopolista. Entretanto para o HHI e E inferiu-se mercado não concentrado. Para a potência instalada das usinas de resíduos florestais apresentou-se concentração moderadamente baixa. Houve três *clusters* para o número de termoelétricas e para a potência instalada, sendo apenas os de oferta significativos. Os *clusters* foram identificados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo os da região Sul os de maior número de casos observados.

Este estudo mostrou a oferta brasileira de bioeletricidade dos resíduos florestais, destacando sua organização industrial e o envolvimento da questão espacial nos modelos, voltado para orientação e desenvolvimento de políticas públicas.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- ALMEIDA, F. A. Concentração Industrial: Uma análise à luz do setor de transformação mineiro. In: ENCONTRO CIENTÍFICO SUL MINEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA, 5., 2013, Itajubá. *Anais...* Itajubá: ECOSUL, 2013. p. 1-9.
- ARAÚJO, Y. R. V.; GOIS, M. L.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono para quatro cenários dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 224-233.
- ARAÚJO, Y. R. V.; SOARES, H. C. C.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Geração de energia dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa: uma estratégia de mdl. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 524-537.
- BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.
- BERGER, P. G.; MINNIS, M.; SUTHERLAND, A. Commercial lending concentration and bank expertise: Evidence from borrower financial statements. **Journal of Accounting and Economics**, v. 64, n. 2-3, p. 253-277, 2017.

CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; SILVA, M. C.; CASSILHA A. C.; PODLASEK, C. L.; MENGATTO, S. N. F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba, v.8, p. 209 – 228, 2004.

CARVALHO, M.S.; SANTOS, R. S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 2, p. 361-378, 2005.

CHALVATZIS, K. J.; IOANNIDIS, A. Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. **Applied Energy**, v. 207, p. 465-476, 2017.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, New Series, London, v.4, n. 16, p. 386-405, 1937.

COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C. ; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. **Floresta**, v. 48, p. 443-452, 2018.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Índice de Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração Termelétrica** – Metodologia de Cálculo. Rio de Janeiro: EPE, 2011. Energia Termelétrica: Gás natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

FERREIRA, L. M.; SÁFADI, T.; LIMA, R. R. Técnicas da estatística espacial na análise de dados de áreas no estudo da dengue. **Revista Univap**, v. 24, n. 44, p. 13-27, 2018.

FILGUEIRAS, G. C.; CAIRES, M. D. S. L.; CARVALHO, A. C.; ARAÚJO, A. C. D. S.; CARVALHO, A. V. Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 102-129, 2017.

FOELKEL, C. Gestão Ecoeficiente dos Resíduos Florestais Lenhosos da Eucaliptocultura. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2007. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

FREITAS, G. P.; CAVALCANTI I. L. R.; COELHO JUNIOR, L. M.; ABRAHÃO, R. Análise ambiental do consumo do resíduo florestal lenha em indústrias de cerâmica vermelha na Paraíba. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 668-677.

GARCIA, R. Economias externas e vantagens competitivas dos produtores em sistemas locais de produção: as visões de Marshall, Krugman e Porter. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 301-324, out. 2006.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

GUSTAVSSON, L.; HAUS, S.; ORTIZ, C. A.; SATHRE, R.; LE TRUONG, N. Climate effects of bioenergy from forest residues in comparison to fossil energy. **Applied Energy**, v. 138, p. 36-50, 2015.

HALL, R. L.; HITCH C. J. Price theory and business behavior. **Economic Papers**, v. 2, n. 1, p. 12-45, 1939.

KON, A. **Economia industrial**. São Paulo: Nobel, 1994.

KULLDORFF, M. **SaTScan Manual do Usuário** para versão 9.4 (Traduzido). 2015.

KULLDORFF, M.; ATHAS, W.; FEUER, E.; MILLER, B.; KEY, C. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos. **American Journal of Public Health**, v. 88, p. 1377-1380, 1998.

KULLDORFF, M. A. Spatial scan statistic. **Communications in Statistics: Theory and Methods**, 1997, v. 26, p.1481-1496.

- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Elsevier, 2013.
- LIMA, C.R.; BAJAY, S.V. **Políticas e diretrizes para a biomassa florestal no estado da Paraíba**: "Aspectos da reposição florestal obrigatória". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 3., 1998. *Anais...* São Paulo: SBPE, 1998.
- LUCENA, E. F.; MORAES, R. S. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, 2012.
- LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, 2013.
- MASON, E. S. Price and production policies of large-scale enterprise. **The American Economic Review**, v. 29, n.1, p. 61-74, 1939.
- MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia**. 2 ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.
- MOHAMMED, N.; ISMAIL, A. G.; MUHAMMAD, J.; JALIL, S. A.; NOOR, Z. M. Market concentration of Malaysia's Islamic banking industry. **Jurnal Ekonomi Malaysia**, v. 49, n. 1, p. 3-14, 2015.
- MOURA, F. R. **Detecção de clusters espaciais vias algoritmo Scan multi-objetivo**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- NAUS, J. The distribution of the size of maximum cluster of points on the line. **Journal of the American Statistical Association**, n. 60, p. 532-538, 1965.
- NOGUEIRA, L.A. H; LORA, E. E. Wood Energy: Principles and Applications. Núcleo de Excelência em Geração Termoeletrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2002. Disponível em: <http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/files/capitulo_1f.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- OLIVEIRA, F. R.; MENEZES, T. A. Detecção de clusters no microcrédito em Goiânia. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 9, n. 2, p. 228-242, 2015.
- PEREIRA, A, P. J. T.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. Aplicação do método scan para a detecção de conglomerados espaciais dos acidentes de trânsito ocorridos em João Pessoa – PB. **Hygeia**, v. 10, n. 18, p. 82-97, 2014.
- PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030- PNE. **Banco de informações do planejamento do setor elétrico do país**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- POSSAS, M. L. **Estruturas de Mercado em Oligopólio**: economia e planejamento. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.
- RANDOLPH, K. Using SaTScan TM spatial-scan software with national forest inventory data: a case study in South Carolina. **Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resources Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2017.
- RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, v. 12, n. 21, p. 24-33, 1994.
- SANTOS JÚNIOR, E. P. **Concentração e distribuição espacial da oferta brasileira de bioeletricidade florestal**. Disponível em: <<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3826>>. Acesso em: 09 abr. 2019.
- SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. **Produção florestal**. 2016. Disponível: <<http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.

SOUZA, M. R. Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do Laboratório de Produtos Florestais – IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. In: WORKSHOP SULAMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. *Anais...* Curitiba. 1997. p. 49-70.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

VARUM, C.; VALENTE, H. RESENDE, J.; PINHO, M.; SARMENTO, P.; JORGE, S. **Economia Industrial: Teoria e exercícios práticos**. 1ª ed. Lisboa: Sílabo, 2016.

VIEIRA, N. N.; CANÇADO, A. L. F. Identificação de conglomerados espaciais de acidentes aéreos no Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v. 4, n. 2, p. 64-76, 2013.

WIECHETECK, Marcelo. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. 2009. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501 .pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033501.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2019.

6.5 DISTRIBUIÇÃO REGIONAL E CONCENTRAÇÃO DA BIOELETRICIDADE DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

SANTOS JÚNIOR, Edvaldo Pereira
Universidade Federal da Paraíba
edvaldo.junior@cear.ufpb.br

SILVA, Ana Lyvia Tabosa da
Universidade Federal da Paraíba
analyviatabosa@yahoo.com.br

SANTOS, Paula Rose de Araújo
Universidade Federal da Paraíba
paulajp-rose@hotmail.com

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
Universidade Federal da Paraíba
luiz@cear.ufpb.br

RESUMO

Este artigo analisou a distribuição regional e a concentração da bioeletricidade de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017. Os dados estão disponíveis no Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Utilizou-se os índices de concentração [Razão de Concentração [$CR(k)$], Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e o Coeficiente de Gini (G)] e para os conglomerados a estatística *scan*. Os resultados mostraram o Sudeste como região de maior quantidade de termoeletricas e potencial instalada. Evidenciou-se concentração forte entre os estados, para a quantidade e potencial instalado com destaque para as unidades federativas das regiões: Sudeste e Centro-Oeste. Entre as termoeletricas observou-se baixa concentração de acordo com indicadores. Foram identificados sete conglomerados para as termoeletricas sendo três significativos, o *cluster 1* esteve centrado em Cáceres-MT. Para o potencial instalado houveram nove e todos relevantes estatisticamente, destacando o *cluster 1* (Campo Novo do Parecis-MT) com maior potencial instalado e LLR e o *cluster 3* (Espírito Santo do Turvo-SP) com o risco relativo mais elevado.

PALAVRAS-CHAVE: Bioeletricidade, Concentração industrial, Economia regional.

1. INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira constitui-se em sua maioria por fontes renováveis, destacando-se as fontes hidráulicas e biomassa como as principais (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2018). A disposição das bacias hidrográficas no Brasil favorece a utilização das usinas hidrelétricas, enquanto as condições climáticas incentivam a agricultura. O plantio da cana-de-açúcar, no Brasil, iniciou-se, no período colonial, com foco na região Nordeste, todavia nos últimos anos a maior parte da produção concentrou-se no Estado de São Paulo, cerca de 2/3 da produção nacional (MOREIRA et al., 2016).

Como produtos da cana-de-açúcar destacam-se o açúcar, o álcool e o bagaço, com demanda no mercado interno e externo (TANACA; PEREIRA; PIGATTO, 2008). O bagaço, particularmente, muito utilizado para a produção de vapor e geração de energia elétrica, tanto para autoconsumo quanto para rede local (NGUYEN; HERMANSEN; SAGISAKA, 2009). A biomassa da cana-de-açúcar, importante fonte para a matriz elétrica brasileira, apresenta caráter sazonal de março a dezembro (região centro-sul) e de setembro a março (região norte-nordeste), coincide com o período de escassez de chuvas (HOFSETZ; SILVA, 2012). Nestes períodos, os reservatórios das hidrelétricas atingem um estado crítico e é necessária utilização das usinas termoelétricas, as quais são movidas, principalmente, a óleo diesel e ao bagaço de cana-de-açúcar (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2017).

De acordo com Borba et al. (2018) e Silva Segundo et al. (2019), a cogeração de eletricidade a partir de bagaço de cana-de-açúcar apresenta-se financeiramente viável e com potencial para mitigação de impactos causada pelos gases de origem antrópica. Alguns estudos de análise de ciclo de vida em biomassas mostraram que as emissões relacionadas a elas são baixas, e quando utilizadas em mecanismos de cogeração diminui-se a capacidade emissiva. As perspectivas de emissões também podem ser negativas, através da captura e armazenamento do CO₂ liberado durante o processo de fermentação, iniciativa já estudada para a implantação no Brasil (MOREIRA et al., 2016). A utilização da biomassa da cana-de-açúcar, para geração de eletricidade e fabricação de biocombustíveis, vem como uma estratégia brasileira para a redução de suas emissões no cenário mundial, fazendo parte de seu *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC), além de auxiliar na gestão destes resíduos (EPE, 2018).

O estudo da concentração industrial baseou-se na necessidade de compreender as estruturas de mercado e é importante na avaliação de competitividade entre firmas. Uma alta concentração resulta um setor com menor concorrência e pode elevar o poder virtual de mercado industrial (POSSAS, 1999). A estatística *scan* é um instrumento da economia espacial, que identifica conglomerações, ou seja, áreas na qual há um alto risco da haver uma atividade, em relação as zonas próximas (MOURA, 2006).

Dentre os estudos de concentração industrial, destacaram-se no setor bancário: Berger, Minnis e Sutherland (2017) e Smaniotto e Alves (2016); no segmento florestal: Coelho Junior (2016); Van Egeraat et al. (2018); Filgueira et al. (2017); e Coelho Junior et al. (2018). Para a estatística *scan* evidenciou-se os ensaios de: Randolph (2017) que estudou o desmatamento na Carolina do Norte, EUA; Oliveira e Menezes (2015) para análise de aglomerados de empréstimos bancários, em Goiânia – GO; Vieira e Caçado (2013) que avaliaram os conglomerados de acidente aéreos no Brasil e Pereira, Moraes e Vianna (2014) que realizaram a detecção de conglomerados de acidentes de trânsito, em João Pessoa – PB. A partir da importância do bagaço de cana na matriz energética do Brasil, este artigo analisou a distribuição regional e a concentração da bioeletricidade de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Biomassa da cana-de-açúcar para geração de eletricidade

O bagaço da cana-de-açúcar é um dos resíduos da produção de açúcar e de álcool. Até pouco tempo descartado inapropriadamente, causava impactos ambientais, porém, recentemente, ganhou alto valor econômico (CARPIO; SOUZA, 2017). O Brasil e a Índia são os maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, com mais da metade de toda a produção global. O Brasil apresenta tendência crescente de consumo de álcool devido, principalmente, a frota de veículos *flex* e as regulamentações da gasolina, que exigem em sua composição um percentual de álcool anidro a fim de enfraquecer as emissões veiculares e melhorar a qualidade do ar (CARPIO; SOUZA, 2017). A estratégia para acompanhar esse crescimento perpassa pelo aumento do cultivo da cana, bem como pelo desenvolvimento de novas tecnologias, dentre elas o etanol de segunda geração (KHATIWADA et al., 2016).

A utilidade do bagaço da cana-de-açúcar contemplou a produção de energia, combustíveis e eletricidade, até a produção de cimento (FAIRBAIRN et al., 2010; LUZ; MEDEREIROS, 2019). No contexto nacional, em 2017, cerca de 7% da potência ofertada da geração de energia elétrica vem do bagaço da cana-de-açúcar (ANEEL, 2018). Sua utilização na produção de eletricidade se alavancou por meio das vantagens comparativas, além de garantir a segurança energética do país e a diversificação da matriz elétrica doméstica, sendo uma das fontes mais importantes (BRASIL, 2018) e seu uso é benéfico ao sistema, pois complementa a sazonalidade das chuvas, que influencia no nível dos reservatórios das hidrelétricas; está próximo aos centros consumidores, o que facilita o acesso as linhas de transmissão e distribuição; faz uso de tecnologias consolidadas, como as de cogeração, além de reduzir a pegada de carbono relacionada a geração produção de eletricidade (CARPIO; SOUZA, 2017).

2.2 Economia industrial

O estudo da economia industrial iniciou-se da necessidade de entender-se as interações e dinâmicas reais da indústria (KUPFER; HASENCLEVER, 2013). Autores como Hall e Hitch (1939), Mason (1939) e Coase (1937) contribuíram para o desenvolvimento das análises de firmas em estruturas de mercado imperfeitas. Com base em Mason (1939), Bain (1959), conferiu o desenvolvimento econômico à estrutura de mercado, a partir do nível de concentração entre participantes ou pelas barreiras à entrada de participantes. Possas (1999) definiu estrutura de mercado a partir de três perspectivas. A primeira associada às características fundamentais do mercado: o número de participantes, a existência de monopólio, oligopólio ou concorrência perfeita e a de produtos semelhantes. Outro refere-se à substituição dos produtos, às dificuldades de ingresso de novos participantes e à concentração, e o terceiro com foco da evolução estrutural do mercado, com base na concorrência. Estruturas de mercado monopolistas ou oligopolistas afetam diretamente preços e processos produtivos de segmentos que fornecem matéria prima as principais indústrias do mercado concentrado (LEITE, 1998). O estudo da concentração industrial é vinculado a variáveis como a quantidade e o tamanho das firmas e influenciado pelo comportamento dos concorrentes (GEORGE; JOLL, 1983).

2.3 Economia espacial

Firmas de determinado segmento podem estar agrupadas em uma determinada zona geográfica, criando conglomerados espaciais. Os conglomerados são agrupamentos de dados ou casos em um determinado espaço (MOURA, 2006). A partir dos estudos industriais realizados na Inglaterra, durante o século XIX e sustentado na teoria dos rendimentos crescentes de escala, Marshall (1920) trouxe o conceito de economia “externa” que incorpora as vantagens às conglomerações industriais. Carvalho e Santos (2005) apresentaram diferentes métodos de análises espaciais, principalmente, relacionados a área da saúde, dos quais destacam-se os de regressão, associados a estrutura espacial; os de detecção de *clusters*; a metodologia *bayesiana* e os métodos

que aplicam os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Dentre os métodos de detecção de *clusters* destacaram-se a estática scan e o da regularidade geométrica.

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto de estudo

Os dados da quantidade de termoeletricas e potencial instalado (Mega Watts – MW), a base do bagaço de cana coletou-se no Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em dezembro de 2017. Realizou-se uma análise de conjuntura da distribuição regional e estadual, para quantidade e potencial instalado de termoeletricas. Obteve-se as coordenadas geográficas das firmas a partir do Google Maps® e a para a elaboração de mapas utilizou-se o QGIS 3.6.0®.

3.2 Medidas de concentração e desigualdade

Os índices de concentração servem para diagnosticar e compreender um determinado mercado. Estas medidas dividem-se em dois grupos: as parciais e as sumárias (SOARES et. al., 2006). Neste estudo usou-se como medida parcial: a Razão de Concentração e como medidas sumárias: o Índice Herfindahl-Hirschman e a Entropia de Theil; também se utilizou o índice de desigualdade de Gini. Para cálculo da concentração utilizou-se a quantidade e potencial instalado das termoeletricas de bagaço de cana, nos estados brasileiros. Também, foi avaliado a concentração de potencial instalado ofertado nas termoeletricas.

3.2.1 Razão de Concentração

A Razão de Concentração [$CR(k)$] se estabelece a partir da ordenação decrescente da k ($k = 1, 2, \dots, n$) participação dos estados ou empresas, conforme a Equação 1 desenvolvida por Bain (1959).

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potência instalada) ou da potência instalada nas termoeletricas, que utilizaram resíduos animais ou urbanos. Calculou-se a concentração dos quatro [$CR(4)$] e oito [$CR(8)$] maiores (estados e empresas), classificados de acordo com Bain (1959). Neste estudo, também utilizou o principal [$CR(1)$] e os dois maiores [$CR(2)$].

3.2.2 Índice Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) observa a estrutura de mercado, a partir da participação ao quadrado dos estados com termoeletricas (quantidade ou potencial instalado) e/ou firmas de bagaço de cana-de-açúcar. De acordo com Varum et al. (2016) o HHI , apresentado na Equação 2, admite peso maior para as empresas ou estados com parcelas mais representativas (VARUM et al., 2016).

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potencial instalado) ou das termoeletricas (potencial instalado), que utilizam bagaço de cana-de-açúcar; n = número de estados ou empresas. O HHI oscila entre 1 e $1/n$ (limite inferior), onde $1/n$ indica que todos os estados ou empresas têm mesma participação na estrutura de mercado, enquanto 1 aponta

condição de monopólio. Resende (1994) criou o *HHI* ajustado (*HHI'*) para estudos de comparação entre intervalos de tempo, conforme Equação 3, implicando em variação entre 0 e 1 para o *HHI'*. Para valores de $HHI' < 0,10$ tem-se um mercado atomizado, $0,10 \leq HHI' \leq 0,15$, existência de mercado não concentrado, para $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ classifica como moderadamente concentrado e para $HHI' > 0,25$ têm-se alta concentração.

$$HHI' = \frac{1}{n-1} (n * HHI - 1); n > 1 \quad (\text{Equação 3})$$

3.2.3 Índice de Entropia de Theil

O índice de Entropia de Theil (*E*), criado por Theil (1967), foi proposto com base na teoria da informação e é utilizado nos estudos de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), o *E* (Equação 4) pode ser considerado um índice de concentração inverso.

$$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: S_i = participação; i dos estados com termoeletricas (quantidade e potencial instalado) ou das termoeletricas (potencial instalado), que utilizam bagaço de cana-de-açúcar; n = número de estados ou empresas. A *E* oscila entre 0 e $\ln(n)$, onde têm-se 0 para condições de monopólio e $\ln(n)$ para mercado distribuído. Analogamente ao *HHI*, Resende e Boff (2002) trouxeram um ajuste na Entropia (*E'*), Equação 5, para ajustar os intervalos de $E' = 0$, para concentração máxima, e $E' = 1$ para concentração mínima.

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (\text{Equação 5})$$

3.2.4 Índice de Gini

O Índice de Gini (*G*), trata-se de uma medida de desigualdade social, baseada na renda populacional (GINI, 1912). Atualmente, o *G* (Equação 6) vem sendo aplicado em diferentes áreas de estudo e pode ser utilizado para medir a desigualdade da oferta de eletricidade a partir do bagaço de cana-de-açúcar.

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: S_{ij} = participação cumulativa; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potencial instalado) ou das termoeletricas (potencial instalado), que utilizam do bagaço de cana; S_i = participação; i = dos estados com termoeletricas (quantidade e potencial instalado) ou das termoeletricas (potencial instalado), que utilizam o bagaço de cana-de-açúcar; n = número de estados ou empresas. O *G* pode ser classificado como de desigualdade nula a fraca (0,000-0,250), desigualdade fraca a média (0,251 – 0,500), desigualdade média a forte (0,501 – 0,700), desigualdade forte a muito forte (0,701 – 0,900) e desigualdade muito forte a absoluta (0,900 – 1,000) (GINI, 1912).

3.3 Estatística scan

De acordo com Kulldorff et al. (1998), a estatística scan identifica conglomerados espaciais, temporais ou espaço temporais. A análise pode ser realizada com varreduras de altos, baixos ou

ambos níveis de concentração. Neste trabalho utilizou-se uma análise puramente espacial, para o ano de 2017, verificando os conglomerados de alta concentração (*clusters*) na oferta brasileira de bioeletricidade de bagaço de cana-de-açúcar, com base na distribuição de Poisson (KULLDORFF, 2015). Realizou-se a estatística Scan para o número de termoelétricas e para o potencial instalado (MW). As características apresentadas para os *clusters* foram o centroide, o raio R (km), o número de casos observados (Obs.) e esperados (Esp.) no interior do *cluster*, o risco relativo (RR), o valor do teste de verossimilhança (LLR) e a significância do *cluster* (*p valor*).

3.3.1 Teste de verossimilhança

Para o cálculo do teste de verossimilhança dividiu-se a região estudada em diversas sub-regiões, onde uma zona z confere um conjunto de dados conectados em uma grande região. Dentro desta houve uma população n_z e um número de casos associados C_z com chance p para que haja uma ocorrência nesta área. A estatística scan realizou a sobreposição de círculos aleatórios que partiram dos centroides das sub-regiões de estudo, sobre os possíveis conglomerados espaciais. O método avaliou a probabilidade de haver casos no interior dos círculos $p(z)$ e casos fora deles $q(z)$, fazendo com que a função de verossimilhança fosse maximizada (LUCENA; MORAES, 2012; PEREIRA; MORAES; VIANNA, 2014). Para análises puramente espaciais sob uso da distribuição de Poisson, o cálculo da verossimilhança pode ser obtido a partir da Equação 7 (FERREIRA et al., 2018).

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{e^{[-p(z)n_z - q(z)(M - n_z)]}}{C!} p(z)^{C_z} q(z)^{C - C_z} \prod_i C_i \quad (\text{Equação 7})$$

Em que: M é a população total; C o número total de casos.

Para identificação do *cluster* com maior chance de não ter ocorrido ao acaso, deve-se realizar esta razão maximizada sobre todas as zonas. Tendo em vista o crescimento rápido dos valores associados ao modelo de verossimilhança normal, utilizou logaritmo sabendo que são funções crescentes (Equação 8).

$$T = \max_z LLR(z) \quad (\text{Equação 8})$$

Os valores calculados de T tiveram sua significância testada por simulações de Monte Carlo. O tamanho máximo para as janelas circulares adotadas neste trabalho foi associado a 25% da população sob risco (LUCENA; MORAIS, 2012; MOURA, 2006).

3.3.2 Teste de hipótese de Monte Carlo

Para simulação de Monte Carlo, na estatística scan, criou-se um conjunto de dados independentes, de mesma quantidade de casos do conjunto original. Distribuiu-se os dados de forma aleatória nas sub-regiões, com base na hipótese nula (H_0). Para cada conjunto realizou-se o cálculo de T (MOURA, 2006). O *p valor* foi encontrado através do teste de hipótese de Monte Carlo. O teste compara o ranking dos testes de verossimilhanças reais com os aleatórios. Sendo o ranking R , dá-se o *p valor* pela Equação 9.

$$pvalor = \frac{R}{(1 + \# \text{replicações})} \quad (\text{Equação 9})$$

Para este estudo utilizou-se 9999 replicações e para que um *cluster* fosse considerado significativo o '*pvalor*' obtido teve de ser inferior a 0,05.

3.3.3 Risco Relativo

O risco relativo é um número não negativo que representa quantas vezes foi provável que uma termoelétrica seja encontrada em uma determinada localidade, confrontado com uma linha base (MEDRONHO, 2004). Para Kulldorff (1997), estima-se o risco relativo (RR) com base na quantidade de casos observado no interior do *cluster* (c) e a quantidade total de casos fornecido pelo pesquisador (C), de acordo com a Equação 10.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / (E[C] - E[c])} \quad (\text{Equação 10})$$

Tendo em vista que a análise está inteiramente associada ao número de casos fornecido, tem-se que ‘ $E[C]=C$ ’, como apresentado na Equação 11.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / C - E[c]} \quad (\text{Equação 11})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição regional e estadual do número e potencial instalado (MW) das termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017, (Tabela 1), apresentou o Sudeste com o maior número de termoelétricas (62,00%) e potencial instalado (63,78%) do país. Os estados de São Paulo e Minas Gerais produziram na safra 2016/17 cerca de 35% da cana-de-açúcar nacional, conforme apontado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2017), justificando o elevado potencial regional.

Tabela 1. Distribuição regional e estadual do número e potencial instalado (MW) das termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar, no Brasil, em 2017.

Estados/Regiões	Quantidade	Potencial instalado
São Paulo	201	5.731,00
Minas Gerais	43	1.302,42
Rio de Janeiro	1	44,00
Espírito Santo	3	39,40
Sudeste	248	7.116,82
Goiás	32	1.276,27
Mato Grosso do Sul	22	1.078,49
Mato Grosso do Sul	8	188,93
Tocantins	1	80,00
Centro-Oeste	63	2.623,68
Alagoas	21	308,86
Pernambuco	20	315,11
Paraíba	5	98,10
Sergipe	5	59,70
Maranhão	2	9,40
Rio Grande do Norte	2	57,00
Bahia	1	14,00
Piauí	1	8,80
Nordeste	57	870,97
Paraná	27	529,15
Santa Catarina	3	11,07
Sul	30	540,22
Amazonas	1	5,00
Pará	1	1,25

Norte	2	6,25
Brasil	400	11.157,94

Fonte: ANEEL (2017).

A região Centro-Oeste foi a segunda com maior participação para o número de termoeletricas e potencial instalado com 15,75% e 23,51%, respectivamente. O potencial da região justificou-se pela elevada expansão canavieira, tendo em vista a taxa de crescimento de produção dos estados de Goiás, de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul, estiveram entre as quatro maiores do país (SHIKIDA, 2013). Em seguida estiveram a região Nordeste, com 57 termoeletricas (14,25%) e 870,97 MW instalados (7,81%), a região Sul com 30 usinas (7,50%) e 540,22 MW instalados (4,84%) e o Norte com apenas duas termoeletricas e 6,25 MW instalados. A nível estadual, São Paulo apresentou o maior número de termoeletricas e potencial instalado do país, com 50,25% e 51,36% respectivamente, destacando-se o elevado número de usinas instaladas no interior paulista. O estado de Minas Gerais foi o segundo mais significativo para a oferta de bioeletricidade com 1.302,42 MW instalados (11,67%) e 43 usinas (10,75%). Seguiram os estados de Goiás, do Paraná e do Mato Grosso do Sul para o número de usinas e capacidade instalada.

A análise dos índices de concentração de número e potencial instalado (MW) das termoeletricas de bagaço de cana-de-açúcar para os estados brasileiros, em 2017, (Tabela 2), identificou o estado de São Paulo com 50,25% do número de termoeletricas nacional, a partir do $CR(1)$. Para o $CR(2)$ de 61,00% adicionou-se o estado de Minas Gerais. Para o $CR(4)$ foi encontrado o valor de 75,75%, sendo os estados participantes: São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Paraná, de acordo com Bain (1959) o nível de concentração foi muito alto. O $CR(8)$ com valores respectivos de 93,50% indicou concentração muito alta.

Tabela 2. Indicadores de concentração do número e potencial instalado (MW) das termoeletricas a base do bagaço de cana-de-açúcar para os estados brasileiros, em 2017.

Índice	n°	Potencial Instalado	Índice	n°	Potencial Instalado
$CR(1)$	50,25%	51,36%	HHI'	0,2465	0,2676
$CR(2)$	61,00%	63,04%	E	1,8376	1,6855
$CR(4)$	75,75%	84,14%	LS	2,9957	2,9957
$CR(8)$	93,50%	96,17%	E'	0,6134	0,5626
HHI	0,2842	0,3042	G	0,7932	0,8170
LI	0,0526	0,0526	n	20	20

n = número de estados; $CR(k)$ = Razão de Concentração; HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Índice Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Índice Entropia de Theil ajustado; G = Índice de Gini.

Com 20 estados partícipes, o HHI apresentou valor de 0,2842, enquanto o LI foi de 0,0526, o HHI' de 0,2465 atribuiu características de mercado moderadamente concentrado. A E de 1,8376 e o LS de 2,9957 corroborou com a interpretação do HHI' , evidenciando um cenário moderadamente concentrado, reafirmado pela E' (0,6134). O G com valor de 0,7932 caracterizou a distribuição de termoeletricas como de desigualdade forte a muito forte. Para o potencial instalado o $CR(1)$ de 51,36% apontou São Paulo como principal estado para a oferta. O $CR(2)$ de 63,04% acrescentou o estado de Minas Gerais, de forma semelhante ao número de termoeletricas. O $CR(4)$ (84,14%) e o $CR(8)$ (96,17%) apontaram concentração muito alta. O HHI (0,3042) apresentou diferença de 0,2515 do LI (0,0526) apontando existência de concentração. O HHI' (0,2676) caracterizou um mercado altamente concentrado. A E (1,6855) aproximou-se do LS (2,9957) e colaborou com a inferência dada pelo HHI . O G (0,5605) inferiu uma desigualdade forte a muito forte.

São apresentados os indicadores de concentração do potencial instalado das termoeletricas de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017, (Tabela 3). O $CR(1)$ apresentou participação de 1,43%, para Porto das Águas, localizada em Chapadão do Céu - GO. Para o $CR(2)$ foi acrescentada a

termoelétrica Eldorado, em Rio Brilhante - MS. O $CR(4)$ apresentou valor de 5,09%, adicionando as termoelétricas Barra Bioenergia (SP) e Cocal II (SP), a classificação foi de concentração baixa. Para o $CR(8)$ (9,52%) somaram-se as termoelétricas: Santa Luzia I (MS), Caçú I (GO), Amandina (MS) e Caaporó (MS), classificando a oferta como de concentração baixa. O HHI apresentou valor de 0,0054, resultando em alta proximidade do LI (0,0025) e inferiu concentração baixa. O HHI' de 0,0029 colaborou com a análise atribuindo características de mercado atomizado. De forma análoga a E (5,4791), seu LS (5,9915) e a E' avaliaram concentração baixa. Apenas o índice G apresentou resultado inverso, inferindo desigualdade forte a muito forte.

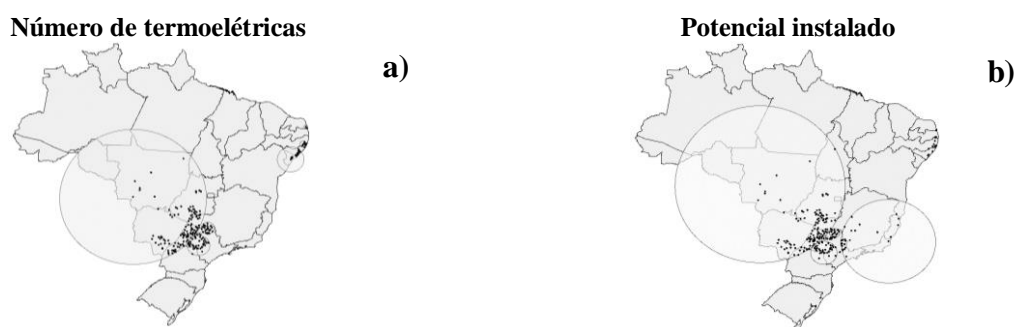
Tabela 3. Índices de concentração do potencial instalado das termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar, no Brasil, em 2017.

Índice		Índice	
$CR(1)$	1,43%	HHI'	0,0029
$CR(2)$	2,70%	E	5,4791
$CR(4)$	5,09%	LS	5,9915
$CR(8)$	9,52%	E'	0,9145
HHI	0,0054	G	0,7718
LI	0,0025	n	400

n = número de empresas; $CR(k)$ = Razão de Concentração; HHI = Índice de Herfindahl-Hirschman; LI = Limite Inferior; HHI' = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; E = Entropia de Theil; LS = Limite Superior; E' = Entropia de Theil ajustada; G = Índice de Gini.

A Figura 1 apresenta os *clusters* da quantidade (a) e potencial instalado (b) das termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017. Os *clusters* de quantidade de termoelétricas estiveram situados sobre a região Centro-Oeste, em alguns pontos do litoral nordestino e no interior dos estados de São Paulo e Minas Gerais. A região Oeste de São Paulo apresentou elevado número de empreendimentos, justificado pela infraestrutura de escoamento da produção de açúcar e de álcool que propiciam a instalação das usinas de cana-de-açúcar (BINI, 2009).

Figura 1. *Clusters* da quantidade e potencial instalado (MW) de termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar, no Brasil, em 2017



Para o potencial instalado, diversos *clusters* apresentaram apenas aumento de raio, comparados aos de número de termoelétricas, mantendo-se os da região Centro-Oeste e zona Oeste dos estados de São Paulo e de Minas Gerais. Destacou-se também uma aglomeração que envolveu os estados do Espírito Santo, do Rio de Janeiro e porções de Minas Gerais, de São Paulo e da Bahia. A partir das características dos *clusters* da quantidade e do potencial instalado das termoelétricas de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, em 2017, (Tabela 4), foram identificados sete *clusters* para o número de usinas, sendo apenas três estatisticamente relevantes. O *cluster 1* teve centroide no município de Cáceres – MT e apresentou raio de 1.038,31 km, o maior dentre os encontrados. Observou-se 138 termoelétricas, enquanto esperava-se apenas aproximadamente 48 usinas. O risco relativo foi de 3,85, o maior dentre os *clusters* significativos. Com LLR de 3,85 foi o *cluster* significativo com menor chance de ter ocorrido ao acaso.

Tabela 4. Características dos *clusters* da quantidade e potencial instalado (MW) das termoeletricas a base do bagaço de cana-de-açúcar, no Brasil, em 2017.

	C	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
n°	1	Cáceres – MT	1.038,31	138,00	48,17	3,85	3,85	< 0,001
	2	Guaíra – SP	89,99	33,00	9,41	3,73	3,73	< 0,001
	3	Espírito Santo do Turvo – SP	154,16	51,00	20,33	2,73	2,73	< 0,001
	4	Joaquim Nabuco – PE	48,42	11,00	3,72	3,01	3,01	0,5795
	5	Potirendaba – SP	29,89	3,00	0,29	10,25	10,25	0,7303
	6	Riachuelo – SE	193,10	18,00	8,54	2,16	2,16	0,7973
	7	Arês – RN	26,55	2,00	0,28	7,29	7,29	0,9996
Pot. Instalado	1	Campo Novo do Parecis – MT	1.185,30	4.827,05	1.366,97	5,46	3.329.917	< 0,001
	2	Guaíra – SP	67,61	1.024,97	173,78	6,39	1.001.635	< 0,001
	3	Vista Alegre do Alto – SP	19,59	281,30	16,61	17,35	534.403	< 0,001
	4	Ipaussú – SP	173,75	1.253,01	526,66	2,55	385.099	< 0,001
	5	Potirendaba – SP	29,89	105,60	8,24	12,93	172.464	< 0,001
	6	São Miguel dos Campos – AL	14,29	80,50	24,01	3,37	41.049	< 0,001
	7	Pedras de Fogo – PB	15,94	55,00	12,06	4,58	40.586	< 0,001
	8	Campos dos Goytacazes-RJ	630,95	757,32	668,20	1,14	6.074	< 0,001
	9	Sirinhaém – PE	16,98	38,60	22,39	1,73	4.827	< 0,001

C = *cluster*; n°= número de termoeletricas; Pot. Instalado = Potencial instalado; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo

Para potencial instalado foram encontrados nove *clusters*, todos significativos com base no *p valor*. O *cluster* 1 esteve centrado no município de Campo Novo do Parecis – MT, com raio de 1.185.30 km foi o conglomerado de maior extensão. A potência instalada sobre este foi de 4.827,05 MW, em contrapartida era esperado 1.366,97 MW, o risco relativo foi de 5,46 e o LLR 3.329.917, apontando este como o de maior chance de ser real. Os *clusters* de 2 a 5 tiveram centroides no estado de São Paulo, o que ressaltou a importância do estado na oferta nacional. O *cluster* 2, com centroide em Guaíra – SP, apresentou potência observada de 67,61 MW, com risco relativo de 6,39. O *cluster* 3 apresentou o maior risco relativo, 17,35, evidenciando alta probabilidade de haver termoeletricas, na área analisada. O *cluster* 4 apresentou o segundo maior potencial observado com 1.253,01 MW. Para o *cluster* 5 identificou-se o segundo maior risco relativo (12,93), este apresentou centroide no município de Potirendaba – SP. O *cluster* 6 foi o primeiro para a região Nordeste, centrado em São Miguel dos Campos – AL, apresentou raio de 29,89 km e risco relativo de 12,93. Os demais *clusters* apresentaram significância, todavia não apresentaram dados expressivos.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados a região Sudeste deteve a maior quantidade de termoeletricas de bagaço de cana-de-açúcar, assim como a maior potencial instalado. Em nível estadual, São Paulo apresentou a maior disponibilidade (número de termoeletricas e potencial instalado). Destacou-se ainda a região Centro-Oeste que apresenta elevado potencial, associado a expansão canavieira na região. Evidenciou-se concentração forte entre os estados para o número de usinas, com destaque para os estados das regiões: Sudeste e Centro-Oeste. Para o *CR(4)* e *CR(8)* identificou-se que o nível de concentração foi muito alto. Por sua vez o *HHI'*, a *E'* e o *G* atribuíram características de mercado moderadamente concentrado a muito concentrado. Para o potencial instalado, observou-se comportamento semelhante. Com relação a concorrência entre as termoeletricas observou-se baixa concentração a partir de todos os indicadores, exceto o *G*, demonstrando características de mercado atomizado.

Foram identificados sete *conglomerados* para o número de usinas, sendo apenas três estatisticamente relevantes. O principal, *cluster 1*, esteve centrado no município de Cáceres – MT, com o maior número de termoeletricas. Para a potencial instalado foram verificados nove conglomerados, todos relevantes estatisticamente. Destacaram-se o *cluster 1* (Campo Novo do

Parecis – MT) com maior potência e LLR e o cluster 3 (Espírito Santo do Turvo – SP) com maior risco relativo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 31 dez. 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações Gerenciais, março 2017**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informações+Gerenciais+1º+trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.
- BERGER, P. G.; MINNIS, M.; SUTHERLAND, A. Commercial lending concentration and bank expertise: Evidence from borrower financial statements. **Journal of Accounting and Economics**, v. 64, n. 2-3, p. 253-277, 2017.
- BINI, D. L. C. Apontamento sobre a infraestrutura de escoamento de açúcar e álcool na região de Araçatuba (SP). **Análises e Indicadores do Agronegócio**. v. 4, n. 1, 2009.
- BORBA, J. E. M.; VITAL, A. A. B.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Viabilidade da cogeração em indústria sucroenergética. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de Economia Circular**. Recife: EDUFPRPE, 2018. p. 196-207.
- CARPIO, L. G. T; SOUZA, F. S. Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second generation ethanol in Brasil: scenarios of cost reductions. **Renewable Energy**, v. 111, p. 771-780, 2017.
- COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, New Series, London, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.
- COELHO JUNIOR, L. M. Concentração regional do valor bruto de produção do pinhão no Paraná. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 853-861, 2016.
- COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JUNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 443-452, 2018.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2017**: Ano base 2016/Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro, DF, 2018. 294 p.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: produção e uso de energia**. 2016. 96 p.
- FAIRBAIRN, E. M. R.; AMERICANO, B. B.; CORDEIRO, G. G.; PAULA, T. P.; FILHO, R. D. T.; SILVOSO, M.M. Cement replacement by sugar cane bagasse ash: CO2 emissions reduction and potential for carbon credits. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 1864-1871, 2010.
- FERREIRA, L. M.; SÁFADI, T.; LIMA, R. R. Técnicas da estatística espacial na análise de dados de áreas no estudo da dengue. **Revista Univap**, v. 24, n. 44, p. 13-27, 2018.
- FILGUEIRAS, G. C.; CAIRES, M. D. S. L.; CARVALHO, A. C.; ARAÚJO, A. C. D. S.; CARVALHO, A. V. Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 102-129, 2018.
- GEORGE, K.; JOLL C. **Organização industrial**: crescimento e mudança estrutural. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

- GINI, C. Variabilità e mutabilità. In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1912.
- HALL, R. L.; HITCH C. J. Price theory and business behavior. **Economic Papers**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 12-45, 1939.
- HOFSETZ, K.; SILVA, M. A. Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 564-573, 2012.
- KHATIWADA, D.; LEDUC, S.; SILVEIRA, S.; MCCALLUM, I. Optimizing ethanol and bioelectricity production in sugarcane biorefineries in Brazil. **Renewable Energy**, v. 85, p. 371-386, 2016.
- KULLDORFF, M. **SaTScan Manual do Usuário** para versão 9.4 (Traduzido). 2015.
- KULLDORFF, M. ATHAS, W., FEUER, E., MILLER, B., KEY, C. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain câncer in Los Alamos. **American Journal of Public Health**, v. 88, p. 1377-1380, 1998.
- KULLDORFF, M. A. Spatial scan statistic. **Communications in Statistics: theory and methods**, 1997, v. 26, p. 1481-1496.
- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Elsevier, 2013.
- LEITE, A. L. S.; SANTANA, E. A. Índices de Concentração na indústria de papel e celulose. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói. *Anais...* Niterói: UFF, 1998. 1 CD-ROM.
- LUCENA, E. F.; MORAES, R. S. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, p. 605-623, 2012.
- LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M. C. Economia circular aplicada à agroindústria canavieira; sustentabilidade e inovação na cadeia. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2019. p. 240-250.
- MASON, E. S. Price and production policies of large-scale enterprise. **The American Economic Review**, Nashville, v. 29, n. 1, p. 61-74, 1939.
- MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia**. 2ª ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção brasileira de cana-de-açúcar, açúcar e etanol**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/producao>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- MOREIRA, J. R.; ROMEIRO, V.; FUSS, S.; KRAXNER, F.; PACCA, S.A. BECCS potential in Brazil: Achieving negative emissions in ethanol and electricity production based on sugar cane bagasse and other residues. **Applied Energy**, v. 179, p. 55-63, 2016.
- MOURA, F. R. **Detecção de clusters espaciais vias algoritmo Scan multi-objetivo**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- NGUYEN, T.L.T.; HERMANSEN, J.E.; SAGISAKA, M. Fossil energy savings potential of sugar cane bio-energy systems. **Applied Energy**, v. 86, p. s132-s139, 2009.
- OLIVEIRA, F. R.; MENEZES, T. A. Detecção de clusters no microcrédito em Goiânia. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 9, n. 2, p. 228-242, 2015.
- PEREIRA, A, P. J. T.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. Aplicação do método scan para a detecção de conglomerados espaciais dos acidentes de trânsito ocorridos em João Pessoa-PB. **Hygeia**, v. 10, n. 18, p. 82-97, 2014.

- POSSAS, M. L. **Estruturas de Mercado em Oligopólio: economia e planejamento**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.
- RANDOLPH, K. Using SaTScan TM spatial-scan software with national forest inventory data: a case study in South Carolina. **Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resources Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2017.
- RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, v. 12, n. 21, p. 24-33, 1994.
- SHIKIDA, P. F. A. Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 2, p. 122-137, 2013.
- SILVA SEGUNDO, V. B.; FREITAS, G. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono da geração de eletricidade com bagaço de cana-de-açúcar na usina sucroalcooleira, Recife – PE. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 538-546.
- SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.
- SOARES, T. S.; NISHI, M. H.; DE OLIVEIRA, P. R. S.; DA SILVA, M. L. Concentração no consumo de madeira e estrutura de mercado do setor moveleiro do município de Ubá/MG. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, v. 4, n. 7, p. 1-10, 2006.
- TANACA, E.K.T.; PEREIRA, J. A. Z.; PIGATTO, G. Substituição da pecuária de corte e expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: o impacto nas regiões oeste e noroeste do estado. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. *Anais...* Rio Branco: SOBER, 2008. p. 1-19.
- THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.
- UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. A bioeletricidade da cana em números – março 2018. Disponível em: <www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=17521374>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- VAN EGERAAT, C.; MORGENROTH, E.; KROES, R.; CURRAN, D.; GLEESON, J. A measure for identifying substantial geographic concentrations. **Papers in Regional Science**, v. 97, n. 2, p. 281-300, 2018.
- VARUM, C.; VALENTE, H. RESENDE, J.; PINHO, M.; SARMENTO, P.; JORGE, S. **Economia Industrial: teoria e exercícios práticos**. 1ª ed. Lisboa: Sílabo, 2016.
- VIEIRA, N. N.; CANÇADO, A. L. F. Identificação de conglomerados espaciais de acidentes aéreos no Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v. 4, n. 2, p. 64-76, 2013.

6.6 POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DE PODAS URBANAS E REAPROVEITAMENTO POR MEIO DA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

SILVA, Julie Brenda Santos da
Universidade Federal do Maranhão
julie_brenda@hotmail.com

CRUZ, Glauber
Universidade Federal do Maranhão
glauberacruz@gmail.com

RESUMO

Uma das alternativas encontradas pelos gestores de grandes cidades para promover a necessidade de contato com a natureza dos habitantes é a arborização urbana. Tal atividade gera uma quantidade considerável de resíduos sólidos orgânicos devido à atividade de poda realizada na manutenção e cuidado com as árvores. Esses resíduos muitas das vezes não são descartados de forma apropriada e corroboram para a poluição ambiental. Dentro deste contexto, uma alternativa amigavelmente sustentável é o aproveitamento desses resíduos em sistemas de conversão termoquímica com fins energéticos. Mas, para que o sistema de conversão termoquímica seja elaborado de forma eficaz, faz-se necessário a caracterização para avaliar o comportamento e possível potencial energético dos mesmos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização físico-química dos resíduos de podas urbanas de diferentes árvores da Universidade Federal do Maranhão por meio de técnicas que incluem Microscopia Eletrônica de Varredura, Análise Elementar e Calorimétrica, Infravermelho por Transformada de Fourier, e quantificação de metais. Um dos principais resultados obtidos se referem ao valor do Poder Calorífico Superior, o qual variou de 18,65 a 20,86 MJ kg⁻¹, mostrando o real potencial energético dos resíduos de podas urbanas como biocombustíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Conversão Termoquímica, Caracterização.

1. INTRODUÇÃO

Em 1950 apenas 30% da população mundial vivia na zona urbana, esse número com o passar dos anos vem crescendo cada vez mais e, atualmente 50% desta população vive em grandes cidades (ONU, 2018). Tal fenômeno acarretou em problemas do ponto de vista socioambiental, pois a ocupação desordenada das grandes cidades ocasionou no uso inadequado do solo e destruição da vegetação nativa (CABRAL, 2013). Alguns governantes além de se preocuparem com as necessidades básicas dos habitantes como infraestrutura, transporte, segurança, entre outros, devem também prover outros serviços que influenciam diretamente na habitabilidade das cidades como o contato direto com a natureza e/ou infraestrutura verde (WOLF; HOBBIES, 2015). Uma alternativa que esses gestores encontraram para esse contato dos habitantes com a natureza é a arborização urbana (CABRAL, 2013). Este recurso traz benefícios como: redução dos efeitos da poluição do ar para a saúde humana e dos animais, produção de sombra, sequestro de carbono, contribuição paisagística e estética, controle acústico e visual, redução dos níveis de poeira, etc (JONES; MCDERMOTT, 2018; MAREK, 2008).

Junto com os benefícios trazidos pela arborização têm-se os custos do plantio, dos cuidados com as árvores e a manutenção (JONES; MCDERMOTT, 2018), pois sem tal cuidado as árvores podem interferir na rede elétrica, obstruir canais de escoamento da água chuva e até causar transtornos aos habitantes (RIBEIRO, 2009). Dentro das atividades de manutenção é necessária realização de podas regulares, entretanto, essa atividade gera uma considerável quantidade de resíduos sólidos urbanos, ou seja, um passivo ambiental (ALBUQUERQUE, 2010; ARAÚJO, 2017). Tal obstáculo pode ser resolvido por meio do gerenciamento desses resíduos, que é uma atividade da gestão municipal urbanista de suma relevância, pois envolve todo o planejamento paisagístico e reflete nas condições de saneamento básico das pequenas, médias e grandes cidades brasileiras (ARAÚJO, 2017).

Um dos instrumentos importantes de desenvolvimento no gerenciamento de resíduos sólidos para o país é a Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e tem como objetivos a adesão, desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias limpas como forma de reduzir os impactos ambientais. O fomento ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético, entre outros. Esta lei sugere a compostagem, processo pelo qual é produzido adubo, como destino adequado para o material orgânico, entretanto, a depender da quantidade de resíduos sólidos orgânicos gerados, tal procedimento torna-se inviável pois grandes quantidades de material orgânico necessitam de maiores leiras (terrenos) (FERREIRA et al., 2015).

Uma possível alternativa para a desmaterialização dos resíduos de podas urbanas pode ser a conversão dessa biomassa por meio processos termoquímicos para a produção de energia limpa (CRUZ, 2015), pois além da energia, o outro subproduto gerado nesse processo, por exemplo, as cinzas representam um pequeno percentual da massa original da biomassa e estas ainda podem ser usadas na construção civil, em atividades agrícolas, produção de cenosferas e preparação de compósitos (CACURO; WALDMAN, 2015).

Para uma discussão plausível do destino final e adequado para os resíduos de podas urbanas, é necessário investigar as propriedades físico-químicas e térmicas desta biomassa, pois é de fundamental importância à obtenção de informações precisas sobre a possibilidade de execução e viabilidade socioeconômica (GARCÍA et al., 2012). Dentro do contexto apresentado, este estudo caracterizou os resíduos de podas urbanas (caule, folhas e caule mais folhas) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) como ferramenta útil de qualificação e quantificação do potencial energético desta biomassa sobre tecnologias de conversão termoquímica (pirólise e/ou combustão) para aproveitamento sustentável e posterior aplicação destes biocombustíveis em plantas térmicas para produção de energia limpa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Demanda energética nacional

Existe uma crescente demanda energética mundial, preocupando empresas e institutos de tecnologia e que estão cada vez mais investindo em tecnologias de produção de energia limpa (CABRAL NETO, 2015). De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2018), a matriz energética brasileira está distribuída da seguinte forma: 65,2% hidráulicas, 10,5% gás natural, 8,2% biomassa, 6,8% eólica, 4,1% carvão e derivados, 2,5% derivados de petróleo, 2,5% nuclear e 0,13% solar. O Brasil possui majoritariamente na matriz energética fontes renováveis, o que ressalta a relevância do desenvolvimento de novos trabalhos científicos e pesquisas com essa temática (RODRIGUES, 2018).

Apesar dos dados da matriz energética brasileira ser em grande maioria de fontes renováveis, cerca de 20% da nossa matriz energética não é renovável. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019), os principais motivos de ainda se utilizar combustíveis fósseis, é devido essas fontes serem bem conhecidas, possuem rendimento energético elevado e preço atrativo. Entretanto, a redução dessas fontes de energia é iminente, as reservas de petróleo e de gás natural diminuíram cerca de 21% de 2014 para 2017 (BEN, 2018). Isso corrobora para o desenvolvimento de estudos do potencial energético de diferentes fontes alternativas de geração de energia elétrica, pois assim obtém-se maior conhecimento sobre as fontes e estas podem competir igualmente com as fontes não renováveis no mercado, que têm uma forte tendência ser esgotadas em anos futuros (KAZAGIC; SMAJEVIC, 2007).

Outro motivo para a substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de geração de energia, é o fato destes serem os principais responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa, porque os mesmos liberam dióxido de carbono excessivo em nosso ecossistema resultando em aquecimento global, mudanças climáticas, redução da qualidade do ar causado por poluentes como SO_x, NO_x e materiais particulados (OTHMAN et al., 2017; WANG et al., 2017). Nesse cenário, pode-se prever a crescente contribuição da biomassa na matriz energética brasileira, pois a geração de energia proveniente da biomassa quase dobrou comparado ao ano de 2010, passando de 7.927 MW para 14.505 MW em 2017 (BEN, 2018).

2.2 Economia circular e biomassa

O adensamento urbano é um dos responsáveis pela poluição ambiental devido o atual modo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, em que se faz a extração excessiva de matéria-prima e descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos, que são os principais causadores de degradação ambiental (CABRAL, 2013). O modelo de Economia Circular trata de uma proposta que substitui o modelo de Economia Linear, onde são extraídas as matérias-primas necessárias para a produção de bens de consumo, que geram resíduos e gasto energético, por um modelo onde essa matéria-prima obedece a um ciclo fechado em vez de serem descartados no fim da vida útil dos mesmos (SILVA et al, 2018). Assim essa metodologia baseia-se na regeneração de recursos e na minimização de resíduos, emissões, perdas de energia e custos, isso se torna possível por meio da produção de materiais duradouros e da manutenção, reutilização, remanufatura, remodelagem e reciclagem de produtos (SANTOS et al., 2018). Dentro da proposta de Economia Circular estão os processos de conversão termoquímica de biomassas, pois os mesmos transformam os resíduos orgânicos em material base para a produção de energia elétrica, calor e biocombustíveis, quando estes possuem uma quantidade considerável e não são viáveis no processo de compostagem (FERREIRA et al., 2015).

Um estudo realizado por Gutierrez, Toneli e Pereira Neto (2018) mostrou que para o município de Santo André (SP), que possui cerca de 700 mil habitantes a capacidade energética

gerada pelos resíduos sólidos urbanos orgânicos foi de 580 kWh, equivalente a 20% do consumo de energia elétrica residencial do município. Além deste caso, existem outras alternativas que trouxeram resultados satisfatórios, como a geração de energia elétrica a partir da gaseificação de resíduos sólidos em condomínios (VITAL et al., 2018), geração de energia elétrica a partir de biogás em aterros sanitários (CARVALHO et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2018). Estes casos mostraram além da eficácia da metodologia de Economia Circular, uma alternativa possível para a desmaterialização dos resíduos sólidos urbanos.

2.3 Conceito de biomassa e o uso na produção de energia

O conceito mais conhecido e difundido de biomassa é a que se refere a qualquer material produzido biologicamente, mas a palavra biomassa é também utilizada para denominar todo recurso renovável advindo de matéria orgânica de origem vegetal ou animal utilizado como combustível ou na produção deste (CRUZ, 2015; BRAZ, 2014). Nas últimas décadas, a biomassa vegetal tem sido a fonte mais conhecida de biocombustíveis (RODIONOVA, 2016). Esta é constituída majoritariamente por três grupos de polímeros naturais: celulose (cerca de 50%, em base seca), hemicelulose (10-30% em madeiras e 20-40% em herbáceos, em base seca) e lignina (10-40%, em base seca), os outros componentes alifáticos estão presentes em menores quantidades, por exemplo, proteínas, ácidos, sais minerais, etc (SHARMA et al., 2015). Existem diferentes tipos de processos de conversão de biomassa em energia, dentre estes estão os processos termoquímicos, químicos, bioquímicos e biológicos. Dos processos citados o mais vantajoso e comumente empregado é o processo de conversão termoquímica, pois as tecnologias envolvidas nesta conversão são sustentáveis, altamente eficientes, causam baixo impacto ambiental e possuem maior aplicabilidade (GARCÍA et al., 2012).

2.4 Processos termoquímicos

Os processos de conversão termoquímica para a produção do biocombustível final a partir das biomassas são realizados por meio de três tecnologias principais: pirólise, gaseificação e combustão (BRAZ, 2014).

2.5 Pirólise

A pirólise é o processo de conversão termoquímica que envolve a degradação da matéria orgânica na ausência de oxigênio ou fluxo de oxigênio atmosférico (atmosfera inerte) e na presença/ausência de catalizador, e os subprodutos são gases, líquidos e resíduos sólidos ricos em energia química (KUMAR et al., 2016). Esse processo geralmente ocorre em três etapas: perda de umidade (evaporação), decomposição da estrutura formada por matéria orgânica (devolatilização) e reações secundárias (despolimerização e fracionamento do óleo) (KAN et al., 2016). O balanço de energia deste processo é endotérmico e, produz bio-óleo, calor, eletricidade e biocombustíveis, possuindo eficiência energética de 85-90% (VAN DE KAA et al., 2017). O processo de pirólise é classificado em outros diversos subtipos como: pirólise lenta, rápida, intermediária, instantânea, a vácuo, ablativa, etc (PATEL et al., 2016). O que difere esses subtipos são as condições do processo, tais como: o tamanho da partícula, a pressão, a temperatura e o tempo de permanência do material; os tipos de reatores usados: leito fixo, tubular, leito com fluxo borbulhante, leito com fluxo circular, pirolisador ablativo, cones rotativos, parafuso, ciclone, entre outros, e a quantidade percentual de cada produto da reação, ou seja, gás, líquido e sólido (PATEL et al., 2016).

2.6 Gaseificação

O processo de gaseificação de uma biomassa consiste na conversão de um sólido ou líquido orgânico em um componente formado pela fase gás/vapor e sólida (VAN DE KAA et al., 2017). O gás formado é denominado gás de síntese (syngas), este possui elevado Poder Calorífico Superior, e pode ser usado na geração de energia ou produção de biocombustíveis. O gás de síntese produzido é composto pela mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, hidrocarbonetos leves (etano e

propano), hidrocarbonetos pesados (alcatrões), e gases indesejáveis (ácidos sulfúrico e clorídrico e gás nitrogênio) (MOLINO et al., 2016). A fase sólida possui uma parte do material orgânico não convertido no processo e algum material inerte resultante presente na biomassa tratada (CHEN et al., 2014; MOLINO et al., 2016). Esse processo de conversão representa a oxidação do carbono existente na matéria-prima, que é levada por um gás de arrasto como ar, oxigênio, vapor ou dióxido de carbono (MOLINO et al., 2016). Ocorre de 800 a 1000° C e em quatro etapas principais: oxidação, secagem, pirólise e redução. Durante a oxidação de energia necessária para todo o processo é produzida e uma mistura de gases composta por dióxido de carbono, monóxido de carbono e água, enquanto que, ao longo do processo de secagem decorre a evaporação da água. Durante a pirólise ocorre a decomposição dos materiais carbonáceos e formação de gases, carvão e alcatrão, e por fim, no processo de redução acontece a mistura dos produtos das reações anteriores e a formação do gás de síntese (RAHEEN et al., 2015; MOLINO et al., 2016).

2.7 Combustão

A combustão é o processo de conversão termoquímica que ocorre na presença de ar (atmosfera oxidante), que produz calor e/ou eletricidade (KAN et al., 2016). Este processo quando aplicado a biomassas consiste em sucessivas reações químicas complexas (heterogêneas e homogêneas), cuja energia química obtida por meio da fotossíntese é transformada em gases quentes. Esse processo depende do tamanho da partícula e propriedades da biomassa, atmosfera no ambiente onde a combustão é conduzida e temperatura (PATEL et al., 2016). De acordo com García et al. (2012) no processo de combustão ocorre a oxidação completa do combustível, entre 250 e 800° C, durante tal reação são liberados, em sua maioria, CO₂ e H₂O. Quando a oxidação é incompleta (combustão incompleta) os produtos da reação são CO, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e alcatrões, e também a quantidade de calor liberado nessa reação exotérmica é inferior à combustão completa, e para que isso não aconteça, é necessário uma proporção adequada entre oxigênio e combustível, ou seja, uma reação estequiométrica (BRAZ, 2014).

3. METODOLOGIA

O material utilizado nos experimentos foram os resíduos de podas urbanas da Cidade Universitária Dom Delgado (Campus UFMA), localizada em São Luís (MA), que é uma região arborizada e possui área equivalente a 241 hectares (UFMA, 2019). O preparo das amostras de resíduos de podas urbanas foi iniciado pela lavagem em água corrente para a remoção de impurezas, em seguida secagem em estufa a temperatura constante de 50° C durante um período de 48 h para a extração da umidade excedente da biomassa. As amostras lavadas e secas foram separadas em três grupos: caule, folhas e uma mistura proporcional (50/50%) de folhas e caule. Em seguida foram trituradas e peneiradas para redução da granulometria e tamanho médio de partículas em 300 µm.

Para investigar o potencial energético dos resíduos de podas urbanas foram utilizadas várias técnicas analíticas, que revelaram as principais propriedades físico-químicas desse material, dentre as quais o Poder Calorífico Superior (PCS), Análise Elemental (AE), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), e por fim, a Quantificação de Metais realizada por Espectrômetro de Emissão Óptica por Indução de Plasma-Acoplado (ICP-OES). Cada técnica utilizada tem como função investigar as características físico-químicas da biomassa e também para confirmar os resultados obtidos pelas diferentes partes dos resíduos.

A análise elemental quantifica os principais elementos químicos da matéria orgânica, que tem forte influência sobre as propriedades físico-químicas da biomassa, tais como: Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio, Oxigênio e Enxofre (CRUZ, 2015). Para realizar essa análise foi utilizado o Analisador Elemental da marca Perkin Elmer e modelo 2400 CHNS. Para realizar a quantificação de metais dos resíduos de podas urbanas, usou-se o Espectrômetro de Emissão Óptica por Indução de Plasma Acoplado (ICP-OES). Tal procedimento permite quantificar de forma rigorosa os traços de elementos químicos presentes nas amostras, quantidades que podem chegar a menos de 10 mg L⁻¹ para determinados elementos químicos (CARUSO et al., 2016).

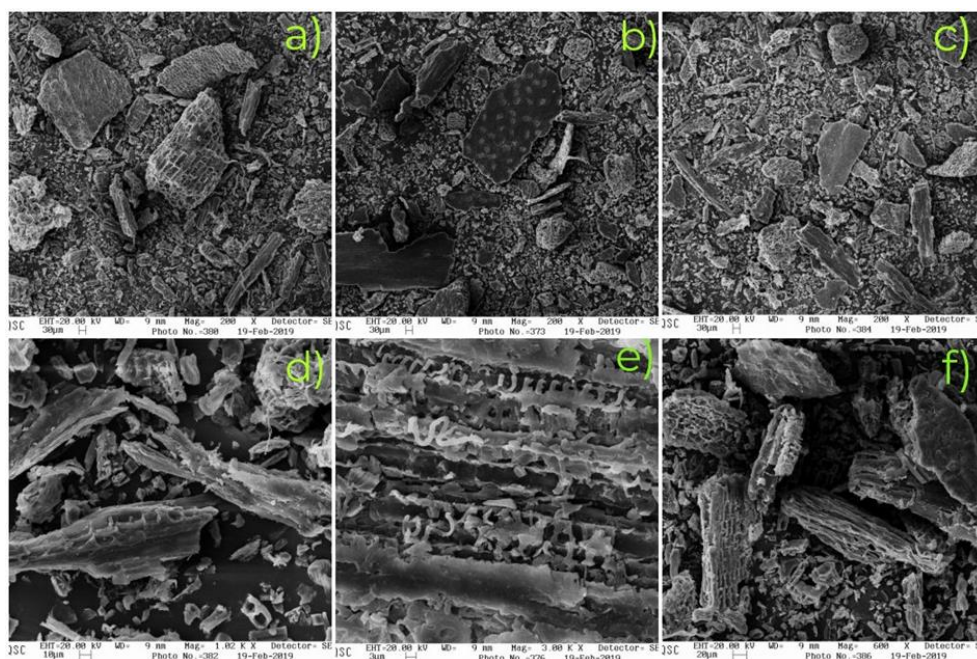
O Poder Calorífico é a razão entre as quantidades de energia liberada durante a oxidação completa de um combustível pela massa ou volume do mesmo (CRUZ, 2015), ou seja, representa a capacidade de produção efetiva de energia do material. O Poder Calorífico Superior (PCS) foi obtido por meio de uma bomba calorimétrica de marca IKA e modelo C-200, estabelecida pelos padrões ASTM E711 e NBR 8633 (CRUZ, 2015; RODRIGUES, 2018). Pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi possível observar a estrutura morfológica e a textura dos resíduos de podas urbanas por meio de imagens de diferentes amplitudes. Essas imagens foram obtidas em um *Scanning Electronic Microscope*, marca *Leo Electron Microscopy* e modelo *LEO440*.

Por meio do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi possível identificar os principais grupos funcionais presentes nas amostras, essa verificação é feita com base nas frequências vibracionais das moléculas ou átomos das amostras. Utilizou-se um espectrofotômetro da marca *Shimadzu Fourier Transform*, programado em modo de transmitância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os micrográficos de MEV das amostras dos resíduos de podas urbanas são mostrados na Figura 1 (a-f). As amostras apresentaram estruturas fragmentadas principalmente devido ao processo de moagem. As folhas (Figura 1b e 1e) apresentaram uma estrutura regular e textura ordenada, enquanto que o caule (Figura 1a e 1d) e a mistura folha mais caule (Figura 1c e 1f) apresentaram maiores níveis de desordem e irregularidades. A aplicação das imagens permitiu observar que as folhas (Figura 1e) apresentaram uma estrutura curvilínea e entrelaçada, semelhante a um espiral. Essa estrutura também aparece nos micrográficos da mistura folha mais caule (Figura 1f), entretanto, em menor quantidade, nas imagens do caule esse tipo de estrutura não foi encontrada.

Figura 1. Micrográficos de MEV das amostras de resíduos de podas urbanas *in natura*: (a) caule, (b) folhas e (c) folhas + caule – ampliação de 300 vezes; (d) caule, (e) folhas e (f) folhas + caule – ampliação de 1200, 3000 e 600 vezes, respectivamente.



Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Rodrigues (2018), que ao comparar micrográficos de MEV de folhas e caules, observou que o caule apresentou uma estrutura na mesma direção e sentido linear (isotropia), enquanto que as folhas apresentaram estruturas porosas e retorcidas (padrão reticulado). De acordo com Wang et al. (2017), a hemicelulose da parede celular de uma biomassa lignocelulósica exibe estrutura ramificada semelhante a uma “corrente”, que se liga a celulose e lignina. Por análise de semelhança, a estrutura observada na Figura 1e que está

entrelaçada a uma estrutura mais regular pode ser interpretada também como hemicelulose, que tem um papel importante nos produtos finais do processo de pirólise e/ou combustão.

Os teores de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e enxofre, obtidos pela Análise Elementar (AE) são apresentados na (Tabela 1), bem como o Poder Calorífico Superior e o Poder Calorífico Inferior, fornecido por meio da análise calorimétrica.

Tabela 1. Análise Elementar e Calorimétrica.

Elementos	Caule	Folhas	Folhas mais Caule
Carbono (%)	43,99±1,75	47,28±1,47	46,94±1,93
Hidrogênio (%)	5,20±0,38	5,83±0,21	5,80±0,14
Oxigênio* (%)	49,80±0,00	44,94±0,00	45,78±0,00
Nitrogênio (%)	0,98±0,04	1,89±0,07	1,48±0,05
Enxofre (%)	0,03±0,05	0,06±0,06	0,00±0,00
Análise Calorimétrica			
PCS (MJ kg⁻¹)	18,65±0,01	20,86±0,02	19,69±0,02

*Calculado por diferença em 100%

As folhas apresentaram um teor de carbono 7,5% superior quando comparadas ao caule, e também um valor de PCS maior em 11,8%. Este resultado concorda com os resultados obtidos por Rodrigues (2018), que apresentou maiores valores de PCS para maiores teores de carbono. As folhas de podas urbanas comparadas aos resíduos das folhas da árvore de abacaxi, apresentaram teores de carbono semelhantes. Entretanto, o valor de PCS foi cerca de 10% superior, isso mostra como os resíduos sólidos urbanos podem ter um potencial energético comparável/compatível aos resíduos agrícolas (GARCÍA et al., 2015).

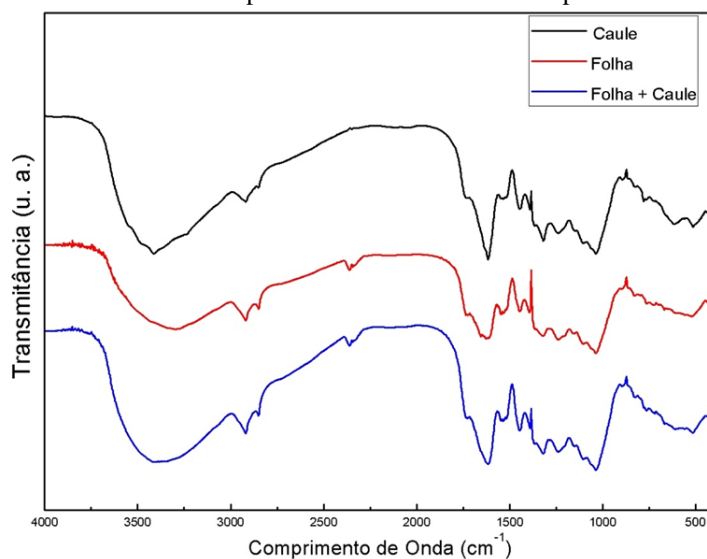
As folhas apresentaram um teor de carbono 7,5% superior quando comparadas ao caule, e também um valor de PCS maior em 11,8%. Este resultado concorda com os resultados obtidos por Rodrigues (2018), que apresentou maiores valores de PCS para maiores teores de carbono. As folhas de podas urbanas comparadas aos resíduos das folhas da árvore de abacaxi, apresentaram teores de carbono semelhantes. Entretanto, o valor de PCS foi cerca de 10% superior, isso mostra como os resíduos sólidos urbanos podem ter um potencial energético comparável/compatível aos resíduos agrícolas (GARCÍA et al., 2015). A mistura de folhas mais caule, comparadas às podas de árvores de azeitona, apresentaram teor de carbono em torno de 9% inferior, e PCS em torno 2% inferior, o que mostra que são resíduos semelhantes e de potenciais energéticos similares (RONDA et al., 2016).

Os valores minoritários encontrados na composição das biomassas foram para os teores de nitrogênio e enxofre, em média 1,45 e 0,03%, respectivamente. Esses componentes são responsáveis por impulsionar a formação de gases poluentes atmosféricos, ou seja, NO_x e SO_x (WANG et al., 2017). Os valores encontrados para este estudo foram inferiores aos listados por Rodrigues (2018), significando que estes resíduos demonstraram capacidade de gerar menos poluentes, ou são quase insignificantes quando comparados com outros autores. Os teores de enxofre para as folhas e caule variaram de 0,19 a 0,77% e 0,16 a 0,97%, respectivamente. Os teores de nitrogênio para folhas e para caule variaram de 1,03 a 3,04% e 0,33 a 2,87%, respectivamente (GARCÍA et al, 2012).

Os conteúdos de oxigênio foram superiores em 47% aos encontrados por Rodrigues (2018), e cerca de 10% maiores aos resultados encontrados por González et al. (2009). Entretanto, a quantidade de oxigênio presente nas amostras não afetou o PCS, que revelou valores superiores aos encontrados por García et al. (2012), cujo valores para podas exibiram valores entre 12,88 e 17,78 MJ kg⁻¹, e próximos ao valor de PCS encontrado González et al. (2009) para as podas de amendoeiras de 19,41 MJ kg⁻¹. Os resultados para a análise de Infravermelho por Transformada de Fourier dos resíduos de podas urbanas são mostrados na (Figura 2). A partir destes resultados foi possível identificar os principais grupos funcionais presentes nos resíduos de podas urbanas. Os

espectros de Infravermelho revelaram absorções semelhantes para folhas, caule e mistura destes, porém com intensidades diferentes.

Figura 2. Espectrômetro de Infravermelho por Transformada de Fourier para os resíduos de podas urbanas.



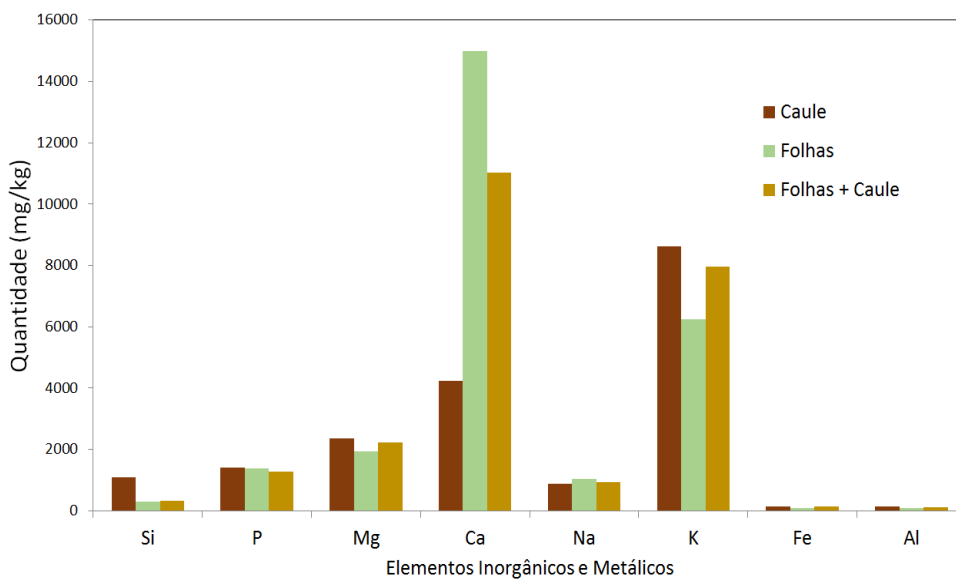
A banda localizada em 3412 cm^{-1} para o caule e para folhas mais caule significa a existência de uma ramificação ligada por pontes de hidrogênio do grupo hidroxila (OH), e nas folhas esse grupo é identificado na banda em 3304 cm^{-1} (KANWAL et al., 2019). A banda em 2918 cm^{-1} para as três biomassas corresponde à presença de uma ramificação do hidrocarboneto C-H (ZHU et al., 2008). A banda que pode ser visualizada no espectro em 2362 cm^{-1} para as amostras de folhas e folhas mais caule representa a presença de um alongamento ligado por C=O (KANWAL et al., 2019). Os picos encontrados em 1616 , 1637 , 1618 cm^{-1} , para caule, folhas e folhas mais caule, respectivamente, representam uma ligação de CO (STUART, 2004). O pico mais intenso encontrado no espectro por volta de 1487 cm^{-1} para as três biomassas representa uma ligação dupla de H-O-H (STUART, 2004). O pico em 1035 cm^{-1} exibido para os três tipos de amostras representou a presença de C-N ou C-O (ZHU et al, 2008).

Estes mesmos grupos funcionais também foram identificados por Rodrigues (2018), porém, com intensidades diferentes. Este autor concluiu que a presença destes grupos funcionais pode estar relacionada com carboidratos, açúcares, água, dióxido de carbono, ácido acético, metanol, hemicelulose, celulose e lignina nos materiais lignocelulósicos. Logo, pela análise de semelhança ou analogia, pode-se afirmar que as amostras utilizadas neste estudo também podem apresentar as mesmas características do ponto de vista vibracional. Um resultado notório observado neste trabalho foi a presença de hidrocarbonetos e compostos orgânicos nas biomassas. Tal afirmação pode ser validada pelas quantidades de carbono, de hidrogênio e de oxigênio obtidos por meio da análise elementar, os quais são componentes essenciais para qualquer biocombustível.

A Figura 3 mostra os elementos inorgânicos e metais que apresentaram maiores teores nas biomassas estudadas por meio da análise de ICP-OES realizada. Substâncias como CaO, SiO₂, MgO, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃, P₂O₅, entre outros, estão presentes nas cinzas restantes da combustão de biomassas, para prever a proporção da formação dessas substâncias é necessário identificar se dos elementos que a formam estão presentes na biomassa, pois a presença destes podem causar danos ao sistema de geração de energia, e também é importante conhecer as biomassas minuciosamente antes de projetar um sistema de geração de energia, para que o processo seja mais eficaz possível (NUNES et al., 2016). Os teores de Ca encontrados nas biomassas variaram entre si, cuja quantidade de Ca presente nas folhas foi 2,5 vezes maior do que aquela encontrada nas folhas. As duas amostras possuem teores superiores aos da polpa de café (2.716 mg kg^{-1}) e casca de mamona (1675 mg kg^{-1}), e inferiores a resíduos de plantas mexicanas como *Agave* e *Opuntia*, cujos teores foram de 60.295 e 39.319 mg kg^{-1} , respectivamente (PARASCANU et al, 2017). O teor de K presentes nas amostras de

folhas foram 37% superior ao caule. A mistura de folhas mais caule apresentaram um teor de K de 7957 mg kg⁻¹ e superiores em 68% dos valores encontrados por Parascanu *et al.* (2017) para *Opuntia*.

Figura 3. Composição de elementos inorgânicos e metálicos das amostras dos resíduos de podas urbanas *in natura* (mg kg⁻¹).



Os teores de Fe, Si e Al das biomassas estão abaixo das médias encontradas para resíduos de madeira usados em centros de reciclagem, enquanto que os elementos Mg e P estão acima dos valores encontrados, e o valor mais próximo foi para o elemento Na, que possui teor cerca de 24% inferior ao encontrado para as folhas (HURON, 2017). O motivo dos resíduos de podas urbanas apresentarem uma composição diferente aos resíduos agrícolas pode estar relacionado ao solo em que estes vegetais são cultivados e o fluxo específico de nutrientes (NUNES *et al.*, 2016). A quantidade de metais e compostos inorgânicos presentes na biomassa refletiu diretamente na composição química das cinzas, que apesar de trazerem desvantagens na construção de sistemas de conversão termoquímica por causarem danos como corrosão, deposição e incrustação de resíduos no reator térmicos, problemas na transferência de calor, manutenção, etc. As cinzas podem ter como vantagem a possibilidade de uso como fertilizante agrícola e estabilizador de pH do solo, devido a uma composição rica em alguns nutrientes como K, Na, Zn, Ca, Mg, Fe, etc. Estas também podem ser usadas como material complementar na produção de materiais da construção civil (aditivo em cimento), na limpeza de gases de combustão (como adsorvente para SO_x, NO_x, mercúrio e metais pesados), síntese de zeolite, produção de cerâmica, etc (NUNES *et al.*, 2016; NIU *et al.*, 2015).

5. CONCLUSÕES

Este estudo investigou as principais características físico-químicas e térmicas de resíduos de podas urbanas com o propósito destes serem usados em sistemas de conversão termoquímica (combustão e pirólise). A separação das folhas e caule dos resíduos urbanos permitiu identificar a influência de cada parte nas propriedades da biomassa como um todo, e também foi possível observar que estes elementos apresentaram características distintas.

As folhas apresentaram maior PCS comparado ao caule, mostrando uma maior influência na capacidade energética gerada pelos resíduos. Os valores encontrados neste estudo foram superiores aos demonstrados na literatura, o que mostrou um forte potencial energético desta biomassa. Os resultados dos micrográficos de MEV revelaram que a estrutura morfológica e textural das folhas foram distintas do caule, e esta apresentou uma maior semelhança a parede celular de uma biomassa lignocelulósica.

Os espectrômetros de FTIR permitiram identificar os principais grupos funcionais presentes nos resíduos de podas urbanas. Esses grupos funcionais demonstraram um reflexo na formação do biocombustível e nos produtos de reação, resultantes dos diferentes processos de conversão termoquímica (combustão, pirólise e gaseificação). A quantificação de elementos inorgânicos e metais mostrou que os resíduos de podas urbanas exibiram uma pequena concentração desses comparados aos resultados obtidos por outros autores. Este resultado foi fundamental, pois é capaz de prever a composição das cinzas resultantes do processo de conversão termoquímica. Os elementos identificados são responsáveis por dificultar o projeto de reatores e sistemas de geração de energia, podendo causar danos aos equipamentos e, elevando o custo na produção destes. Entretanto, estes mesmos compostos metálicos podem ser reaproveitados em outras atividades como: fertilizantes de solo, aditivos em materiais de construção, produção de cerâmica, etc.

Por meio das diferentes análises realizadas pode-se afirmar que os resíduos de podas urbanas apresentaram um considerável potencial energético, o que os tornam um importante biocombustível na produção de energia limpa. E o processo de conversão termoquímica é uma técnica eficaz na desmaterialização de resíduos sólidos urbanos e se encontra dentro dos princípios estudados pela Economia Circular.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8633: carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio**. 1984.

ALBUQUERQUE, C. R. **Pesquisa da ESALQ propõe gestão de resíduos da arborização urbana**, Revista Cultivar: Pelotas – Rio Grande do Sul, 2010. Publicado:31/05/2010. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/pesquisa-daesalq-propoe-gestao-de-residuos-da-arborizacao-urbana>>. Acesso: 09 set. 2018.

ARAÚJO, Y. R. V.; **Avaliação ambiental e previsão dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa como alternativa energética**. 2017. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ASTM E711 (2004), **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse Derived Fuel by the Bomb Calorimeter** (Withdrawn 2004), ASTM International, West Conshohocken, PA, 1987, www.astm.org.

BEM. Balanço Energético Nacional. **Relatório Final – 2018**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 01 ago. 2018.

BRAZ, C. E. M., **Caracterização de biomassa lignocelulósica para uso em processos térmicos de geração de energia**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.

CABRAL, P. I. D. Arborização urbana: problemas e benefícios, **Revista Especialize On-line IPOG**, v. 1, n. 6, p. 1-15, 2013.

CABRAL NETO, J. P.; GOMES, D. P. P.; CABRAL, D. P.; TAVARES, R. M. Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos pela atividade turística na praia do Morro de São Paulo – BA. In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2015. p. 91-98.

CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R., Cinzas da Queima de Biomassa: Aplicações e Potencialidades, **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2154-2165, 2015.

CARUSO, F.; MATELLATO, S.; PALACIOS, M.; FLATT, R. J. ICP-OES method for the characterization of cement pore solutions and their modification by polycarboxylate-based superplasticizers. **Cement and Concrete Research**, v. 91, p. 52-60, 2017.

CARVALHO, M.; NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V. L.; CHACARTEGUI, R. Cálculos para um projeto de cogeração a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa – PB. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 207-219.

CHEN, W.-H.; LIN, B.-J.; HUANG, M.-Y.; CHANG, J.-S. Thermochemical conversion of microalgal biomass into biofuels: a review. **Bioresource Technology**, v. 184, p. 314-327, 2015.

CRUZ, G. **Características físico-químicas de biomassas lignocelulósicas e a correlação entre suas emissões e os resíduos gerados sob diferentes condições atmosféricas em um forno tubular de queda livre (DTF)**. 2015. 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional: Relatório Final**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: 20.04.2019.

FERREIRA, J. V. C.; SILVA, A. S. F.; FIGUEIREDO, R. A.; MENEZES, R. S. C. Caracterização e quantificação da biomassa residual de parques e jardins no *Campus* Recife da UFPE. In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2015. p. 30-39.

GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; LAVÍN, A. G.; BUENO, J. L. Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. **Bioresource Technology**, v. 103, n. 1, p. 249-258, 2012.

GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; ÁLVAREZ, A.; LAVÍN, A. G.; BUENO, J. L. Study of biomass combustion wastes. **Fuel**, v. 148, p. 152-159, 2015.

GUTIERREZ, A. C. G.; TONELI, J. T. C. L.; PEREIRA NETO, A. M. valorização energética dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Santo André, SP; caso de estudo combustão in natura. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de Economia Circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 243-258.

GONZÁLEZ, J. F.; ROMÁN, S.; ENCINAR, J. M.; MARTÍNEZ, G. Pyrolysis of various biomass residues and char utilization for the production of activated carbons. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 85, n. 1, p. 134-141, 2009.

HURON, M.; OUKALA, S.; LARDIÈRE, J.; GIRAUD, N.; DUPONT, C. An extensive characterization of various treated waste wood for assessment of suitability with combustion process. **Fuel**, v. 202, p. 118-128, 2017.

JONES, B. A.; MCDERMOTT, S. M. The economics of urban afforestation: insights from an integrated bioeconomic-health model. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 89, p. 116-135, 2018.

KANWAL, S.; MUNIR, S.; CHAUDHRY, M. N.; SANA, H. Physicochemical characterization of Thar coal and torrefied corn cob. **Energy Exploration & Exploitation**, v. 37, n. 4, p. 1286-1305, 2019.

KAN, T.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Lignocellulosic biomass pyrolysis: a review of product properties and effects of pyrolysis parameters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 1126-1140, 2016.

KAZAGIC, A.; SMAJEVIC, I. Experimental investigation of ash behavior and emissions during combustion of Bosnian coal and biomass. **Energy**, v. 32, n. 10, p. 2006-2016, 2007.

KUMAR, G.; SHOBANA, S.; CHEN, W.-H.; BACH, Q.-V.; KIM, S.-H.; ATABANI, A. E.; CHANG, J.-S. A review of thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuels: chemistry and processes. **Green Chemistry**, v. 19, n. 1, p. 44-67, 2017.

MAREK, C. F. **Os impactos da arborização viária sobre a rede de distribuição de energia elétrica: estudo de caso da Zona 7 de Maringá/PR**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

MOLINO, A.; CHIANESE, S.; MUSMARRA, D. Biomass gasification technology: the state of the art overview. **Journal of Energy Chemistry**, v. 25, n. 1, p. 10-25, 2016. ISSN 2095-4956.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V. L.; CHACARTEGUI, R.; CARVALHO, M. Produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa – PB. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 207-219.

NIU, Y.; TAN, H.; HUI, S. E. Ash-related issues during biomass combustion: Alkali-induced slagging, silicate melt-induced slagging (ash fusion), agglomeration, corrosion, ash utilization, and related countermeasures. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 52, p. 1-61, 2016.

NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Biomass combustion systems: A review on the physical and chemical properties of the ashes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 235-242, 2016.

ONU. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**, Edição Online. Disponível em: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2018-1.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

OTHMAN, M. F.; ADAM, A.; NAJAFI, G.; MAMAT, R. Green fuel as alternative fuel for diesel engine: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 694-709, 2017.

PATEL, M.; ZHANG, X.; KUMAR, A. Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 1486-1499, 2016.

PARASCANU, M. M.; SANDOVAL-SALAS, F.; SOREANU, G.; VALVERDE, J. L.; SANCHEZ-SILVA, L. Valorization of Mexican biomasses through pyrolysis, combustion and gasification processes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 509-522, 2017.

RAHEEM, A.; AZLINA, W. A. K. G. W.; YAP, Y. H. T.; DANQUAH, M. K.; HARUN, R. Thermochemical conversion of microalgal biomass for biofuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 990-999, 2015.

RIBEIRO, F. A. B. S. Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população. **Revista da Católica**, v. 1, n. 1, p. 224-237, 2009.

RODIONOVA, M. V.; POUDYAL, R. S.; TIWARI, I.; VOLOSHIN, R. A.; ZHARMUKHAMEDOV, S. K.; NAM, H. G.; ZAYADAN, B. K.; BRUCE, B. D.; HOU, H. J. M.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Biofuel production: challenges and opportunities. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 12, p. 8450-8461, 2017.

RODRIGUES, A. L. P. **Caracterização físico-química de biomassa lignocelulósica para utilização em sistemas de conversão termoquímica com fins energéticos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade CEUMA, São Luís, 2018.

RONDA, A.; ZASSA, M. D.; MARTÍN-LARA, M. A.; CALERO, M.; CANU, P. Combustion of a Pb(II)-loaded olive tree pruning used as biosorbent. **Journal of Hazardous Materials**, v. 308, p. 285-293, 2016.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia Circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de Economia Circular**, 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-17.

SCHUCH, M. I. S; **Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de geotecnologias**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SHARMA, A.; PAREEK, V.; ZHANG, D. Biomass pyrolysis – a review of modelling, process parameters and catalytic studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1081-1096, 2015.

SILVA, M. M. N.; SOUSA, E. F.; VALONES, G. gerenciamento de resíduos sólidos do abatedouro público de Ererê. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE. p. 142-154.

STUART, B. **Infrared spectroscopy: fundamentals and applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

UFMA. Universidade Federal do Maranhão. **História**. Disponível em: <http://portais.ufma.br/PortalUnidade/precam/paginas/pagina_estatica.jsf?id=215>. Acesso em: 20 mar. 2019.

VAN DE KAA, G.; KAMP, L.; REZAEI, J. Selection of biomass thermochemical conversion technology in the Netherlands: a best worst method approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 166, p. 32-39, 2017.

WANG, S.; DAI, G.; YANG, H.; LUO, Z. Lignocellulosic biomass pyrolysis mechanism: a state-of-the-art review. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 62, p. 33-86, 2017.

WOLF, K. L.; ROBBINS, A. S. T. Metro Nature, Environmental Health, and Economic Value. **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 5, p. 390-398, 2015. Disponível em: <<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/abs/10.1289/ehp.1408216>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

ZHU, H. M.; YAN, J. H.; JIANG, X. G.; LAI, Y. E.; CEN, K. F. Study on pyrolysis of typical medical waste materials by using TG-FTIR analysis. **Journal of Hazardous Materials**, v. 153, n. 1, p. 670-676, 2008.

0,2,20

CAPÍTULO 7. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

7.1 ANÁLISE DA DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS; ESTUDO DE CASO EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA NO BAIRRO COHAB EM SÃO LUÍS – MA

SILVA, Débora Danna Soares da
Instituto Federal do Ceará
dannasilva94@gmail.com

RODRIGUES, Jeferson Botelho
Universidade Estadual do Maranhão
jefbotelho@gmail.com

ERICEIRA, Matheus Prudêncio
Universidade Federal do Maranhão
m.ericera17@gmail.com

SILVA, Adeildo Cabral da
Instituto Federal do Ceará
adeildocabral@gmail.com

RESUMO

A disposição inadequada de resíduos sólidos pode causar inúmeros impactos negativos de ordem ambiental e sanitária, e apesar de todos os problemas decorrentes da disposição equivocada dos resíduos, ainda é comum a formação de pequenos lixões nas áreas urbanas das cidades brasileiras. Diante disso, este trabalho objetivou levantar e avaliar os impactos da disposição de resíduos sólidos urbanos em um lixão formado na zona urbana de São Luís – MA. O trabalho foi desenvolvido no primeiro semestre de 2018 e baseou-se em visitas a áreas e observação sistemática, as quais permitiram descrever os principais impactos ambientais presentes no ambiente. Conforme a classificação dos resíduos presentes no local de estudo, percebeu-se que a área pode estar sofrendo uma degradação causada pela decomposição dos resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos, Lixo, Avaliação.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é atualmente um dos maiores problemas enfrentados pela civilização moderna. A escassez de locais adequados para a sua disposição e técnicas que apresentam valores elevados para seu tratamento dificultam cada vez mais seu gerenciamento (BARREIRA, 2005). O gerenciamento dos resíduos sólidos abrange vários aspectos, desde sua coleta, acondicionamento, tratamento até sua disposição final (FENANDES, 2009). Deste modo, o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos ocasiona inúmeros impactos ambientais negativos (GOUVEIA, 2012). Um dos principais desafios para o gerenciamento dos resíduos é a disposição final, visto que a disposição equivocada desses é responsável pela degradação ambiental da paisagem urbana, dispersão de insetos e pequenos animais hospedeiros de agentes causadores de doenças, além da contaminação e comprometimento dos recursos naturais (VAZ et al., 2003). Portanto, o manejo adequado dos resíduos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde do Homem (GOUVEIA, 2012).

Embora fique claro que a disposição inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) possa trazer consequências graves à saúde do Homem e ao meio ambiente, e que é necessário que seja dada uma destinação sanitária ambientalmente adequada aos resíduos, ainda é comum em boa parte dos municípios brasileiros o descarte desses materiais em varadouros a céu aberto (lixões). Que constituem na pior forma de dispor os resíduos, uma vez que esses são fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros.

Os resíduos lançados em lixões a céu aberto acarretam geração de gases que causam odores desagradáveis, intensificação do efeito estufa e, principalmente, poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, pelo chorume produzido na decomposição biológica da matéria orgânica, além da poluição visual. Assim, a tendência de tais localidades é a aglomeração de resíduos de tal modo que sobrecarregue o processo natural de biodegradação (CRUZ et al., 2016). Vista a quantidade de problemas ocasionados com o descarte irregular dos RSU, torna-se importante levantar e avaliar a magnitude dos impactos causados por essa atividade, a fim de propor melhores alternativas para a minimização dos mesmos. Diante disso, o presente trabalho objetivou identificar e analisar os impactos causados pelo depósito irregular de resíduos sólidos urbanos no bairro Cohab, localizado na zona urbana de São Luís, Maranhão, onde existe um lixão.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos sólidos urbanos

O crescimento da disposição dos resíduos sólidos progride de acordo com o crescente número de população e indústrias. Esse contínuo crescimento está associado principalmente à evolução dos costumes, criação ou mudanças de hábitos, melhoria do nível de vida e desenvolvimento industrial, que têm provocado crescente ampliação no poder aquisitivo e na criação de novas opções de consumo ao homem, com consequência direta na quantidade total de resíduos sólidos produzidos principalmente nas cidades (BROLLO, 2001). A problemática decorrente dos RSU produzidos nas grandes cidades abrange vários aspectos, desde sua origem, produção, coleta, tratamento e disposição final (FENANDES, 2009). Deste modo, o seu gerenciamento inadequado ocasiona diretamente vários impactos negativos, tanto de ordem ambiental quanto para a saúde da população (GOUVEIA, 2012).

Em meio aos sérios problemas causados pela inadequada disposição dos resíduos, devido às suas características físicas, químicas e biológicas, destacam-se: o comprometimento dos corpos d'água e mananciais, o assoreamento desses, o aumento do nível de turbidez e variação do gradiente de temperatura, acarretando a quebra do ciclo vital das espécies, tornando a água biologicamente estéril; a intensificação de enchentes; a degradação do solo; a contribuição para a poluição do ar, a catação de resíduos em condições insalubres por pessoas em situação de vulnerabilidade

socioeconômica, entre outros (JACOBI; BESEN, 2011). No que tange os impactos ambientais gerados a partir da decomposição dos resíduos sólidos orgânicos, sobressaem-se: a geração de gases e de maus odores, a atração de animais vetores e a corrosão de equipamentos e componentes da infraestrutura. Esses resíduos iniciam sua decomposição imediatamente após serem dispostos no ambiente. Os fenômenos naturais de decomposição ocorrem por ação inicial de microrganismos, cuja atividade metabólica tem como resultantes o gás carbônico, a energia (calor) e a água.

Enfatiza-se que o armazenamento inadequado e posteriormente a disposição inapropriada desses materiais contribuem para o desenvolvimento de agentes patogênicos responsáveis pela proliferação de várias doenças, constituindo-se, assim, como um problema de saúde pública, pois condições insuficientes de saneamento geram índices significativos de morbidade-mortalidade causados por doenças infecciosas e parasitárias. Portanto, o manejo adequado dos resíduos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde humana (GOUVEIA, 2012). As vantagens econômicas da solução adequada para o problema dos resíduos sólidos podem ser encaradas como decorrência da solução dos problemas de ordem sanitária, quer pela o aumento da vida média efetiva do Homem, quer pela redução da mortalidade ou pela redução de doenças.

2.2 panorama brasileiro dos resíduos sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe, 2016), através do seu Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, realizado em 2017, verificou-se que nesse mesmo ano foi gerado no país aproximadamente 215 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. As capitais e as cidades com mais de 500 mil habitantes, categoria na qual se insere o município de São Luís, foram responsáveis por quase 30 milhões de toneladas de RSU por dia. Mesmo com uma legislação mais restritiva e apesar dos esforços empreendidos em todas as esferas governamentais, o caminho da disposição irregular de RSU continua sendo trilhado por 3.331 municípios brasileiros, que enviaram mais de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, correspondentes a 41,6% do coletado em 2016, para lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações (Abrelpe, 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi realizado em uma área utilizada de forma irregular para disposição de resíduos sólidos urbanos. A área fica no bairro Cohab, localizado no município de São Luís – MA (Figura 1). Trata-se de uma zona residencial, bastante habitada da capital maranhense, que funciona como depósito de lixo há quase 10 anos, recebendo, inclusive, resíduos sólidos de bairros vizinhos.

Figura 1. Mapa de localização do lixão



Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

3.2 Metodologia utilizada

De acordo com o objetivo proposto, este trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória de caráter descritivo do processo da disposição irregular de resíduos sólidos urbanos. A pesquisa exploratória tem por objetivo aproximar-se do tema, criando maior familiaridade em relação ao fato ou fenômeno, prospectando materiais que possam informar a real importância do problema, o que já existe a respeito ou até novas fontes de informação, o que normalmente é feito através de levantamento bibliográfico e documental, entrevistas e observações *in loco*. A primeira etapa da pesquisa foi realizada a partir de um levantamento bibliográfico sobre o tema. A segunda etapa consistiu na análise *in loco* das condições ambientais do lixão. Foi feita a observação do tipo de resíduo descartado, os possíveis impactos sobre o solo, ar, fauna e flora. A identificação dos tipos, causas e consequências dos impactos ambientais na área de estudo foi realizada a partir dos impactos identificados, os quais foram selecionados os mais significativos para análise e interpretação dos dados.

Ao todo foram realizadas cinco visitas ao local para obtenção das informações. Na primeira visita ao campo realizada em 20 de março de 2018 foi feito um conhecimento prévio da área estudada, a fim de se verificar a viabilidade do desenvolvimento do trabalho. Na segunda ida ao local, dia 30 de março de 2018, foi feita a coleta de coordenadas geográficas para elaboração do mapa de localização. A partir da terceira visita, que ocorreu no início de abril, começou-se o levantamento dos impactos ambientais que os resíduos estariam causando ao meio ambiente e à saúde da sociedade local. Na penúltima visita, feita em 20 de abril de 2018, deu-se continuidade ao levantamento dos impactos e o início da classificação dos resíduos depositados no lixão. A última visita foi realizada em 30 de abril de 2018, quando foi finalizado o levantamento dos impactos ambientais e a classificação do tipo de resíduos presentes na área.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o Art. 13 da Lei nº. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação, quanto à sua origem: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos (conforme definido na lei acima citada, são o conjunto de resíduos domiciliares e de limpeza urbana), de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, de construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração; e quanto à sua periculosidade: resíduos perigosos e resíduos não perigosos. Os RSU, objeto desse estudo, são originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana) (BRASIL, 2010).

A área em estudo apresenta como principal característica a presença de resíduos sólidos dispostos de maneira irregular. Quanto à origem dos resíduos dispostos no local, sabe-se que esses são provenientes de domicílios e comércios de pequeno e médio porte, localizados nas proximidades da área, e o acúmulo do lixo no local se deu pelo descarte inadequado dos moradores do próprio bairro e de bairros vizinhos, somado à falta de coleta regular, transformando a área em um lixão. No local observou-se que os resíduos estão depositados em contato direto com o solo e a presença, em sua maioria de resíduos orgânicos, eletrodomésticos, papéis, sacos plásticos, vidros e pneus (Figura 2). A grande diversidade de materiais descartados na área estudada apresenta diferentes composições, onde podem ser encontrados metais pesados, hidrocarbonetos, compostos voláteis, dentre outros componentes, que quando liberados no ambiente podem causar diversos impactos. De maneira geral, a disposição inadequada dos resíduos e o seu acúmulo levam, dentre outros fatores, à dispersão de insetos e pequenos animais hospedeiros de agentes causadores de doenças como a dengue e leptospirose (REIS NETO et al., 2016). Foi identificada ainda na área, a presença de resíduos eletrônicos, tais como televisores, além de pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, latas de tintas e solventes (Figura 3).

Figura 2. Vista parcial dos resíduos encontrados no lixão.



Figura 3. Vista parcial de um televisor encontrado no local



O descarte indevido de equipamentos eletrônicos causa extensivos distúrbios ao ecossistema, por conterem metais pesados na sua composição. Lixões, aterros controlados e aterros sanitários não são os locais apropriados para a destinação final das substâncias contidas especificamente nestes resíduos. Muito desse material, quando em contato com a água, é carregado e contamina o solo, águas superficiais e lençóis subterrâneos (CELERE et al., 2007). Pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº. 12.305/2010 os resíduos perigosos tais como baterias, pilhas, lâmpadas, dentre outros, são obrigados a voltarem para seu ciclo produtivo por meio da logística reversa (BRASIL, 2010). Isso porque, esses resíduos podem conter quantidades significativas de substâncias químicas nocivas ao meio ambiente e aos seres vivos. Essas substâncias podem se acumular nos tecidos vivos, atingindo níveis perigosos para a saúde. Alguns exemplos são o mercúrio, encontrado em lâmpadas fluorescentes, o cádmio, encontrado em pilhas e baterias, e o chumbo, em inseticidas e tintas (BARREIRA, 2005).

Pôde-se notar também a presença de resíduos de construção civil (Figura 4). Quando se fala dos resíduos decorrentes das atividades da construção civil, a realidade é alarmante, pois 75% dos resíduos gerados pela construção nos municípios provêm de obras informais (obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis), o que acarreta disposições irregulares por toda a cidade (GUERRA, 2012). O maior passivo ambiental associado à atividade dos lixões é a geração de chorume, que nestes ambientes é encontrado *in natura*. O chorume é um líquido originário da decomposição do resíduo orgânico, contendo contaminantes orgânicos e inorgânicos dissolvidos e em suspensão. As substâncias dissolvidas são altamente solúveis, as quais causam a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, por exemplo. O potencial de impacto do chorume está relacionado principalmente com a alta concentração de matéria orgânica em decomposição, reduzida biodegradabilidade, presença de metais pesados e de

substâncias recalcitrantes (BROLLO, 2001). Com a pesquisa, foi possível registrar a formação de poças de chorume na área (Figura 5).

Figura 4. Vista parcial de materiais de construção



Figura 5. Vista parcial de uma possível formação de chorume



Pôde-se notar ao longo das visitas, que o aspecto do ambiente estava diferente, devido à presença de novos resíduos no local, logo, foi evidente perceber que essa disposição irregular é constante, sem qualquer tipo de controle ou fiscalização. Em meio aos sérios problemas causados pela inadequada disposição dos resíduos, devido às suas características físicas, químicas e biológicas, destacam-se: o comprometimento dos corpos d'água e mananciais, o assoreamento desses, o aumento do nível de turbidez e variação do gradiente de temperatura, acarretando a quebra do ciclo vital das espécies e tornando a água biologicamente estéril, a intensificação de enchentes, a degradação do solo, a contribuição para a poluição do ar, a catação em condições insalubres nas ruas e nas áreas de disposição final, entre outros (JACOBI; BESEN, 2011). Assim, foi verificado que há uma grande diversidade de tipo de resíduos existentes no local, em decorrência da sua disposição inadequada (Quadro 1). Para identificação, os resíduos dispostos no local de estudo foram classificados conforme estabelecido pela NBR 10004 (ABNT, 2004) (Quadro 2). A classificação dos resíduos sólidos é muito importante para caracterizá-los, visto que cada tipo de resíduo implica em sistemas diferenciados de coleta, tratamento e disposição final (JACOBI; BESEN, 2011).

Quadro 1. Principais resíduos sólidos identificados no lixão estudado.

MATERIAL	RESÍDUOS IDENTIFICADOS NO LOCAL
Plásticos	Garrafas pet; galões de água; saco; potes; sacolas; embalagens de remédios, baldes.
Papel e papelão	Revistas, jornais, caixas de papelão, livros, papel.
Orgânicos	Restos de alimentos; podas de árvores; dejetos de animais.
Metal ferroso	Embalagens de produtos alimentícios.
Metal não ferroso	Latas de bebida; fiação elétrica.
Panos, borracha	Roupas; pedaços de tecidos; sandálias; sapatos; pneus.
Madeira	Móveis; tábuas.
Vidro	Garrafas de bebidas; vidros de fogão; para-brisa de carro; recipientes de remédios; lâmpadas.
Contaminante químico	Embalagens de produtos químicos; seringas; latas com resto de tintas; televisores; fogões.
Contaminante biológico	Fraldas descartáveis; cotonetes; algodão; papel higiênico.
Resíduos não contaminantes	Construção e demolição.

Quadro 2. Classificação de resíduos sólidos, encontrados na área de estudo.

RESÍDUOS	CLASSE
Lâmpadas fluorescentes e mistas	I
Restos de alimentos	II A
Sucata metais ferrosos	II B
Resíduos de papel e papelão	II A
Resíduos plásticos	II B
Resíduos de madeira não tratada	II A
Resíduo de vidro	II B
Resíduo de tintas e pigmentos	I
Embalagens metálicas	II B
Acumuladores de energia (pilhas, baterias, e outros)	I
Pneus	II

De maneira geral os moradores dessa área estão expostos diariamente a riscos físicos e biológicos, decorrentes da disposição irregular de resíduos sólidos.

5. CONCLUSÕES

Apesar do município de São Luís – MA contar com um sistema de coleta pública de lixo regular, que atenda a quase totalidade da população urbana, ainda é comum o descarte inadequado de resíduos sólidos, o que pode trazer muitos tipos de problemas à população que mora próxima a essas áreas. Através deste estudo foi possível perceber que o gerenciamento do RSU apresenta muitos desafios e merece atenção especial dos gestores públicos do município. Por serem de grande facilidade de descarte pelos seus geradores, os resíduos são eliminados sem receber qualquer tipo de cuidado referente ao tipo de impacto que podem causar. Isso também acontece pela falta de conscientização da população. A forma de como são descartados os resíduos faz refletir como a Educação Ambiental é importante para a sociedade.

Conforme a classificação dos resíduos presentes no local de estudo, percebeu-se que a área pode estar sofrendo uma degradação causada pela toxicidade dos resíduos. A necessidade do gerenciamento dos resíduos é grande, cabendo aos gestores públicos tomarem a iniciativa de incentivarem a população e proporcionarem maneiras ambientalmente corretas de como gerenciar os resíduos em suas próprias residências, a fim de aproveitar os resíduos orgânicos, por exemplo,

separar os resíduos de forma adequada de maneira a poder reciclá-los e reaproveitá-los ao máximo, evitando o descarte inadequado dos resíduos e a contaminação ambiental.

É necessário, por conseguinte, que haja intervenção pública, de modo pôr fim na disposição incorreta de resíduos no lixão, como: foco na gestão dos resíduos sólidos, levando em consideração diversos aspectos como planejamento estratégico, diagnóstico participativo e mecanismos de implementação de ações e instrumentos de avaliação e monitoramento, uma vez que a considerável quantidade de resíduos que tem sido depositada na área estudada tem causado impactos que diminuem a qualidade de vida, causando desvalorização imobiliária, proliferação de doenças, impacto visual e contaminação do ambiente em questão.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo, 2016.
- BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. 187 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília DF, 02 ago. 2010.
- BROLLO, M. J. **Metodologia automatizada para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos. Aplicação na Região Metropolitana de Campinas (SP)**. 2001. 195 f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.
- CRUZ, O. B.; MOURA, N. M. C.; MARTINS, J. R. P.; MAIA, C. V. A. Conhecimento do gerenciamento dos resíduos sólidos por parte dos discentes do IFCE, campus Limoeiro do Norte. In: EL-DEIR, S. G.; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P. **Resíduos sólidos: O Desafio do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 135-142.
- FERNANDES, D. N. O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos na comunidade do Prado, bairro do Catolé, Campina Grande/PB. **Revista OKARA: Geografia em Debate**, v.3, n.2, p. 223-347, 2009.
- GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 6, n. 17, p.1503-1510, 2012.
- GUERRA, S. Resíduos sólidos: comentários à Lei 12.305/2010. Rio de Janeiro: Forense, 2012. p. 75.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados** 25, v.25, n.71, p.135-158, 2011.
- REIS NETO, A. F.; ALVES, S. G.; CARDOSO, J. J.; BARROS JÚNIOR, A. P. Ação popular; instrumento garantidor do plano metropolitano de resíduos sólidos da Região Metropolitana do Recife. In: EL-DEIR, S. G.; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P. **Resíduos sólidos: o desafio do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016. p. 107-117.
- VAZ, L. M. S.; COSTA, B. N.; GUSMÃO, O. S.; AZEVEDO, L. S. Diagnóstico dos resíduos sólidos produzidos em uma feira livre: o caso da feira do Tomba. **Sitientibus**, n.28, p. 145-159, 2003.

7.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO NA ÁREA DE ATERRO EM NÃO CONFORMIDADE NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO – MA

SILVA, Alessandra dos Santos
Instituto Federal do Maranhão
alessandra.silva@ifma.edu.br

MORAES, Lucas Silva
Instituto Federal do Maranhão
lucassilvah540@gmail.com

SANTOS, Francisco Costa
Instituto Federal do Maranhão

NUNES, Karla Bittencourt
Instituto Federal do Maranhão
karlinhabio@hotmail.com

RESUMO

Ao escoar pelo solo, o chorume carrega consigo micro-organismos patógenos e substâncias potencialmente poluidoras, presentes em sua composição, que podem comprometer a qualidade das águas presentes tanto no local em que o chorume foi gerado, quanto das áreas circunvizinhas. Dependendo das suas propriedades, os solos podem reter maiores ou menores quantitativos de líquidos em sua estrutura, que por consequência poderão atuar ou não, na minimização dos impactos causados pelos líquidos percolados. O objetivo deste trabalho foi analisar as características do solo, localizado na área do lixão da cidade de Pinheiro – MA, verificando a influência deste na atenuação dos impactos causados pela lixiviação do chorume, nos corpos de água existentes no entorno da área de disposição final. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Solos do Instituto Federal do Maranhão, *Campus* Pinheiro. A análise das características do solo foi feita por meio dos ensaios de granulometria e limites de liquidez e plasticidade. Foi possível identificar um solo com características arenosas, que em função da sua elevada porosidade favorece a permeabilidade de líquidos ao longo dos horizontes do solo, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas adjacentes e a saúde da população que utiliza água proveniente de poços artesianos para suprimento de suas necessidades.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Solos, Atenuação

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional das grandes cidades, acompanhado do aumento de consumo, tem gerado uma grande quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). O principal problema relacionado a estes resíduos ocorre após sua disposição final: uma vez lançados, os RSU começam a se decompor e geram subprodutos potencialmente danosos a saúde pública e ao meio ambiente. Dentre os subprodutos gerados, destaca-se o chorume, um líquido escuro, viscoso e fétido. Este líquido apresenta características físico-químicas e microbiológicas, as quais são resultados da transferência de substâncias orgânicas e inorgânicas tóxicas presentes nos resíduos sólidos (OLIVEIRA; JUCÁ, 2004) e caracterizam-se, geralmente, por apresentarem matéria orgânica dissolvida ou solubilizada e em suspensão, produtos intermediários da digestão anaeróbia dos resíduos, como ácidos orgânicos voláteis e substâncias químicas, como metais pesados e organoclorados originados do descarte de agrotóxicos e inseticidas (CASTILHOS JÚNIOR, 2006), causadores de significativos impactos ambientais.

A incorreta disposição final dos resíduos sólidos, além de provocar poluição do solo, colabora para a poluição do ar e das águas, em função dos subprodutos gerados. A poluição do ar ocorre pelo espalhamento dos resíduos e, principalmente, pela emissão de gases para atmosfera; já a poluição do solo e das águas acontece por meio de fenômenos naturais como lixiviação, percolação, arrastamento e solução no solo, fazendo com que os líquidos lixiviados alcancem os fundos de vale, às margens de ruas e/ou os cursos d'água (SIQUEIRA; MORAIS, 2009). Ao escoar pelo solo, do local em que foi depositado, o chorume carrega consigo micro-organismos patogênicos e substâncias potencialmente poluidoras, presentes em sua composição, comprometendo a qualidade das águas tanto do local em que foi gerado, quanto das áreas circunvizinhas. Contudo, os impactos dessa ação na água podem ser atenuados em função das características do solo onde o líquido percola. Isso porque, dependendo das suas propriedades, os solos podem reter maiores ou menores quantitativos de líquidos em sua estrutura.

Solos arenosos, por exemplo, possuem elevada porosidade e conseqüentemente, maior permeabilidade, favorecendo processos de arraste e lixiviação. Já solos argilosos possuem menor permeabilidade e favorecem a adsorção de metais em sua superfície, em função da maior capacidade de troca catiônica (KORF et al., 2008), apresentando-se, portanto, como o solo mais adequado para fins de utilização como ambiente de disposição final de RSU. No município de Pinheiro – MA, a ausência de um local ambientalmente correto para disposição final dos RSU faz com que os resíduos gerados pela população sejam encaminhados para o lixão da cidade, favorecendo a contaminação do solo e das águas subterrâneas, localizadas no entorno da área de disposição final. Este problema se torna ainda mais preocupante, em função do grande número de famílias que moram na região próxima ao lixão e são abastecidas por poços artesianos e/ou desenvolvem técnicas agrícolas para plantio.

Neste contexto, conhecer as características do solo, localizado na área do lixão, permite entender sua capacidade de retenção de contaminantes, bem como os mecanismos através dos quais, os líquidos se dispersam em seu interior, e assim, alertar a população e o poder público sobre os riscos ambientais e a saúde pública existentes naquele local e em suas proximidades. Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de analisar as características do solo, localizado na área do lixão da cidade de Pinheiro –MA, verificando a influência desse solo na atenuação dos impactos causados pela lixiviação do chorume, nos corpos de água existentes no entorno da área de disposição final.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A atenuação do solo, também chamada de remediação natural é utilizada como uma estratégia de gerenciamento de áreas contaminadas, baseada em mecanismos desenvolvidos pela própria natureza para promover o retardamento e o controle de frentes de contaminação, por meio de processos físicos, químicos e biológicos. Estudos realizados por Corseuil e Marins (1997), demonstraram que tais processos limitam o transporte dos contaminantes e, portanto, reduzem a

extensão de contaminações, estando tal redução associada à afinidade das interações que ocorrem entre o solo e a solução nele inserida. As principais formas de atenuação da contaminação do solo estão incluídas nos seguintes mecanismos básicos: físico (filtração, difusão e dispersão, diluição e absorção); químico (precipitação/dissolução, adsorção/dessorção, complexação, troca iônica e reações de redox); e microbiológico (biodegradação aeróbia e anaeróbia) (HAMADA; CALÇAS; GIACHETI, 2004), sendo a força de interação e a predominância de um mecanismo sobre outro controlado pelos constituintes específicos do solo.

A composição do solo, de fato, é determinante para eficiência dos processos de atenuação, uma vez que a natureza da barreira que pretende limitar e controlar a migração dos contaminantes poderá favorecer ou não a sua expansão no ambiente de dissolução. Barreiras de solo, contendo argilominerais em quantidade suficiente para produzir baixa permeabilidade são uma alternativa eficiente para evitar a rápida migração de percolados em ambientes de disposição final de resíduos sólidos (CRISTENSEN et al., 2001), sendo os solos argilosos indicados para utilização nesses ambientes, como meio de proteção ambiental capazes de reter os elementos poluentes que os permeiam. Contrariamente, em ambientes de aterros sanitários a aplicação de solos arenosos é descartada em função da elevada porosidade que estes possuem, configurando alta permeabilidade de líquidos ao longo dos horizontes do solo, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas adjacentes.

3. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido nas dependências físicas do Instituto Federal do Maranhão (IFMA), localizado na cidade de Pinheiro – MA. As análises das características do solo coletadas na área do lixão foram realizadas no Laboratório de Solos do Instituto. Os pontos de coleta do solo foram determinados durante a realização de visitas técnicas ao lixão, onde foram identificados os locais com maior potencial de contaminação e comprometimento da qualidade ambiental. O desenvolvimento desta pesquisa ocorreu em diferentes etapas: Visita ao lixão da cidade de Pinheiro e coleta de amostras do solo; Preparação das amostras para análises; Realização das análises laboratoriais; Análise e discussão dos resultados.

3.1 Visita ao lixão do município de pinheiro e coleta de amostras do solo

As visitas ao lixão ocorreram entre os meses de novembro de 2017 e maio de 2018, no período matinal. Para tal realização, o *Campus* Pinheiro do IFMA forneceu toda a estrutura logística, disponibilizando carro e equipamentos necessários à coleta de amostras: trado, bacia, martelo, enxada, colher de pedreiro, sacos plásticos, além dos Equipamentos de Proteção Individual (Figura 1).

Figura 4. A. Equipamentos utilizados para coleta do solo; B. Coleta sendo realizada na área do lixão da cidade de Pinheiro – MA; C. Material coletado.



3.2 Preparação das amostras para análises

Após coletadas no lixão, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos do IFMA, *Campus Pinheiro*, a fim de serem iniciadas as análises laboratoriais de classificação granulométrica do solo. Antes do início destas análises, foi feito o desmanche parcial dos torrões presentes no solo e a sua homogeneização e submissão da amostra ao processo de secagem no sol, a fim de remover a umidade presente na amostra e facilitar o processo de separação dos grãos. Neste processo, aproximadamente 5.000 g de amostra ficaram expostas à radiação solar, e a cada intervalo de 1 h foram pesadas até a completa remoção da umidade e obtenção de peso constante. Antes do início do processo de peneiramento do solo, foi realizado o quartejamento, com vistas a obter-se uma amostra representativa de aproximadamente 1.000 g, a ser utilizada no processo de peneiramento.

3.3 Realização das análises laboratoriais

3.3.1 Granulometria do solo

Após a obtenção do quantitativo de 1.000 g, iniciou-se o processo de análise granulométrica de solo, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 7181 (ABNT, 1984c). O procedimento experimental consistiu em passar o solo numa série de peneiras de diâmetros variados, a fim de determinar sua distribuição granulométrica, ou seja, a porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos representa na massa seca total utilizada para o ensaio. Na realização do ensaio, as peneiras foram colocadas umas sobre as outras, com as aberturas das malhas crescendo de baixo para cima (Figura 2). Embaixo da peneira de menor abertura foi colocado o recipiente que recolhe os grãos que por ela passam. Em cima da peneira de maior abertura foi colocada a tampa para que se evite a perda de partículas no início do processo de agitação manual.

Figura 5. A. Peneiras com as aberturas das malhas crescendo de baixo para cima; B. Peneiramento da amostra de solo; C. Perfil do solo após peneiramento.



Após o processo de peneiramento, o quantitativo de solo retido em cada peneira foi pesado para posterior análise da distribuição granulométrica e determinação do percentual de cada tipo de grão presente na amostra. Importante ressaltar que a determinação da granulometria do solo pode ser feita apenas por peneiramento, identificação dos grãos maiores, ou por peneiramento e sedimentação, e identificação de todos os grãos. Nesse estudo, em função da ausência de equipamentos adequados para realização do processo de sedimentação, foi feito apenas a determinação dos grãos por peneiramento, ou seja, aqueles que ficam retidos na peneira de 0,075 mm.

3.3.2 Limite de liquidez e plasticidade

O ensaio do limite de liquidez consiste em determinar o teor de umidade presente no solo, em um aparelho denominado Casagrande (Figura 3A), marcando a transição do estado plástico do solo para o estado líquido, conforme metodologia estabelecida pela NBR 6459 (ABNT, 1984a). Já o limite de plasticidade segue requisitos metodológicos da NBR 7180 (ABNT, 1984b). Seu procedimento consistiu em transformar uma porção de massa do solo num cilindro de 10 cm de comprimento e 3 mm de diâmetro, através do seu rolamento em uma placa de vidro (Figura 3B).

Figura 6. A. Aparelho Casagrande contendo solo para determinação do limite de liquidez. B. Formação do cilindro na realização do limite de plasticidade.

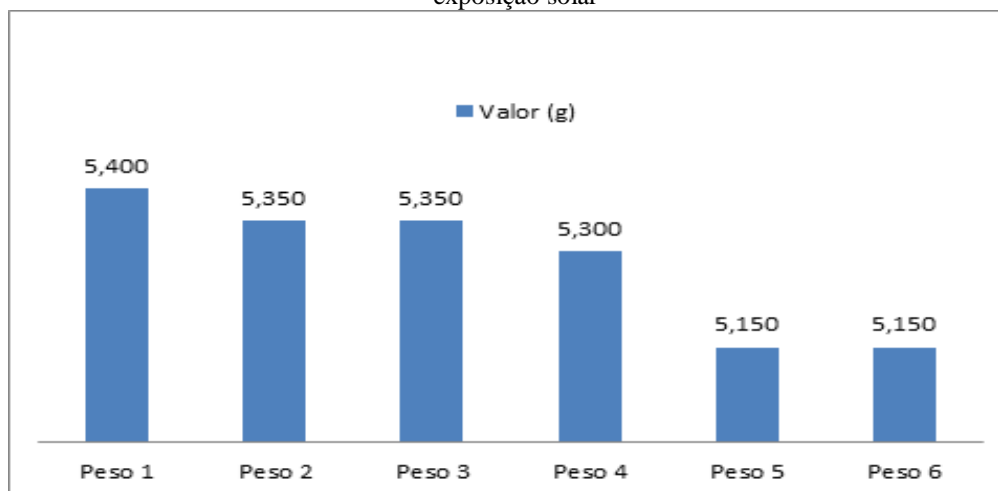


4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Umidade do solo

As amostras de solo foram coletadas em diferentes períodos: novembro de 2017, fevereiro de 2018 e maio de 2018. Em função da presença de chuvas, característica do primeiro semestre de cada ano na cidade de Pinheiro – MA, as amostras coletadas em fevereiro e maio de 2018 apresentaram um maior teor de umidade na composição dos grãos, quando comparadas com aquelas coletadas em novembro de 2017. Contudo, após o processo de secagem as amostras passaram a apresentar semelhanças entre si. O teor de água presente na amostra coletada em novembro de 2017 sofreu uma redução, após submetida ao processo de secagem ao sol, durante o período de 6 horas: inicialmente, o peso da amostra era 5.400 g e após exposição solar, esse peso reduziu para 5.150 g. Isso ocorre, pois, ao expor a amostra ao sol, a radiação aquece os grãos, assim como o ar circundante e, desta forma, aumenta a taxa de evaporação da água, reduzindo o peso do solo. Tal redução também foi observada nas amostras de solo coletadas em fevereiro e maio de 2018, quando seu peso variou de 5.870 g para 4.985 g e de 5.530 g para 4.884 g (Figura 4).

Figura 7. Redução do teor de água presente na composição do solo, coletado em novembro de 2017, após exposição solar



4.2 Análise granulométrica do solo

A primeira coleta do solo, localizado na área do lixão da cidade de Pinheiro – MA, foi realizada no dia 09 de novembro de 2017, e suas análises apenas no dia 16 de novembro do mesmo ano. Já as demais coletas do solo ocorreram em 05 de fevereiro e 22 de maio de 2018, com suas análises em 20 de fevereiro de 2018 e 11 de junho, respectivamente. A ausência da realização imediata das análises se deu em função da indisponibilidade do laboratório e dos equipamentos necessários à sua realização, uma vez que estes eram utilizados para ministração de aulas no *campus*. Após processo de quarteramento e obtenção de amostras representativas de 1.000 g, foi realizado o peneiramento e a classificação dos grãos. As três amostras de solo que passaram pelos ensaios de granulometria apresentaram resultados semelhantes. Até a peneira de 19 mm, o percentual passante foi de 100%, mostrando que todos os grãos apresentaram granulometria inferior a este diâmetro (Tabela 1).

Tabela 4. Análise granulométrica do solo

ENSAIO ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AMOSTRA DE SOLO 1 – NOVEMBRO 2017			
PENEIRAS (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	PASSANTE (%)
76,0	0,00	0,00	100,00
37,0	0,00	0,00	100,00
32,5	0,00	0,00	100,00
25,0	0,00	0,00	100,00
19,0	6,90	0,69	99,31
9,5	57,00	5,70	94,30
4,8	139,10	13,91	86,09
2,0	129,70	12,97	87,03
1,2	126,20	12,62	87,38
0,6	106,20	10,62	89,38
0,42	102,00	10,20	89,80
0,25	40,90	4,09	95,91
0,15	48,70	4,87	95,13
0,075	91,20	9,12	90,88
FUNDO	146,60	14,66	85,34
TOTAL	994,50	99,45	

ENSAIO ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AMOSTRA DE SOLO 2 – FEVEREIRO 2018			
PENEIRAS (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	PASSANTE (%)
76,0	0,00	0,00	100,00
37,0	0,00	0,00	100,00
32,5	0,00	0,00	100,00
25,0	0,00	0,00	100,00
19,0	0,00	0,00	100,00
9,5	74,20	7,42	92,58
4,8	173,21	17,32	82,68
2,0	175,80	17,58	82,42
1,2	111,30	11,13	88,87
0,6	91,40	9,14	90,86
0,42	77,80	7,78	92,22

0,25	31,50	3,15	96,85
0,15	42,00	4,20	95,80
0,075	93,50	9,35	90,65
FUNDO	127,60	12,76	87,24
TOTAL	998,31	99,83	

ENSAIO ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AMOSTRA DE SOLO 3 – MAIO 2018			
PENEIRAS (mm)	PESO RETIDO (g)	RETIDO (%)	PASSANTE (%)
76,0	0,00	0,00	100,00
37,0	0,00	0,00	100,00
32,5	0,00	0,00	100,00
25,0	0,00	0,00	100,00
19,0	0,00	0,00	100,00
9,5	14,60	1,46	98,54
4,8	162,10	16,21	83,79
2,0	210,50	21,05	78,95
1,2	125,50	12,55	87,45
0,6	102,80	10,28	89,72
0,42	69,70	6,97	93,03
0,25	32,90	3,29	96,71
0,15	12,09	1,21	98,79
0,075	22,00	2,20	97,80
FUNDO	147,00	14,70	85,30
TOTAL	899,19	89,92	

A maioria dos grãos ficaram retidos nas peneiras com diâmetros entre 4,8 e 0,42 mm, indicando a presença de brita (diâmetros dos grãos variando entre 4,8 mm e 76 mm), seguido de uma maior fração de areia (grossa e média) na composição das amostras, variando entre 46 e 50%. De acordo com Pinto (2000), os limites das frações de solo pelo tamanho dos grãos para areia grossa e média variam entre 4,8 e 0,3 mm. A classificação de areia fina varia entre 0,05 e 0,3 mm. Nas amostras avaliadas os percentuais deste grão foram de aproximadamente 18, 17 e 7% para as amostras 1, 2 e 3, nesta ordem. Na peneira de 0,075 mm, menor diâmetro da série, os percentuais passantes foram de aproximadamente 15, 13 e 15% respectivamente, mostrando que esses percentuais indicam a fração de silte e argila presente no solo. Em função da ausência das análises de sedimentação não é possível quantificar essas frações isoladamente.

De maneira geral, a maior fração de grãos é quem determina o tipo de solo presente na área de estudo. No ambiente do lixão da cidade de Pinheiro – MA, a presença de um solo com maiores percentuais de areias torna-se fator preocupante, uma vez que a elevada porosidade que estes possuem, configura alta permeabilidade de líquidos ao longo dos horizontes do solo, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas adjacentes. De acordo com Cristensen et al. (2001), solos com elevadas quantidades de argilominerais favorecem processos de atenuação da poluição e/ou contaminação do solo, uma vez que, ao produzirem baixa permeabilidade evitam a rápida migração de líquidos percolados, como é o caso do ambiente de disposição final de resíduos sólidos, sendo os solos argilosos indicados para utilização, nestes ambientes, como meio de proteção ambiental capazes de reter os elementos poluentes que o permeiam. Importante ressaltar, que embora o quantitativo de solo utilizado inicialmente no processo de análise de grãos, tenha sido de 1000 g, ocorreram perdas ao longo do processo de peneiramento e/ou pesagem do solo, resultando em um quantitativo menor ao término do processo, 994,5 g na amostra 1, 998,31 g na amostra 2 e 899,19 g na amostra 3.

4.3 Limite de liquidez e limite de plasticidade do solo

A realização dos testes de limite de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) permite observar, a partir da variação de umidade, o comportamento das partículas do solo, no que tange aos movimentos de retração e expansão. Isso é importante, pois tais movimentos podem provocar fissuras no solo, favorecendo a penetração da água, além da perda de resistência, ocasionando recalques. Assim, o entendimento destes parâmetros, nesta pesquisa, favorece a compreensão do movimento dos líquidos percolados no solo (Tabela 2).

Tabela 2. Limite de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade dos solos coletados na área do lixão da cidade de Pinheiro - MA.

SOLO	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Novembro 2017	35,4	28,6	6,8
Fevereiro 2018	35,1	27	7,1
Mai 2018	43,6	20	23,6

Observam-se valores diferenciados, para o LL e o LP, nas amostras de solo coletadas na área do lixão, e conseqüentemente no índice de plasticidade. Os valores obtidos através dos ensaios do LL representam a umidade do solo no qual ele perdeu sua capacidade de fluir, ou seja, o solo muda do estado líquido para o estado plástico. Esses valores foram semelhantes para amostras coletadas nos meses de novembro e fevereiro e mais elevado na amostra de junho. Tal fato pode estar associado à época do ano em que este solo foi coletado, período de chuva que contribui para presença de um maior teor de água na amostra. O LP, teor de umidade no qual o solo começa a se fraturar quando moldado, também apresentou valores diferenciados com comportamento semelhante. A realização dos ensaios de LL e LP do solo é importante, a fim de que se conheçam suas peculiaridades e possa-se identificar o melhor fim a qual ele pode ser utilizado, bem como as cargas por ele suportadas. De acordo com Souza, Rafull e Vieira (2000) solos que apresentam, em sua forma textural, alta porcentagem de finos, são muito influenciados pela umidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica, causando grandes variações nas suas propriedades plásticas. Assim, caracterizá-los apenas por análise granulométrica é insuficiente.

O indicador da plasticidade (IP) do solo, expresso pela diferença entre o LL e LP, apresentou-se baixo nas amostras coletadas em novembro de 2017 e fevereiro de 2018, (6,8 e 7,1%, respectivamente) e mais elevado na amostra de junho (23,6%). Fiori e Carmignani (2001) relatam que índices baixos de LL são dados para solos arenosos ($IP < 7$), visto que é condicionado pela presença de argilomineral e de sua ausência nas areias e maiores para argilosos ($IP > 15$). Isso porque, solos argilosos possuem uma elevada capacidade de reter água, assim, quanto mais água é adicionada nesse tipo de solo, mais líquido ele retém, tornando-se uma massa pegajosa, passando para a fluidez. IP baixos, em novembro e fevereiro, indicam a alta presença de sedimentos arenosos na massa do solo, corroborando com os dados de granulometria, uma vez que a areia consegue absorver elevada umidade em função do grande número de vazios existentes entre suas partículas. Tal fator favorece o agravamento da poluição e/ou contaminação na área do lixão, devido à maior capacidade de infiltração do chorume. Na coleta de maio/junho o IP elevado pode estar associado ao acúmulo de chuvas que caiu na região e ao conseqüente carreamento das partículas mais superficiais, além da compactação do solo, ocorrida em função da passagem constante dos caminhões para descarregamento dos resíduos sólidos na área próxima ao ponto de coleta.

4.4 Impactos à saúde pública e ao meio ambiente do lixão da cidade de pinheiro – ma

Embora a responsabilidade sobre os RSU seja de competência das prefeituras, e apesar da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) ter estabelecido prazo limite para a eliminação dos lixões e, conseqüente criação de formas de disposição final ambientalmente corretas, a fim de evitar a contaminação da água, do ar, do solo e principalmente do lençol freático, nada foi feito, em relação ao cumprimento desta lei no município de Pinheiro – MA. Os resíduos sólidos urbanos

coletados no município são encaminhados em caminhões caçamba ao lixão, inclusive os resíduos hospitalares, contribuindo para agravamento do seu potencial tóxico e aumentando o risco à saúde dos catadores e dos agentes de limpeza urbana que trabalham sem nenhum equipamento de segurança individual. Porto (2004) afirma que não se deve ignorar os riscos existentes no trabalho de catação, visto que estes podem gerar lesões permanentes ou mesmo óbito aos trabalhadores.

Ao longo de toda a pesquisa, pôde-se observar, através das visitas realizadas ao lixão, impactos significativos causados no ambiente devido à disposição final dos resíduos, além da intensificação dos processos erosivos e de compactação nas áreas de acesso ao vazadouro; sendo identificar também a presença de líquidos lixiviados e urubus, animais que fazem de ambientes poluídos seus locais de habitação. Segundo Basen (2011), os resíduos sólidos urbanos, quando destinados de forma incorreta, geram graves problemas ambientais e de saúde, além de criar ambiente propício para a proliferação de macro vetores (cachorro, gato, ratos, urubus e pombos) e micro vetores (mosca, mosquito, bactérias e fungos) causadores de doenças.

A má gestão dos resíduos sólidos proporciona o seu espalhamento, e ocasiona a poluição do solo, alcançando fundos de vale, às margens de ruas ou cursos d'água. Essas práticas habituais podem provocar, entre outras coisas, contaminação de corpos d'água, pelo chorume, assoreamento, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças. Some-se a isso a poluição visual, mau cheiro e contaminação do ambiente (MUCELIN; BELLINI, 2008). Fator preocupante a presença do lixão na cidade são as águas utilizadas pelas famílias que moram naquela área. Todas utilizam águas provenientes de poços artesianos, que possuem em elevado risco de contaminação em função das características do solo onde o lixão está inserido. O elevado percentual de areia, na composição do solo, presente na área do vazadouro a céu aberto, torna este ambiente propício ao desencadeamento dos processos de infiltração e percolação do chorume, contribuindo para alteração da qualidade das águas presentes nos poços.

Moradores relatam frequentes problemas dermatológicos e de mal estar, ocasionados por doenças causadas por patógenos (vírus, bactérias, protozoários e helmintos), ocasionadas pela ingestão dessas águas. Além disso, a exposição a poeira e gases presentes no lixão, seja pelo próprio processo de degradação dos resíduos sólidos, que tem os gases como subproduto da sua decomposição, seja pela fumaça resultante da queima proposital dos resíduos pelos catadores, também é fator agravante à qualidade do meio ambiente e à saúde da população. De acordo com Sissino (2000), a queima dos resíduos sólidos pode contribuir para a redução da biota do solo, redução da capacidade de sustentação da fauna, redução da biodiversidade nativa e alteração da paisagem, causando impacto visual. Além de alterações na qualidade do ar, em virtude do lançamento de gases causadores do efeito estufa.

5. CONCLUSÕES

O solo localizado na área do lixão da cidade de Pinheiro – MA é considerado arenoso. Os corpos de águas localizados próximos à área do lixão apresentam potencial de contaminação, em função das características do solo que possibilita a infiltração do chorume. A ausência de programas e ações de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, por parte do poder público, contribui para o agravamento de problemas ambientais e de saúde pública. A população que reside no entorno da área do lixão vive em eminente situação de risco.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1984a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro 1984b.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solo – análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984c.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984d.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília DF, 02 ago. 2010.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. 2011. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. ABES. Rio de Janeiro - RJ - Brasil, p. 494, 2006.

CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave? **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 50-54, 1997.

CHRISTENSEN, T. H.; KJELDSSEN, P.; BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, HJ.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. **Applied Geochemistry**, v. 16, n. 7/8, p. 659-718, 2001.

FIORI, A. P.; CAMIGNANI, L. **Fundamento de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. Recife: Editora UFPE, 2001.

HAMADA, J.; CALÇAS, D. A. N. Q. P.; GIACHETI, H. L. Influência da compactação de um solo arenoso na infiltração e retenção de carga orgânica de chorume. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 9, n. 3, p. 180-186, 2004.

KORF, E. P.; MELO, E. F. R. Q.; THOMÉ, A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Retenção de metais em solo da antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo – RS. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 43-60, 2008.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 211-217, 2004.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3ª ed.. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

PORTO, M. F. S.; JUNCA, D. C. M.; GONÇALVES, R. S.; FILHOTE, M. I. F. Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 6, p. 1503-1514, 2004.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.14, n.6, p. 2115-2122, 2009.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos Sólidos, ambiente e saúde uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; VIEIRA, L. B. Determinação do limite de liquidez em dois tipos de solo, utilizando-se diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 460-464, 2000.

7.3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ALCÂNTARA – MA

CASTRO, Tatiana Cristina Santos de
Instituto Federal do Maranhão
tatiana.castro@ifma.edu.br

PIMENTA, Samuel Soares
Instituto Federal do Maranhão
samuelheitor77@gmail.com

PIMENTA, Ana Carolina Soares
Instituto Federal do Maranhão
karolsoares954@gmail.com

LEMOS, Jéssyca Nathyele Araújo
Instituto Federal do Maranhão
jessycanatyaraujo@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar os aspectos do meio físico natural, na área de deposição de resíduos sólidos, no município de Alcântara – MA, afim fornecer subsídios para ações eficazes voltadas para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município. A metodologia adota foi baseada em visitas *in loco* à área do Lixão do Pavão, localizado na zona rural de Alcântara, distante da sede do município cerca de 29 Km. Além disso, foram elaborados mapas temáticos dos aspectos do meio físico natural, com auxílio do software QGis. A projeção cartográfica adotada foi UTM e o DATUM SIRGAS 2000. O local é um terreno sem condições técnicas para receber resíduos sólidos. Trata-se de um lixão a céu aberto, localizado nas bordas de uma área de manancial e fundo de vale da bacia hidrográfica do rio Salgado (cerca de 60 m em relação ao nível do mar). Quanto aos tipos de solos, a área apresenta argissolos vermelho amarelo e latossolos amarelos. A geologia é caracterizada pela Formação Itapecuru. Os principais tipos de resíduos, depositados no local, coletados pela prefeitura são: resíduos de origem doméstica (50%), construção civil (15%), eletrônicos (5%), de serviços de saúde (15%) e demais tipos de resíduos (5%).

PALAVRAS-CHAVE: Poluição ambiental, Lixão do Pavão, Alcântara.

1. INTRODUÇÃO

A crescente urbanização, assim entendida, de forma genérica, como o desenvolvimento social por meio de aglomeração de pessoas, bens e serviços em cidades, com a consequente ocupação de espaços territoriais cada vez mais concentrados, tem permitido a degradação da qualidade de vida em função da geração de restos de alimentação, embalagens, atividade industrial e comercial – com sua destinação final ambientalmente inadequada e que polui o solo, cursos d'água e a atmosfera (CASTRO, 2003). Os resíduos sólidos caracterizam-se como importantes agentes causadores de degradação ambiental, pois quando dispostos no solo de forma inadequada são responsáveis pelo desenvolvimento e proliferação de vetores que transmitem doenças infecciosas de veiculação ambiental. Portanto, a geração de resíduos é atualmente um dos maiores problemas enfrentados pela civilização. A falta de locais para sua disposição e técnicas que apresentem valores elevados para seu tratamento são cada vez mais difíceis de serem implantados (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Dessa forma, de acordo com a lei nº. 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), o gerenciamento dos resíduos sólidos, que visa um conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, é uma ação indispensável para mitigar os impactos ambientais, decorrentes de décadas da precária oferta do serviço de saneamento básico, coleta e manejo de resíduos sólidos. A oferta do serviço de coleta e manejo de resíduos sólidos é uma obrigatoriedade do poder público municipal, conforme as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (lei nº. 11.445/07) (BRASIL, 2007). Sendo permitida a gestão associada, ou seja, associação voluntária entre entes federativos, por meio de convênio de cooperação ou de consórcio público para as atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana. No entanto, o que se observa é que a gestão dos resíduos sólidos não tem merecida atenção por parte do poder público e, com isso, verifica-se que a universalização – ampliação progressiva do acesso ao saneamento básico para os domicílios ocupados do país – é uma realidade distante, acarretando enorme comprometimento da saúde da população, bem como da qualidade ambiental.

O gerenciamento dos resíduos sólidos deve ser executado com base no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, um dos principais instrumentos da PNRS. Esse plano é uma condição fundamental para os municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. Porém, o que se observa por parte do poder público, novamente, é o descaso na elaboração dos planos municipais de resíduos sólidos. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), apenas 54% dos municípios possuem Plano Integrado de Resíduos Sólidos.

No Brasil, de acordo com a Organização das Nações Unidas (2016), o país descarta de maneira inadequada cerca de 80 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) todos os dias, cerca de 40% do lixo coletado. Além disso, existem 1.775 lixões a céu aberto. Esses locais acumulam resíduos de todos os tipos e origens, gerando gases que causam odores desagradáveis e provocam a intensificação do efeito estufa, além disso, nesses ambientes ocorre, principalmente, a poluição do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelo chorume produzido no processo de decomposição da matéria orgânica. No Maranhão, segundo dados do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos, elaborado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA, 2012), é gerado em média cerca de 6.650 T/dia de resíduos, o que corresponde a 0,933 Kg/hab./dia. Do total de resíduos gerados, são coletados aproximadamente 3.911 T/dia. O estado encontra-se numa situação desfavorável, quanto à destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, pois dos 217 municípios, apenas sete apresentam destinação final ambientalmente adequada, ou seja, apresentam coleta regular de resíduos e os mesmos têm como destino final, o aterro sanitário.

O principal aterro sanitário maranhense localiza-se a 60 Km de São Luís, no município de Rosário, o Aterro Sanitário da Titara, que é responsável pelo recebimento dos resíduos de toda a Região Metropolitana da Grande São Luís (RMGSL), apresentando uma área total de 190 ha, com capacidade total de recebimento de 25.788.635,00 m³ e vida útil estimada em 60 anos (SEMA, 2019). Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do estado do Maranhão, o aterro recebe, atualmente, os descartes dos municípios de Rosário, São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa, Axixá, Morros, Icatu, Bacabeira, Santa Rita, Presidente Juscelino e Cachoeira Grande, que também fazem parte da Região Metropolitana da Grande São Luís. O Titara, entretanto, possui capacidade para receber descartes das demais cidades da RMGSL, exceto Alcântara, que por sua localização geográfica não utiliza o Aterro da Titara para o descarte de seus resíduos sólidos, que é feito em um terreno, na comunidade Pavão, na zona rural do respectivo município. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar os aspectos do meio físico natural da área de disposição inadequada de resíduos sólidos em Alcântara, Maranhão, com base no uso de ferramentas geotecnológicas, visitas *in loco*, levantamento de dados primários e secundários acerca da temática gerenciamento de resíduos sólidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a PNRS, lei nº. 12.305/2010, considera-se resíduos sólidos todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido. A NBR 10.004:2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduos sólidos da seguinte forma:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ANBT, 2004).

Ainda, de acordo com a referida norma, a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou a atividade que lhes deu origem, bem como seus constituintes e suas características. Segundo a NBR 10.004:2004, os resíduos são classificados em: Resíduos Classe I – Perigosos; Resíduos Classe II – Não Perigosos; Resíduos Classe II A – Não Inerte e Resíduos Classe II B – Inertes. São considerados Resíduos Perigosos (Classe I) pela NBR, aqueles que apresentam periculosidade, inflamabilidade, toxicidade, reatividade e patogenicidade. De acordo com a NBR 10.004:2004, os resíduos que apresentam:

Periculosidade são aqueles que oferecem risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças, riscos ao meio ambiente (quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada); **inflamabilidade**, ou seja, ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, como resultado, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material; **toxicidade**, ou seja, potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo; **reatividade**, ou seja, ser normalmente instável, reagir de forma violenta e imediata e/ou formar misturas potencialmente explosivas com a água, gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde pública ou ao meio ambiente, quando misturados com a água; **patogenicidade**, ou seja, se o resíduo apresentar microrganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados, plasmídeos, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais (ABNT, 2004).

São considerados Resíduos Não Perigosos (Classe II A – Inertes e Classe II B – Não Inertes) aqueles resultantes de restos de alimentos (orgânicos); sucata de metais ferrosos e não ferrosos; resíduos de minerais não-metálicos; resíduos de papel e papelão; resíduos de plástico polimerizado; resíduos de materiais têxteis de demais resíduos não perigosos, excluídos aqueles contaminados ou que apresentem características de periculosidade. Os Resíduos Inertes ou Não Perigosos (Classe II A) são aqueles não solúveis em água, que não se degradam ou se decompõem muito lentamente, quando dispostos no solo. Estão incluídos neste grupo os resíduos de construção civil. Já os resíduos Não Inertes ou Não Perigosos (Classe II B) são aqueles que não se enquadram nas classificações de Resíduos Perigosos e Inertes. Além disso, são resíduos que apresentam biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Os resíduos produzidos, atualmente, passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano (GOUVEIA et al., 2019). Esses resíduos perigosos merecem cuidados especiais em seu manejo. No entanto, a todos os tipos de resíduos sólidos são indispensáveis cuidados em sua manipulação e destinação final ambientalmente adequada, conforme determina a legislação ambiental brasileira. Os Resíduos Perigosos, por exemplo, por suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental. Sendo, portanto, necessário, tratamento prévio, como por exemplo, tratamento térmico (incineração), para posterior descarte em aterros sanitários de rejeitos. Neste grupo incluem-se os resíduos de pilhas e baterias; resíduos agrotóxicos e óleos lubrificantes (incluindo suas embalagens); eletroeletrônicos; lâmpadas fluorescentes; resíduos de serviços de saúde (RSS), etc.

Para Mendes et al. (2015), os resíduos resultantes de atividades realizadas na área de saúde representam sérios problemas, quando manejados de forma inadequada, contribuindo para degradação e riscos à saúde pública. O manejo correto dos RSS está inserido no gerenciamento como um todo e contempla as etapas de segregação, acondicionamento, identificação, coleta, transporte e armazenamento interno (na unidade ou estabelecimento gerador) e coleta e transporte externos, etapas executadas extra estabelecimentos, além do tratamento e disposição final ambientalmente adequada (SANCHES et al., 2018). Os RSU, aí incluídos os domiciliares e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana poderão ser encaminhados para aterros sanitários, bem como os resíduos não perigosos (orgânicos, sucatas de metal, papel, papelão, dentre outros), que também poderiam ser destinados à reciclagem. Porém, a grande maioria, assim, como os demais tipos de resíduos sólidos, é enviada aos aterros controlados ou lixões a céu aberto. Os lixões continuam sendo os principais destinos utilizados pelos municípios brasileiros para o descarte de resíduos domésticos, orgânicos ou não, distanciando o problema do lixo das residências e seu entorno (CARDOSO; CARDOSO, 2016).

A disposição final dos RSU em áreas de lixão provoca sérios impactos ambientais negativos, sendo uma forma inadequada de disposição, pois não são adotados critérios técnicos, no preparo do terreno. O lixo é descarregado diretamente sobre o solo, sem qualquer tratamento prévio, colocando em risco de contaminação o ambiente e a saúde da população (MENDONÇA; ZANG; FONSECA-ZANG, 2017). Diariamente, são coletadas no Brasil entre 180 e 250 mil toneladas de RSU. Observa-se ainda que a produção de resíduos está em franca ascensão, com crescimento estimado em 7% ao ano, valor bastante superior ao 1% anual observado para o crescimento da população urbana no país recentemente (GOUVEIA et al., 2019). Do total de resíduos sólidos produzidos diariamente no país, boa parte não possui destinação sanitária e ambientalmente adequada. Embora tenha ocorrido relativo progresso nas últimas décadas, no que diz respeito ao gerenciamento desses materiais no Brasil. O gerenciamento de resíduos sólidos deve obedecer a ordens de prioridades, conforme determina a PNRS:

 Não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Ainda, de acordo a PNRS a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos; etapas que envolvem o

desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final; deve ser compartilhada pelos geradores de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O gerenciamento de resíduos visa uma gestão integrada de resíduos sólidos, com base no conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social. Para Klein, Gonçalves-Dias e Jayo (2018) a gestão integrada de resíduos sólidos baseia-se nos princípios do desenvolvimento sustentável, além disso, busca necessária flexibilidade e especificidade das condições locais. Ainda, segundo os autores, a gestão integrada de resíduos busca soluções sistêmicas baseadas em princípios que permitam o desenvolvimento de soluções adequadas e compatíveis com a realidade e a necessidade dos municípios brasileiros.

De acordo com Oliveira e Galvão Júnior (2016), a gestão dos resíduos sólidos no Brasil encontra-se em momento diferenciado, proporcionado pelos marcos regulatórios, a lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico e pela lei que institui a PNRS. As autoras destacam que esses marcos regulatórios trouxeram componentes essenciais para o gerenciamento dos resíduos sólidos, tais como a exigência de elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico, que devem conter metas de universalização para esses serviços; a responsabilidade do planejamento na esfera federal, por meio do Plano Nacional do Saneamento Básico, ao qual estão incorporadas metas para o manejo adequado dos RSU em todo o país; diretrizes gerais aplicáveis a todos os tipos de resíduos sólidos, salvo os radioativos, e cria novo modelo de gestão dos resíduos com oportunidades de desenvolvimentos econômico e social, além de determinar o encerramento dos lixões em todo o Brasil.

Sabe-se que o Brasil está longe de alcançar todas as metas propostas pelos marcos regulatórios supracitados, mas é inquestionável que esses instrumentos apresentaram conceitos inovadores e propostas viáveis de ações eficazes, no tocante à gestão dos resíduos sólidos, como por exemplo, a articulação entre os entes federados e a busca de cooperação federativa visando um planejamento mais competente. Destaca-se, ainda, a importância do fortalecimento de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, como alternativa socioambiental, no gerenciamento de resíduos sólidos. Gouveia et al. (2019) afirma que esse grupo vem realizando um trabalho de grande importância ambiental, contribuindo significativamente para o retorno de diferentes materiais para o ciclo produtivo, gerando economia de energia e de matéria-prima, e evitando que diversos materiais sejam simplesmente destinados a aterros. O manejo adequado dos resíduos sólidos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim, como de promoção e proteção da saúde. O processo de gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil apesar de apresentar instrumentos legais norteadores, com vistas à promoção do desenvolvimento sustentável, ainda está longe de alcançar a transparência, a participação, a universalização, o controle socioambiental e econômico necessário. Ainda, há uma enorme carência na participação mais efetiva e apropriação da sociedade, no que tange o gerenciamento dos resíduos sólidos, ou seja, na oferta de serviços de saneamento básico.

Siqueira et al. (2017) sustenta que a falta de saneamento acarreta diversos impactos negativos sobre a saúde da população, pois além de prejudicar a saúde individual, eleva os gastos públicos e privados em saúde com o tratamento de doenças. A precariedade no serviço de saneamento básico (coleta e manejo de resíduos sólidos) não é uma exclusividade deste serviço. Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas; abastecimento de água potável e sistema de coleta e tratamento de esgoto são serviços de saneamento básico, que, assim como a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos estão longe de alcançar um patamar mínimo do conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais necessários para atender, com dignidade a população. A precariedade ou a completa falta da oferta desses serviços de saneamento básico comprometem a sustentabilidade ambiental das cidades brasileiras.

Para Rosa, Diaz-Becerra e Lunkes (2016), a sustentabilidade ambiental em cidades tem se tornado uma discussão mundial realizada pela academia e pela sociedade devido aos problemas

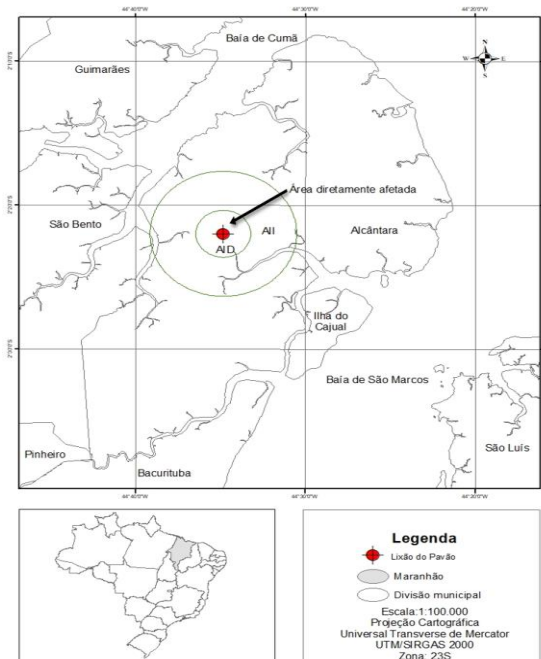
ambientais enfrentados nas últimas décadas, como reflexo do aumento da população e do uso indiscriminado dos recursos naturais. Os autores destacam como problemas ambientais a escassez de água potável; a contaminação de lençóis freáticos, bem como doenças associadas às más condições ambientais. Tal fato é o resultado de décadas de tentativas de ações que buscam melhorias das condições ambientais, mas que ainda não foram plenamente alcançadas, sendo, portanto, indispensáveis estratégias do poder público, da sociedade civil organizada, da comunidade em geral e das instituições de ensino, pesquisa e extensão em buscar soluções sustentáveis voltadas às questões ambientais, principalmente, aquelas relacionadas ao saneamento ambiental.

Propostas viáveis, como por exemplo, a construção de aterros sanitários nos municípios brasileiros e o abandono de práticas de disposição de resíduos sólidos em lixões a céu aberto são os enfrentamentos das próximas décadas. Naranjo-Gil (2016) propõe adequações e a implementação de novas políticas de sustentabilidade ambiental, além disso, acredita que seja necessário analisar mais de perto como os gestores públicos estão tomando suas decisões sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos e as questões de saneamento básico em geral, com vistas à construção de cidades sustentáveis. Outra forma de contribuição significativa são pesquisas voltadas aos estudos ambientais de áreas de disposição de resíduos sólidos. Caracterizar, avaliar e mensurar os impactos ambientais desses espaços são instrumentos de ações eficazes, utilizados como premissas básicas para adoção de medidas mitigadoras.

3. METODOLOGIA

O município de Alcântara, localizado na região norte do estado do Maranhão, ocupa uma área territorial de 1.457,90 Km². De acordo com o último Censo Demográfico, a população é de 21. 851 habitantes, com densidade demográfica de 14,7 hab/km² (IBGE, 2010). O Lixão do Pavão localiza-se nas proximidades da comunidade Pavão, a cerca de 200 metros da rodovia estadual MA 106, distante da sede de Alcântara 29 km, nas coordenadas geográficas: latitude 2°22'2.43''S e longitude de 44°34'52.74''W. Ocupa uma área diretamente afetada de aproximadamente 27.442 m² (Figura 1).

Figura 1. Mapa do local de disposição inadequada de resíduos sólidos em Alcântara – MA.



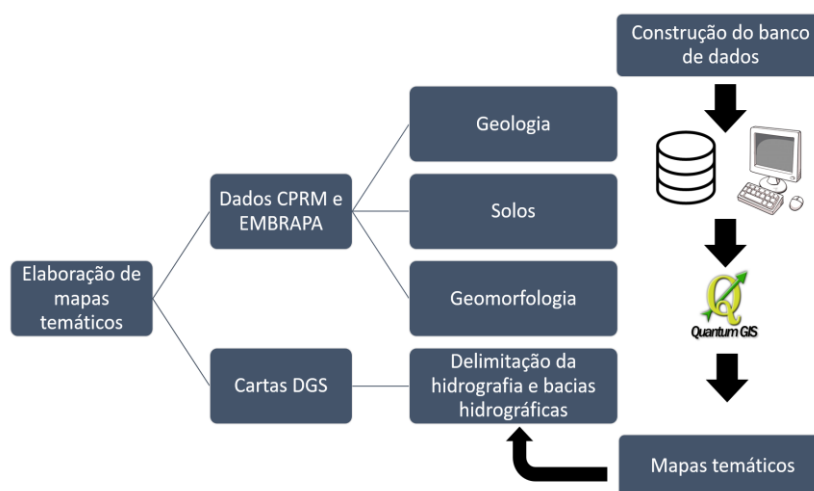
Fonte: Autores (2018).

A caracterização ambiental do local de disposição de resíduos sólidos em Alcântara foi realizada por meio de visitas *in loco*, durante o período de junho a dezembro de 2018, para identificação dos resíduos sólidos no ambiente e o registro fotográfico dos mesmos. Além disso,

foram confeccionados mapas temáticos dos aspectos do meio físico natural, com auxílio do software Quantum Gis (Qgis), versão 2.10.1. A projeção cartográfica adotada foi a Universal Transverse de Mercator (UTM), e o DATUM SIRGAS 2000.

A base de dados utilizada para a elaboração dos mapas temáticos foram arquivos shapefile da classificação dos solos, geologia e geomorfologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). As cartas topográficas da Diretoria de Serviços Geográfico do Exército – cartas DSG, na escala de 1:100.000, folhas SA. 23-Z-A-I (MI 494), SA. 23-Z-A-II (MI 495), SA.23-Z-A-IV (MI 548), SA. 23-Z-A-V (MI 549) foram utilizadas para geração da rede hidrográfica e delimitação da bacia hidrográfica da área diretamente afetada pelo Lixão do Pavão (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma metodológico de elaboração dos mapas temáticos da área do Lixão do Pavão em Alcântara – MA.

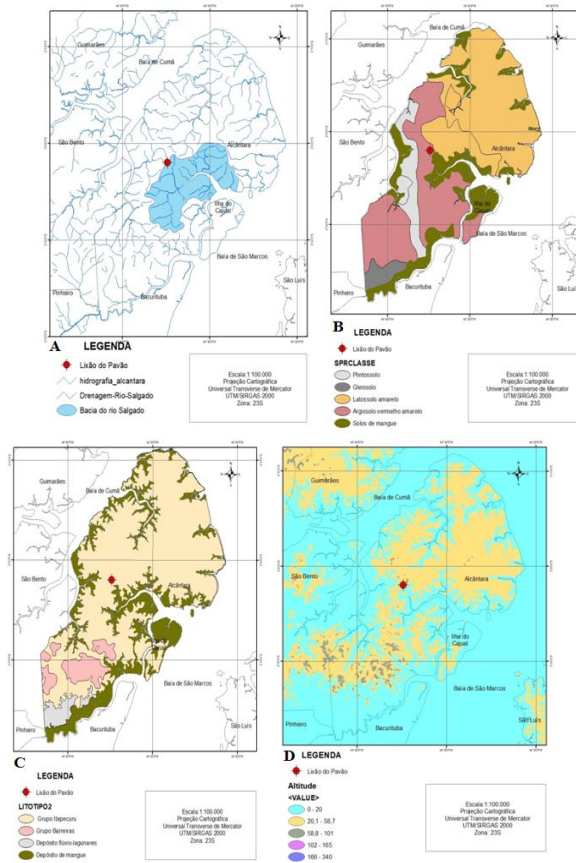


4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Lixão do Pavão está inserido na área da bacia hidrográfica do rio Salgado, próximo a uma área de manancial e fundo de vale, caracterizada como área de drenagem natural das águas pluviais (Figura 3 A). Os tipos de solos do local de disposição de resíduos sólidos são: argissolo vermelho amarelo e a latossolo amarelo (Figura 3 B). Quanto a geologia, a área do lixão do pavão, está inserida na formação geológica Itapecuru (Figura 3C). Com relação ao relevo, caracterizado pelos valores altimétricos, o local encontra-se cerca no intervalo de 20 a 58 metros em relação ao nível do mar (Figura 3D). Os argissolos vermelho-amarelos são solos medianamente profundos a profundos, moderadamente drenados, com horizonte B textual, de cores vermelhas a amarelas e textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica. Apresentam argila de atividade baixa e saturação por bases alta. Desenvolvem-se a partir de diversos materiais de origem, em áreas de relevo plano a montanhoso. Já os latossolos amarelos são solos bastante uniformes em termos de cor, textura e estrutura; são profundos e muito profundos, bem drenados, com predominância de textura argilosa e muito argilosa (EMBRAPA, 2006).

As características dos tipos de solos, na área do Lixão do Pavão favorecem a contaminação do solo em virtude do processo de infiltração do chorume e a percolação dele nas camadas do subsolo, podendo, inclusive, alcançar os lençóis freáticos. A contaminação do solo, causada pela disposição irregular dos resíduos no Pavão, é algo inevitável, pois os resíduos, provenientes da coleta pública, realizada na sede de Alcântara e alguns povoados próximos à sede, são depositados no solo sem nenhum tipo de cuidado ou preparo da área. Trata-se de um lixão a céu aberto, onde se observa a presença de resíduos domésticos, da construção civil e de serviços de saúde (Figura 4). Além disso, há presença de animais, como: urubus e cachorros e gatos abandonados.

Figura 3. A. Mapas temáticos da rede hidrográfica e bacia de drenagem; B. solos; C. geologia; D. altimetria, da área do Lixão do Pavão em Alcântara – MA.



Fonte: Autores (2018).

Figura 4. Tipos de resíduos dispostos na área do Lixão do Pavão em Alcântara – MA.



Nota: A. B. resíduos sólidos não perigosos de origem urbana; C. resíduos sólidos não perigosos de origem urbana na borda do talude em direção à área de manancial e fundo de vale; D. E. resíduos sólidos perigosos de origem de serviços de saúde; F. resíduos sólidos inertes de origem da construção civil em meio a resíduos orgânicos.

A falta de preparo do terreno do lixão para receber os resíduos sólidos é um grave problema, pois prejudica o meio ambiente com a contaminação do solo; águas subterrâneas; alteração da paisagem natural, com perda de vegetação e proliferação de vetores de doenças de veiculação ambiental. Além disso, a disposição inadequada de resíduos sólidos é também um grave problema social, pois favorece condições sub-humanas para os catadores de resíduos, que sobrevivem da coleta do material descartado de valor econômico no lixão. Esses sujeitos são exemplo da ausência do poder público, que não busca soluções efetivas e soluções sustentáveis consistentes para erradicar os lixões a céu aberto. Lins et al. (2018) comparam a contaminação das águas subterrâneas por chorume gerado em lixões com a contaminação causada por outras fontes antrópicas, tais como atividades industriais, fossas sépticas, redes de esgotos, postos de armazenamento de combustíveis e cemitérios. Este último, os autores destacam como uma fonte de contaminação silenciosa e de difícil identificação, além disso, os autores afirmam que as necrópoles, assim como os aterros controlados e lixões enterram matérias orgânicas e inorgânicas, carregadas de bactérias e vírus causadores de doenças, colocando em risco o meio ambiente e a saúde pública.

Por conta das características pedológicas do Lixão do Pavão, que permitem a infiltração do chorume no subsolo sem grandes barreiras, acredita-se que os mananciais subterrâneos, constituídos pela Formação Itapecuru estejam comprometidos naquela localidade. No entanto, estudos para avaliar as condições de qualidade ambiental das águas subterrâneas são indispensáveis, pois somente, assim, se pode afirmar categoricamente, o quanto as águas subterrâneas estão contaminadas. O termo Itapecuru foi inicialmente utilizado por Lisboa (1914) apud Castro (2006). O autor denominou de camadas Itapecuru os sedimentos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpercatas, ao norte da cidade de Pastos Bons, posicionando-os, com dúvidas, no Permiano. Lovato et al. (1995) apud CPRM (2000) afirmaram que, levando em consideração as diversas litofácies desta formação, aflorante na porção setentrional da Bacia do Parnaíba, a deposição dos sedimentos se deu em um ambiente transicional de provável planície sublitorânea. Price (1947) apud CPRM (2000), identificou a Formação Itapecuru na Ilha de Livramento, em frente à cidade de Alcântara, que indicaram idade posterior ao Triássico e anterior aos sedimentos Barreiras, do Terciário. De acordo com o Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil da CPRM, a Formação Itapecuru encontra-se em áreas restritas na base de falésias na cidade de Alcântara.

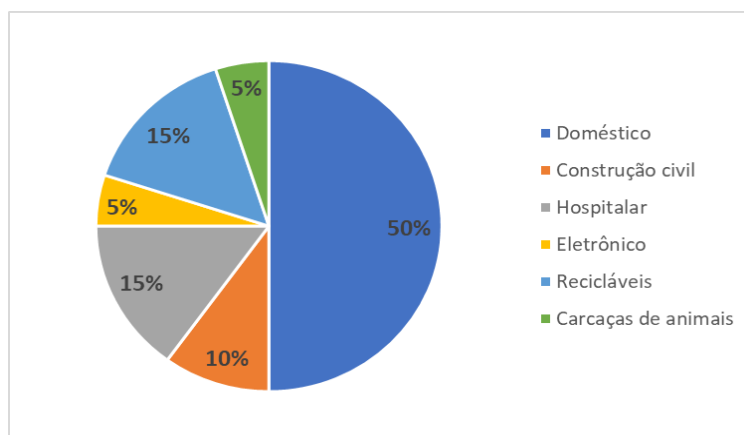
A disposição de resíduos sólidos no Pavão, aí incluídos os resíduos de serviços de saúde, é um grave problema de saúde pública. A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº. 358/2005 (CONAMA, 2005), que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos de serviços de saúde, determina que este tipo de resíduo, considerado perigoso, conforme a classificação da ABNT, a NBR 10.004:2004, deverão passar por processos e procedimentos que alteram as suas características físicas, químicas e biológicas, a fim de reduzir os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. No caso do Lixão do Pavão, observa-se que os resíduos provenientes dos serviços de saúde são depositados a céu aberto sem nenhuma espécie de cuidado. Guterres et al. (2018) destaca que o gerenciamento dos RSS é uma obrigatoriedade do gerador, no caso, o estabelecimento. Os autores citam que hospitais devem elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), que se fundamenta no conjunto de processos de gestão, planejamento e implementação, com bases científicas e técnicas, normativas e legais que reduzam a produção de resíduos, possibilitando-lhes um destino seguro e eficiente. Portanto, os RSS jamais poderiam chegar a lixões ou aterros sanitários, uma vez que a esses tipos de resíduos é dado tratamento especial, sendo, portanto, indispensável gerenciamento adequado, com vistas a garantir o bem-estar e a saúde pública da população, bem como preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

O fato do Lixão do Pavão estar localizado na borda de um talude é outro agravante, no que diz respeito aos impactos ambientais. Sua proximidade à área de fundo de vale – local de drenagem natural das águas pluviais – causa contaminação dos mananciais superficiais, uma vez que tanto o chorume não drenado no solo, quanto os resíduos sólidos chegam aos leitos dos rios devido o processo de lixiviação do solo. Destaca-se que os fundos de vale são espaços com características físico-ambientais importantes, interagindo com diversos processos naturais que ocorrem no planeta.

Fundo de vale é o ponto mais baixo de um relevo acidentado, por onde escoam as águas das chuvas, que recebe água proveniente de todo seu entorno e de calhas secundárias.

Quanto aos tipos de resíduos sólidos dispostos no Pavão, foram identificados *in loco* resíduos domésticos, que representam o maior percentual, cerca de 50% do total; resíduos de construção civil (10%), resíduos recicláveis (15%), RSS (15%), orgânicos (carcaças de animais) 5% e resíduos eletrônicos (5%) (Figura 5). Cavalcanti et al. (2019) identificaram resíduos semelhantes dispostos em Áreas de Preservação Permanente em João Pessoa, Paraíba. Os autores destacam que é comum a disposição irregular de resíduos sólidos em lixões, na cidade e no estado da Paraíba. Sabe-se que essa prática danosa ao meio ambiente é comum em mais da metade dos municípios brasileiros. Para Holanda et al. (2018), depósitos de resíduos sólidos irregular constituem potenciais fontes de exposição para populações, acarretando danos à saúde, provocando, além disso, alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo e água, levando o ambiente à contaminação e à degradação ambiental.

Figura 5. Percentual dos tipos de resíduos sólidos, que são depositados, na área do Lixão do Pavão em Alcântara – MA.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa permitiu caracterizar os aspectos ambientais do meio físico referente à hidrologia superficial, pedologia, geologia e altimetria, na área do Lixão do Pavão, em Alcântara, Maranhão. O local é um lixão a céu aberto, fonte de contaminação, e que provoca riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Em Alcântara os resíduos sólidos são coletados pela prefeitura e dispostos na área, que apresenta relevantes aspectos ambientais, em virtude de sua proximidade com uma área de manancial e fundo de vale. São perceptíveis os impactos ambientais na área diretamente afetada pelo lixão, com alterações da paisagem natural e infiltração do chorume no solo, que contamina as águas subterrâneas e a biodiversidade local, pois a vegetação da área tem sido tomada pelos resíduos que nele se acumulam.

Assim, tornam-senecessárias medidas urgentes e estruturais, tais como a construção de um aterro sanitário em Alcântara, bem como a elaboração do Plano de Saneamento Básico, que encontra-se em andamento, para atender o que estabelece a Política PNRS. Além disso, é importante promover o isolamento e a retirada dos resíduos a céu aberto, para se evitar a continuidade da degradação ambiental, bem como projetos e implantação de Educação Ambiental nas escolas da sede e nas comunidades, criação de cooperativas no processo de reciclagem e o credenciamento dos catadores que trabalham diretamente com os resíduos sólidos. Insistir com a prática de lixão não configura apenas crime ambiental, mas um dano à saúde pública. Cabe ao poder público implementar ações como coleta seletiva, centrais de reaproveitamento de resíduos recicláveis, inclusão social das pessoas de baixa renda (catadores de resíduos) e a recuperação de áreas degradadas pela disposição inadequada dos resíduos sólidos por meio de programas ambientais. É

igualmente importante a conscientização e a sensibilização da comunidade alcantareense sobre a redução do consumo.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- BRASIL. Lei nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 05 jan. 2007.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- CARDOSO, F. C. I.; CARDOSO, J. C. O problema do lixo e algumas perspectivas para redução de impactos. **Ciência e Cultura**, v.68, n.4, 2016.
- CASTRO, D. F. **Registro de dinossauros na região da cidade de Coroatá, EO/Mesoalbio da Bacia de São Luís – Grajaú, estado do Maranhão**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- CASTRO, J. M. A. Y. **Resíduos perigosos no Direito Ambiental Internacional: sua internalização nos países do Mercosul**. Porto Alegre: Memória Jurídica, 2003.
- CAVALCANTI, M. L. C.; CRUZ, A. D.; MOURA, I. A. A.; ARAÚJO, Y. R. V. Degradação ambiental por resíduos sólidos em APP do Rio das Bombas, João Pessoa – PB. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Ambientais e Inovações Tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 72-83.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 358/2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos de serviços de saúde**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 04 mar. 2005.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Estratigrafia**. 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/sluisnese/sluisnese_estratigrafia.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- GOUVEIA, N.; BUZZO, M. L.; GROSSI, M. G. L.; SOUZA, G. F.; MUTO, E. Y. Exposição ocupacional ao mercúrio em cooperativas de triagem de materiais recicláveis da região metropolitana de São Paulo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 4, p. 1517-1526, 2019.
- GUTERRES, C. E.; COSTA, V. R. M.; BEZERRA, D. S.; GONÇALVES, I. S. Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de saúde: estudo de caso. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 451-463.
- HOLANDA, M. J. O, XIMENES, T. C. F, BATISTA, J. M.,LAFAYETTE, K. P. V. Aspectos e impactos Ambientais provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho – PE. In: SANTOS J. P. O; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S.G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: impactos Socioeconômicos e Ambientais** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2018, p. 65-75.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 7 jan. 2019.
- KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; JAYO, M. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de TIC no acesso à informação governamental.

Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 10, n. 1, p. 140-153, 2018.

LINS, E. A. M.; SOUZA, J. M.; LINS, A. S. B. M.; NUNES, T. N. M. Análise de riscos ambientais no Cemitério de Santa Paula: estudo de caso na cidade de Escada – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, 2018. p. 53-64.

MENDES, A. A.; VEIGAL, T. B.; RIBEIROS, T. M. L.; ANDRÉ, S. C. S.; MACEDO, J. I.; PENATTI, J. T.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Resíduos de serviços de saúde em serviço de atendimento pré-hospitalar móvel. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 68, n. 6, p. 1122-1129, 2015.

MENDONÇA, D. S. M.; ZANG, J. W.; FONSECA-ZANG, W. A. Efeitos e danos ambientais da disposição de resíduos sólidos na área do lixão e aterro controlado no município de Inhumas – GO. **Caderno de Geografia**, v.27, n.50, p. 486-499, 2017.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama nacional sobre gestão do lixo, destinação dos resíduos e logística reversa em estados e municípios de 2017**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informmma/item/15166-54-dos-munic%C3%ADpios-t%C3%AAm-plano-de-res%C3%ADduos.html>. Acesso em: 08 jan. 2019.

NARANJO-GIL, D. The role of Management Control Systems and Top Teams in implementing environmental sustainability policies. **Sustainability**, v. 8, n. 4, p. 359-371, 2016.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.1, p.55-64, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Desenvolvimento sustentável**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>>. Acesso em: 8 jan. 2019.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e saúde pública**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

ROSA, F. S.; DIAZ-BECERRA, O. A.; LUNKES, R. J. Saneamento básico: Análise da relação entre gastos públicos e atendimento à população em cidades brasileiras e peruanas. **Revista Científica General José María Córdova**, v.14, n.18, p.195-213, 2016.

SANCHES, A. P. M.; MEKAROL, K. S.; FIGUEIREDO, R. M.; ANDRÉ, S. C. S. Resíduos de Serviços de Saúde: conhecimento de enfermeiros da Atenção Básica. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 71, n. 5, p. 2508-2517, 2018.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão. **Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos**. Cadernos de Diagnósticos Técnicos. São Luís, 2012.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão. **Agência de notícias – ano 2019**. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/sete-cidades-da-regiao-metropolitana-ja-utilizam-aterro-de-titara-para-despejo-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SIQUEIRA, M. S.; ROSA, R. S.; BORDIN, R.; NUGEM, R. C. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010 – 2014. **Epidemiologia e Serviços Saúde**, v. 26, n. 4, p. 795-806, 2017.

7.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS EM ÁREA DESATIVADA NA ILHA DE SÃO LUÍS – MA

SILVA, Gilvanele Silva Oliveira da
Universidade CEUMA
gilvanele@hotmail.com

COSTA, Vera Raquel Mesquita
UniversidadeCEUMA
veraraquelmc@gmail.com

SILVA, Kathery de Sousa
Universidade CEUMA
katherysousa@gmail.com

GERUDE NETO, Osman José de Aguiar
Universidade CEUMA
osman@gmail.com

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos sólidos no ecossistema urbano gera diversos impactos negativos no meio ambiente. Ao se tratar de um meio receptor de resíduos urbano já desativado e que ainda recebe descarte inadequado pelos moradores o cenário se torna ainda mais alarmante. Com base nisso a presente pesquisa objetivou elaborar um diagnóstico ambiental qualitativo referente ao meio físico, biótico e antrópico da área do lixão na cidade de Raposa- MA. A metodologia proposta para a elaboração do diagnóstico ambiental foi baseada em um levantamento bibliográfico, bem como visitas de campo e foto documentação, no período de março a abril do ano de 2019. De acordo com os resultados foi possível identificar várias alterações ambientais, bem como a perda de funções ecossistêmicas no ambiente. Em relação ao meio antrópico a maior problemática socioambiental foi a proximidade que o lixão está das casas e da principal via de acesso a rua principal do bairro, deixando os moradores expostos aos riscos em relação a poluição do ambiente. Contudo o trabalho espera que os órgãos competentes estejam cientes dos problemas expostos pela pesquisa e tome as medidas necessárias para a resolução da problemática.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Diagnóstico Ambiental, Lixão desativado.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo populacional, bem como o das cidades brasileiras, vem se tornando uma problemática cada vez maior e se tornando, também, responsável por um uso cada vez maior dos recursos naturais disponíveis, o que, conseqüentemente, se converte em uma geração cada vez maior de resíduos. Entretanto, a problemática é constatada quando o resíduo sólido não tem uma destinação final adequada, dando-se o surgimento de pequenos lixões. Na Ilha de São Luís, mas precisamente no município de Raposa, o qual se destaca pela referência comercial extrativista, possuindo um ciclo contínuo de turistas durante todo o ano, há estimativas preocupantes de geração de resíduos (MELO; ALENCAR, 2018).

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil em 2017 foi de 78,4 milhões de toneladas, a qual aumentou cerca de 1% em relação a 2016, sendo que desse quantitativo, 29 milhões receberam destinação inadequada. Quanto à destinação adequada, os municípios brasileiros apresentaram comportamento estagnado em 59,1% (ABES, 2018). Dentre os fatores contribuintes para a crescente geração de resíduos, se destacam o crescimento populacional e o crescimento econômico que, concomitantemente, geram um consumo exagerado por parte da sociedade. Os resíduos sólidos urbanos são gerados de diversas formas e têm diferentes origens, desde os processos naturais até as ações antrópicas. Quando a destinação desses resíduos ocorre de forma inadequada, ficando esses expostos a processos naturais, como chuvas, ventos e ação dos microrganismos, dentre outros, é probabilístico que venham a ocasionar diversos impactos ambientais e socioambientais no ar, água, solo, flora, economia e saúde pública (GOMES et al., 2017).

Áreas caracterizadas como lixões são áreas alteradas que derivaram de atividades antrópicas. Pelos possíveis impactos que essas áreas podem causar dependendo do local onde se encontram, fazem-se necessários estudos ambientais, que podem incluir desde o diagnóstico ambiental da área, até o plano de recuperação da mesma, sendo o primeiro, uma base para a confecção e execução do segundo. É interessante a realização do diagnóstico ambiental em áreas alteradas por atividades antrópicas, pois o mesmo objetiva descrever e analisar a atual situação ambiental da referida área (GOMES et al., 2017).

No Maranhão o destaque é dado à ilha de São Luís, que possui um padrão de consumo relativamente alto, e que, apesar de possuir seis Unidades de Conservação, não possui um aterro sanitário (destinação final adequada de resíduos) fornecido pelo governo, deixando assim visíveis os impactos ambientais oriundos do descarte final do resíduo, que se apresentam de forma mais perceptível nos corpos hídricos (lagos, rios e mar), nos fundos de vale, margens de ruas e lixões. No entanto, dentre os municípios que compõem a ilha, optou-se por estudar o caso do município de Raposa, visto que é um dos pontos turísticos mais importantes da ilha, que vem sofrendo intensamente com impactos ambientais relacionados ao descaso quanto ao descarte inadequado dos resíduos. Entretanto, visto que a abrangência do lixão tem aumentado de forma consolidada numa região composta por manguezal e por moradores que dependem economicamente de atividades extrativistas, se fez necessário a elaboração de um abrangente diagnóstico ambiental qualitativo para a área de influência direta desse lixão, que venha a contribuir com pesquisas futuras voltadas à recuperação da área de implantação desta atividade no citado município. Contudo, a problemática dos resíduos associada à fragilidade ambiental, no município da ilha é de alta complexidade, tanto da parte socioambiental como da econômica. Com base no exposto, o trabalho objetivou-se em elaborar um diagnóstico ambiental qualitativo referente ao meio físico, biótico e antrópico da área do lixão no município de Raposa – MA.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gerenciamento de resíduos sólidos e crescimento populacional

O crescimento econômico e populacional, juntamente com a revolução tecnológica e urbanística, traz consigo modificações para o estilo de vida e modos de produção e consumo da população. Como resultado desse processo, tem-se o aumento da produção de resíduos sólidos, que é acompanhado por novas tecnologias incorporadas ao cotidiano, que aumentam o teor de elementos sintéticos e perigosos à saúde que, incorporados ao resíduo urbano, dificultam o seu manejo (GOUVEIA, 2012). Com o aumento populacional considerável e o crescimento das cidades, principalmente as de pequeno a médio porte, que estão ainda em fase de desenvolvimento, há o agravamento dos impactos advindos das atividades antrópicas na maioria dos setores industriais e comerciais, dentre eles o da construção civil, o gastronômico e o da agricultura (CBIC, 2015).

Seguindo essa premissa, Gouveia (2012) ainda comenta que apesar das diferenças regionais encontradas no Brasil a produção de resíduos está em crescimento acelerado, sendo em média 1 Kg por hab./dia, resultado que se assemelha a alguns países da União Europeia, mesmo havendo uma taxa de imprecisão na contagem de toneladas de RSU. O grande problema, é que mesmo com o progresso nos últimos anos, uma parte desses resíduos produzidos ainda não conta com uma destinação sanitária e ambiental adequada, pois mais da metade dos municípios brasileiros ainda usam vazadouros a céu aberto, uma parte faz uso de aterros controlados e a minoria utilizam aterros sanitários.

Segundo Waldman (2013) a destinação final dos resíduos, é segmentada em relação às tipologias de recebimento, sendo essas:

Lixões: que recebem o resíduo sem nenhuma preparação do solo ou planejamento. Geralmente a céu aberto, caracterizam-se pela simples descarga do lixo sobre o solo sem apresentar nenhuma medida de controle ambiental ou social (ALENCAR et al., 2018).

Aterros controlados: são uma categoria intermediária entre o lixão e o aterro sanitário e, portanto, se apresentam de forma mais eficiente que os lixões (SANTOS et al., 2018).

Aterros sanitários: de acordo com, é a tipologia de destinação adequada de descarte para os resíduos sólidos, recomendada pela lei nº. 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010).

Todos os municípios que integram a Ilha do Maranhão têm como forma de destinação final dos resíduos o lixão, claramente indo contra ao estabelecido pela PNRS. O que torna a situação ainda mais alarmante é que a ilha é composta por seis Unidades de Conservação, distribuídas nos quatro municípios, sendo que nenhum desses atualmente segue as normas estabelecidas pela PNRS, quanto à destinação final dos resíduos gerados pela população. Para muitos municípios brasileiros, principalmente os de pequeno e médio porte, a deficiência na gestão de resíduos se apresenta de forma diretamente associada às limitações de recursos humanos e financeiros. Outrora, é perceptível também que a tradição cultural conta muito em não se considerar uma política de gestão de resíduos como prioritária (SEMUS, 2019).

2.1. Classificação

A NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação define os resíduos sólidos como:

Aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Essa definição evidencia a diversidade e a complexidade dos resíduos sólidos, o que torna indispensável o conhecimento quanto à sua classificação. A identificação dos resíduos possibilita a descoberta da origem das atividades ou o processo sofrido, bem como de seus componentes característicos, que comparados à lista de substâncias danosas à saúde e ao meio ambiente, possam

ser direcionadas à destinação correta. De acordo com a NBR 10004 os resíduos sólidos são divididos em classes quanto à periculosidade: Perigosos – Classe I e Não perigosos – Classe II, sendo que a classe II possui uma subdivisão quanto a sua atividade (Não inerte – Classe II A e Inerte – Classe II B) (ABNT, 2004).

2.2. O consumo de bens materiais e o impacto ambiental

Novos estudos, como a Demografia Ambiental, têm sido desenvolvidos por meio da necessidade em solucionar problemas da relação entre população e meio ambiente, que possuem influência direta no significativo aumento de consumo em todo o globo. O dinamismo demográfico é o grande destaque nas mudanças de paisagens observadas nos últimos séculos. Tais mudanças foram acompanhadas de transformações ambientais, tanto em relação à diversidade e agregação de valor dos recursos disponíveis, quanto pela não manutenção dos mesmos. (ZANIRATO; ROTONDARO, 2016; MELLO; SATHLER, 2015; COUTO; COELHO, 2015). Desse modo, a cultura de determinado lugar ou comunidade determina a influência e a forma de uso do ambiente. O padrão de consumo é determinado através dos hábitos e costumes dos indivíduos e famílias pertencentes a determinada cultura e grupos homogêneos de consumidores, a partir dos tipos de gastos que realizam e de outras variáveis socioeconômicas (FREITAS, 2014).

Entretanto, a exploração dos recursos e a consequente produção de resíduos vêm crescendo de forma acelerada. Resíduos derivados da matéria orgânica estão liderando como os mais produzidos, seguidos do vidro, alumínio, plástico, borracha, papel e tecidos. Visto isso, essa alta quantidade de resíduos que é gerada todos os dias provoca um alto impacto socioambiental, principalmente em cidades de pequeno porte, as quais não possuem uma destinação final adequada para estes resíduos (QUEIROZ, 2015).

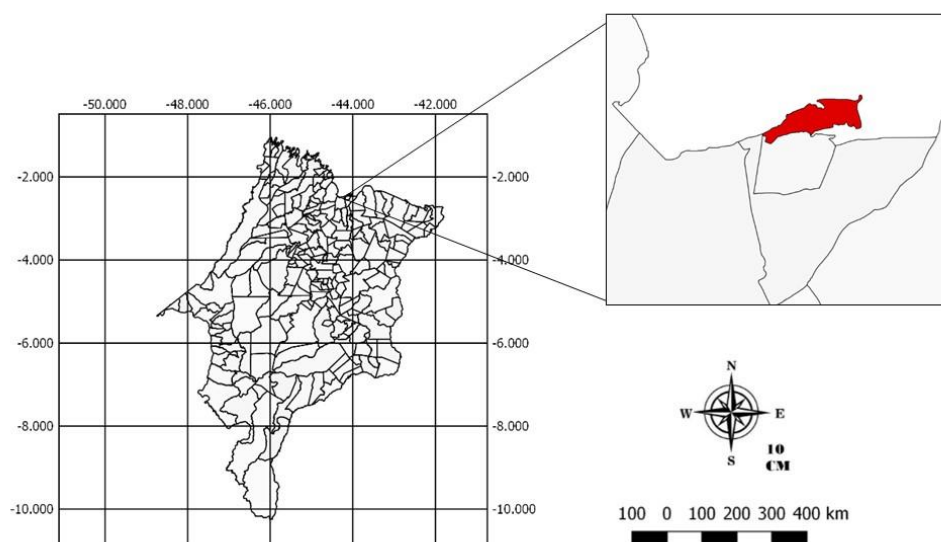
O impacto ambiental ocorre durante a decomposição do RSU, e a partir disso é possível ocorrer a contaminação do meio físico (solo, recursos hídricos, paisagem e ar atmosférico), bem como no meio biótico (flora e fauna). Estes impactos ambientais podem ser quantificados mediante o desenvolvimento da Avaliação de Ciclo de Vida do resíduo (ARAÚJO et al., 2018b). Contudo, dentre os impactos negativos causados na sociedade, bem como no meio ambiente, que podem ser derivados a partir dos RSU, estão os efeitos decorrentes da prática de sua deposição inadequada em cursos d'água ou em terrenos baldios, em pontes, às margens das ruas e ribanceiras. Essas práticas habituais podem provocar, entre outras coisas, impactos como: contaminação de corpos d'água, enchentes, assoreamento, poluição visual, mau cheiro e proliferação de vetores transmissores de doenças (ARAÚJO et al., 2018a).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Ilha de São Luís, mas precisamente no município de Raposa, no estado do Maranhão, Brasil (Figura 1). O referido município está situado nas coordenadas geográficas 02° 25' 23" S e 44° 06' 12" W e a 28 km da capital do estado (IBGE, 2010). Não é possível estimar quantas toneladas de resíduos por mês o local recebe, visto que a área em estudo está desativada e sem acompanhamento dos órgãos públicos.

Figura 1. Localização do município de Raposa no estado do Maranhão.



Fonte: Autores (2019).

3.2 Caracterização do estudo

Este estudo relata uma pesquisa explicativa sobre a área de um lixão desativado no município de Raposa – MA, a qual foi realizada através de um levantamento bibliográfico, bem como visitas de campo e fotodocumentação, no período de março a abril de 2019. Inicialmente foi delimitada a área de influência total do estudo, visando analisar e compreender o espaço territorial de abrangência dos impactos ambientais. Nesse estudo foi considerada apenas a área de influência direta, visando analisar, principalmente, as alterações ambientais significativas do meio abiótico, que acarretaram a degradação dos componentes do ambiente. A delimitação da área de influência direta foi dada com base nas visitas *in loco*, definindo sua extensão, baseando-se nas áreas vizinhas, pois apesar de se tratar de uma área de lixão desativada a presença de resíduos sólidos, principalmente orgânicos, ainda apresenta uma taxa visualmente elevada.

3.3 Diagnóstico ambiental qualitativo

A análise do diagnóstico ambiental foi executada apenas na área de influência direta. Utilizou-se de levantamentos bibliográficos já realizados na área de estudos, bem como visitas *in loco* e registros fotográficos da área. Com base no exposto, foram identificadas, analisadas e descritas as características de interesse da área de estudo, relacionadas ao meio físico (Tabela 1).

Tabela 1. Características ambientais descritas na Área de Influência Direta (AID).

Meio Físico	Meio Biótico	Meio Antrópico
Paisagem	Flora	Problemas socioambientais
Solo	Fauna	
Recursos Hídricos		
Ar atmosférico		

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Meio físico

4.1.1 Solo

De acordo com Silva (2013), os tipos de solo predominantes no município são areias quartzíticas marinhas e dunas e os gleissolos sálicos. Porém na área estudada encontra-se o latossolo amarelo, caracterizando-se por um solo profundo e com pouca diferenciação dos horizontes, sendo facilmente reconhecido pela cor homogênea. O autor ainda destaca que esse solo possui características ácidas e com baixa retenção de cátions, além de uma alta permeabilidade e baixa coesão, deixando-o suscetível à degradação sob mau manejo. Tal solo possui ainda uma alta susceptibilidade à erosão em períodos chuvosos e em locais com grandes declividades, fato esse que pode ser comprovado pela presença de uma enorme voçoroca (Figura 2).

Figura 2. Caracterização do solo na área do lixão desativado em Raposa – MA.



Na área estudada é possível encontrar resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos, sendo que a maior concentração é de resíduos orgânicos resultantes de podas de árvores em geral (Figura 3). Misturadas a esses resíduos encontram-se plásticos (garrafas e sacolas), papel e vidro.

Figura 3. Resíduos orgânicos de podas e arborização acumulados na área do lixão.



4.1.2 Paisagem

A área de estudo, anteriormente à interferência antrópica e ao despejo de resíduos no local, era composta por espécies nativas típicas do bioma Amazônia, porém, devido ao crescimento

populacional em larga escala no município, a região foi sofrendo alterações relacionadas ao desmatamento excessivo e ao manejo incorreto do solo, devido a construções residenciais, deixando a região propícia às ações das chuvas. De acordo com Cogo, Levien e Schwarz (2003), o processo de erosão hídrica do solo está sujeito aos fatores chuva, solo, topografia, cobertura e manejo. O manto gerado pelos resíduos da vegetação atua como uma barreira natural que proporciona uma efetiva redução da erosão hídrica por meio da dissipação da energia cinética gerada pelo impacto das gotas da chuva. Essa proteção reduz a desagregação das partículas do solo e auxilia na redução da velocidade do escoamento superficial, aumentando a taxa de infiltração da água no solo. Desse modo, observa-se que com a declividade do terreno e a retirada da proteção vegetal, o solo sofreu com a erosão pluvial, pondo em risco as residências ao redor e a estrada de acesso à avenida. A partir de então, os moradores começaram a depositar tanto lixo orgânico quanto inorgânico no local, com o intuito de minimizar a ação da chuva no solo.

4.1.3 Recursos hídricos

Não foi observado nenhum corpo hídrico próximo ao lixão, porém a região está situada nos arredores do manguezal e, mesmo não tendo contato direto com ele, está susceptível a sofrer degradação com os resíduos levados pelas chuvas. Tal situação pode levar a alterações na qualidade de vida da população e da reprodução dos animais existentes na área. Todavia, Osco (2016) apontam que o acúmulo de resíduos sólidos sobre a superfície gera a formação de chorume, que se dá pela perda de água livre contida na matéria orgânica, sendo suscetível à contaminação do solo através da percolação desse subproduto do lixão. A pluviosidade também pode acelerar o processo de degradação e de condução do chorume até o lençol freático, já que as chuvas aumentam o volume de líquido produzido e ajudam a aumentar a percolação (SOUZA, 2005), podendo causar contaminação do mesmo e comprometer a rede de distribuição de água do local, feita por meio de poços artesianos.

4.1.4 Ar atmosférico

Existem vários fatores capazes de afetar a qualidade do ar, tais como a umidade, o pH, a temperatura, a composição e a massa do lixo e a disponibilidade microbiana e de nutrientes. Desse modo, foi observado que o ar atmosférico do local estudado possui características provenientes da poluição, em consequência da decomposição da matéria orgânica, gerando odores indesejáveis e gases poluentes, destacando-se o gás metano como o principal. Para o autor, esse gás agrava o aquecimento global por meio do efeito estufa, devido ao seu alto teor de toxicidade. As reações químicas geradoras de gases podem ser aceleradas pela grande variedade de materiais presentes no lixo, e pela elevação da temperatura resultante da ação biológica.

4.2 Meio biótico

A área estudada situa-se entre terrenos residenciais, desse modo a vegetação presente nos seus arredores são árvores frutíferas de grande porte, como mangueiras e coqueiros, e plantas nativas (Figura 4). Ao fundo do lixão encontra-se o mangue, porém há uma declividade muito íngreme, isolando os resíduos do resto do manguezal, o que não o isenta de sofrer influência direta ou indireta desses resíduos, ou até mesmo da ocorrência de um desmoronamento.

4.3 Meio antrópico

Um dos grandes problemas detectados no lixão é a proximidade que ele tem das residências e da principal rua que dá acesso à avenida, fazendo com que os moradores estejam constantemente em contato com os efeitos gerados pelo acúmulo de resíduos. Kastrup, Bernardi Júnior e Günther (2005) ressaltam que o gás proveniente da decomposição dos resíduos é destacado como um forte poluidor que afeta diretamente o Homem, sendo capaz de promover inúmeras reações como náuseas, câncer, sonolência, irritação nas narinas e nos olhos, dentre outros. Além dos malefícios já citados, o lixão também atrai uma vasta quantidade de micro (vírus, bactérias) e macrovetores (ratos, baratas,

moscas, mosquitos, cachorros, gatos), que provocam inúmeras doenças como dengue, micoses, infecções, leptospirose, febre amarela e outras, o que impacta diretamente a população na área de influência.

Figura 4. Mangue ao fundo do lixão.



5. CONCLUSÕES

O diagnóstico ambiental qualitativo referente aos meios antrópico, biótico e físico do lixão desativado na Ilha do Maranhão, mas precisamente no município de Raposa, indicou que todos os fatores ambientais analisados na área de influência direta se encontram impactados negativamente, principalmente no meio físico, onde foi possível observar que o mesmo sofreu algumas perdas de função ecossistêmica do solo, apresentando assim, alterações significativas e passivas de degradação.

Contudo, espera-se que os resultados expostos possam alertar e promover junto à Prefeitura Municipal de Raposa um incentivo para elaboração de medidas e planos de gerenciamento de resíduos, bem como a recuperação da área degradada, tendo em vista a necessidade de um monitoramento na área, pois apesar deste estar desativado pelos órgãos públicos, ainda é um grande receptor de resíduos em relação através dos moradores.

REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Lançamento do panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2018)**. Disponível em: <<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clipping/ler/9557/lançamento-do-panorama-dos-resíduos-sólidos-no-brasil-2017>>. Acesso em: 18 abr. 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ALENCAR, S. K.-R. P.; FREITAS, R. C.; MELO, J. M. M. D. O.; EL-DEIR, S. G. Plano de recuperação de áreas degradadas e mitigação dos impactos ambientais da disposição de resíduos sólidos no aterro de Juazeiro do Norte – CE. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 141-154.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de campina grande-pb; um olhar fotográfico. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018a. p. 104-120.

ARAÚJO, Y. R. V.; GÓIS, M. L.; COELHO JÚNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono para quatro cenários dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. .; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018b. p. 224-233.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 20 out. 2016.

CBIC. Câmara Brasileira da indústria de construção. 2015. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/CBIC%2020CONTRUCAO%20CIVIL%20FECHA%202015%20COM%20FORTE%20RETRACAO%20%20BALANCODEZ2015%2005012016.pdf>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COUTO, H. L. G.; COELHO, C. Fatores críticos no comportamento do gestor público responsável por compras sustentáveis: diferenças entre consumo individual e organizacional. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 2, p. 519-544, 2015.

FREITAS, L. F. S. Padrão de consumo e pressão ambiental no Brasil. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 18, n. 1, p. 100-124, 2014.

GOMES, N. A.; LEITE, J. C. A.; FARIAS, C. A. S.; SILVA, A. P. O.; ISMAEL, F. C. M. Diagnóstico ambiental qualitativo no lixão da cidade de Pombal, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 61-67, 2017.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa/panorama>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

KASTRUP, L. F. C.; BERNARDI JÚNIOR, P.; GÜNTHER, W. M. R. Geração de energia limpa através da reforma de gás metano de aterros sanitários. 2005. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/iswa2005/energia.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2019.

MELLO, L. F.; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 2, p. 357-380, 2015.

MELO, J. M. M. D. O.; ALENCAR, S. K.-R. P. Quali-quantificação de resíduos sólidos em pontos transitórios, em Juazeiro do Norte – CE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. .; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 199-213.

OSCO, L. P. **Degradação geoecológica por aterros de resíduos sólidos: estudo aplicado a UGRHI-22 e ao lixão de Pirapozinho – SP**. 2016. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2016.

QUEIROZ, T. Centro de informação sobre reciclagem e meio ambiente. **Consumo, consumismo e seus impactos no meio ambiente**. 2015. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/consumo/consumo-e-meio-ambiente/>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ª. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 8-17.

SEMUS. Secretaria Municipal de Saúde. **Prognóstico e alternativas para a universalização, condicionantes, diretrizes, objetivos e metas.** Disponível em: <file:///C:/Users/Vera/Desktop/vera/EPERSOL%202019/Produto3.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2019.

SILVA, N. **Diagnóstico geoambiental e socioeconômico da cidade de Raposa, MA, Brasil.** 2013. Disponível em: <https://neycostaoficial.blogspot.com/2013/08/estudo-do-espaco-geografico-da-cidade_12.html>. Acesso em: 21 abr. 2019.

SOUZA, G. **Monitoramento de parâmetros qualitativos e quantitativos de líquidos percolados de aterros sanitários:** estudo em piloto experimental. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

WALDMAN, M. Lixo domiciliar brasileiro: modelos de gestão e impactos ambientais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 2, p. 169-184, 2013.

ZANIRATO, S. H.; ROTONDARO, T. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 77-92, 2016.

7.5 ESTADO DA ARTE DOS MODELOS DE PREDIÇÃO DE GERAÇÃO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Gaudie Ley, Michelle Bellas Romariz
Universidade Federal Fluminense
mley@id.uff.br

Silva, Leonardo Duarte Batista da
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
monitoreambiental@gmail.com

Nascentes, Alexandre Lioi
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
alexandrelioi@gmail.com

RESUMO

Estimar a geração e o transporte de lixiviado durante a vida de um aterro sanitário é uma questão fundamental para reduzir seu risco potencial. Para tanto, uma ferramenta útil é representada por modelos de simulação. No entanto, o desenvolvimento de um modelo adequado a diferentes contextos de aterros específicos é complexo devido à influência de fatores locais, como condição meteorológica, composição e propriedades físicas dos resíduos, bem como os processos físicos, químicos e biológicos de degradação dos resíduos. Todos esses fenômenos e fatores são mutuamente dependentes e geralmente variam no espaço e no tempo. O presente estudo buscou os principais modelos de predição de lixiviado de aterro sanitário, encontrando como resultado: o balanço hídrico e o sistema de inferência adaptativa neuro-difusa. Estes foram descritos e analisados, obtendo-se como resultado dois modelos potenciais que, apesar de levarem a uma estimativa mais realista da produção de lixiviados, ainda carecem de aperfeiçoamentos que suportem considerar as variáveis de tempo e de espaço que realmente influenciam na geração de lixiviados de aterro sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de lixiviado, Modelos matemáticos, Clima.

1. INTRODUÇÃO

A geração exponencial de resíduos sólidos urbanos (RSU) ao longo dos anos decorre, principalmente, da expansão das atividades industriais, do crescimento populacional e das mudanças no estilo de vida (LOPES et al., 2019). Apesar das iniciativas para aprimorar a reciclagem e a reutilização de resíduos, o aterro sanitário ainda representa o caminho dominante para o descarte de RSU (FRIKHA; FELLNER; ZAIRI, 2017). Em aterros sanitários, ocorrem várias reações físicas, químicas e biológicas durante o processo de degradação de resíduos, que produzem lixiviados e gases de aterro (MALAKAHMAD et al., 2017). Entende-se por lixiviado os “líquidos que percolam através dos resíduos depositados e que efluem de um aterro ou nele estão contidos” (ARAÚJO; LINS; JUCÁ, 2019). Este é considerado o subproduto mais alarmante do aterro e, portanto, sua gestão está entre as questões mais importantes a serem levadas em conta nas atividades de projeto e operação do aterro sanitário (CAVALCANTI; VILELA, 2019).

Nas últimas décadas, vários modelos matemáticos foram desenvolvidos para simular a geração e o transporte de lixiviado em aterros sanitários (LOMBARDI; COSTA; SIRINI, 2017). Estes diferem nas premissas subjacentes, nas condições em que podem ser aplicadas e na quantidade de requisitos de entrada de dados. Especificamente, os modelos mais sofisticados (por exemplo, FELLNER; BRUNNER, 2010; DE CORTÁZAR; MONZÓN, 2007) consideram em detalhes as complexidades física e bioquímica de um sistema de aterro sanitário. Entretanto, eles exigem quantidades significativas de dados, dos quais muitos não estão facilmente disponíveis, o que pode levar a uma calibração sem melhora clara nos resultados da simulação, quando comparado aos dados de campo. Em outra vertente, abordagens simplificadas podem falhar na representação dos processos, levando a previsões menos confiáveis (ZACHAROF; BUTLER, 2004). Portanto, é necessário encontrar um equilíbrio entre a necessidade de limitar os requisitos de dados e a necessidade de representar todos os processos que ocorrem nos aterros sanitários (GRUGNALETTI et al., 2016).

O enfrentamento dos desafios associados à geração de lixiviado exige ações de gestão integradas, que demandam um conhecimento através de previsões assertivas. À vista disso, o presente estudo objetivou realizar um levantamento dos modelos matemáticos utilizados para simular a quantidade de lixiviado gerada em um aterro sanitário, a fim de propiciar meios de planejar, projetar e gerenciar um aterro de forma eficaz.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O levantamento do estado da arte, dos modelos matemáticos aplicados para quantificar a geração de lixiviado de aterro sanitário, destacou dois sistemas dentre os demais, quais sejam, o modelo do balanço hídrico e o modelo Sistema de Inferência Neuro-Fuzzy Adaptativo (ANFIS). O primeiro destacou-se quanto à maior utilização prática na atualidade, já o segundo manifestou-se em maior número de publicações quanto a pesquisas e desenvolvimentos da técnica. Portanto, o estudo baseou-se na linguagem e desempenho desses dois sistemas.

2.1. Modelo balanço hídrico

As primeiras tentativas de avaliar a geração e o transporte de lixiviados usando abordagens de balanço hídrico foram desenvolvidas por El-Fadel, Findikakis e Leckie (1997), Korfiatis et al. (1984) e Straub e Lynch (1982). Mais tarde, Demirekler, Rowe e Unlu (1999) introduziram um modelo matemático tridimensional para estimar a umidade e a distribuição de lixiviado através do perfil do aterro sanitário, levando em conta a variabilidade da condutividade hidráulica do RSU com a pressão de sobrecarga e o tempo, dependendo da configuração do aterro sanitário. De Velásquez et al. (2003) propuseram um modelo baseado no método do Balanço Hídrico, para avaliar a geração total de lixiviado, introduzindo os efeitos de interação entre as camadas de resíduos. Zacharof; Butler (2004) apresentaram um modelo matemático que simula processos hidrológicos e bioquímicos, realizando

uma análise de sensibilidade do modelo de perturbação de parâmetros; eles encontraram uma alta sensibilidade a parâmetros-chave e uma alta incerteza associada aos dados de entrada.

Schroeder et al. (1994) desenvolveram, através da Agência de Proteção Ambiental dos EUA, o modelo de Avaliação Hidrológica de Desempenho do Aterro (HELP - do inglês “*Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*”), o qual modela a pluviosidade, o escoamento, a infiltração e outras fontes de água para estimar a quantidade de lixiviado que se acumula acima de cada forro do aterro. Este modelo também foi aplicado recentemente em diversos estudos (ABUNAMA et al., 2017; BERGER, 2015; ZHANG et al., 2013). Por exemplo, Agamuthu e Long (2007) aplicaram o modelo HELP para investigar combinações adequadas de sistemas de cobertura de aterros sanitários na Malásia, a fim de minimizar as taxas de geração de lixiviado em climas úmidos (ABUNAMA; OTHMAN; YOUNES, 2018).

De Cortázar et al. (2002a; b) e De Cortázar; Monzón (2007) desenvolveram um programa de simulação para modelagem de balanço hídrico chamado MODUELO, que estima o fluxo de lixiviado e o transporte de poluentes orgânicos como consequência da água que flui através dos resíduos e da degradação da matéria orgânica no aterro (GRUGNALLETI et al., 2016). Fellner e Brunner (2010) apresentaram um modelo matemático que aponta a importância da heterogeneidade do fluxo de água dentro de um maciço de resíduos, devido a não uniformidade da massa de resíduos e a presença de vias preferenciais. São Mateus, Machado e Barbosa (2012) apresentaram uma tentativa de modelar o balanço hídrico em um aterro sanitário brasileiro, focando em aspectos como os efeitos da compressão dos resíduos e a distinção da água armazenada: entre água livre e água retida pelos resíduos. Recentemente, Yang et al. (2015) propuseram um método de quantificação de lixiviados para aterros de RSU na China, destacando o papel fundamental da produção de lixiviado resultante da água extraída dos resíduos.

2.2. Modelo anfis

Modelos computacionais têm se mostrado ferramentas eficazes para vários problemas ambientais e têm várias vantagens sobre as técnicas tradicionais (ABUNAMA; OTHMAN; YOUNES, 2018). A integração da lógica difusa (FL - do inglês *fuzzy logic*) e das redes neurais artificiais (ANNs - do inglês *artificial neural networks*), pela implementação da ANN como uma técnica de aprendizagem adaptativa no âmbito dos sistemas FL, é referida como um sistema de inferência adaptativa neuro-difusa (ANFIS - do inglês *adaptive neuro-fuzzy inference system*). O ANFIS é um modelo dinâmico, não linear, orientado por dados, que emprega uma rede de alimentação direta (*feed-forward*) para desenvolver funções de associação (MFs - do inglês *membership functions*) adequadas para modelagem de relações de entrada/saída (El-SHAFIE; JAAFER; SEYED, 2011).

Jang (1993) propôs o ANFIS, que combina o poder de ambas as técnicas acima mencionadas e é, portanto, considerado uma ferramenta mais poderosa (NOORI et al., 2009). A integração de ambos os sistemas pode eliminar os inconvenientes individuais dos modelos, por exemplo, problemas com o ajuste das MFs no sistema FL e com o comportamento da caixa preta no sistema ANN (ABDALLAH et al., 2011). No entanto, a complexidade da topologia do ANFIS é vista como uma das limitações do modelo, a qual aumenta exponencialmente com o aumento de regras geradas e possíveis variáveis de entrada (ABUNAMA; OTHMAN; YOUNES, 2018). Em outras palavras, em um sistema que inclui n variáveis de entrada e P premissas, o número de regras geradas (N) é igual a P^n . Isso significa que, com muitas variáveis de entrada, o modelo gerado torna-se excessivamente complicado. Portanto, é melhor utilizar a perícia humana para definir a estrutura do modelo ANFIS, o que geralmente não é aplicável. Por exemplo, o número de regras que pode ser gerado para um modelo ANFIS consiste em cinco variáveis de entrada e três MFs ($35 = 243$ regras). Assim, a estrutura do modelo desenvolvido torna-se mais complexa, e o tempo de modelagem aumenta acentuadamente devido ao grande número de regras (ABUNAMA et al., 2018).

Recentemente, o ANFIS tornou-se mais comum devido à sua eficiência e capacidade de capturar grandes quantidades de dados não-lineares e ruidosos. Nos últimos anos, muitos pesquisadores aplicaram o ANFIS para desenvolver vários modelos de engenharia ambiental. Por exemplo, Karaca e Özkaya (2006) propuseram um modelo de lixiviado baseado em redes neurais para prever as taxas de fluxo de lixiviado no aterro de Odayeri, em Istambul. Noori et al. (2009) aplicaram os modelos de transformada wavelet híbrida-ANFIS e transformada wavelet-ANN para prever as taxas semanais de geração de resíduos em Teerã. Abdallah et al. (2011) utilizaram a modelagem ANFIS para prever as taxas de geração de biogás em um dado momento, com base em parâmetros operacionais como recirculação de lixiviados e taxas de adição de lodo.

Além disso, Bagheri, Bazvand e Ehteshami (2017) objetivaram simular a penetração do lixiviado de aterro sanitário em um aquífero de águas subterrâneas utilizando lógica difusa e a modelagem de redes neurais. Os modelos obtidos mostraram-se ferramentas eficientes para prever e avaliar os impactos ambientais da penetração de lixiviados. Mrutyunjaya et al. (2011) utilizaram modelos ANFIS para prever a qualidade da água subterrânea no distrito de Sundergarh, na Índia, sob os efeitos das atividades de mineração próximas. Moosavi et al. (2013) compararam o desempenho dos modelos ANN, ANFIS, wavelet-ANN e wavelet-ANFIS na previsão dos níveis de água subterrânea na província de Khorasan Razavi, Irã. Os modelos ANFIS e ANN foram utilizados por Dastorani et al. (2010) para prever e reconstruir os dados de monitoramento do fluxo de água que faltam para vários rios no Irã. Embora o modelo ANN tenha apresentado um desempenho aceitável, a técnica ANFIS exibiu capacidade superior na reconstrução e previsão de registros de fluxo ausentes.

3. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica é um passo fundamental na formulação de uma questão de pesquisa e no planejamento do estudo (GREWAL et al., 2016). Esta consiste em uma pesquisa sistemática e bem organizada, a partir de dados já publicados, a fim de identificar uma variedade de referências de boa qualidade sobre um tópico específico (RAU, 2004). As razões para a realização de pesquisa bibliográfica são numerosas, que incluem: informações para a elaboração de diretrizes baseadas em evidências, um passo no método de pesquisa, bem como, parte de avaliação acadêmica (CRONIN; RYA; COUGHLAN, 2008). Os dados publicados disponíveis são enormes; portanto, escolher os artigos apropriados e relevantes para o estudo em questão é de suma importância (THYER, 2009).

O estado da arte dos modelos matemáticos aplicados para quantificar a geração de lixiviado de aterro sanitário foi realizado através de busca de referências técnicas e acadêmicas, tais como: projetos, publicações técnicas, periódicos, artigos científicos, meios de comunicação para leigos (jornais e revistas eletrônicas) e patentes. Os documentos foram obtidos utilizando as bases de dados Scopus e Science Direct, aplicando-se as palavras-chave: lixiviado, geração, clima e aterros sanitários; sem restrição de ano de publicação. Além disso, a plataforma Mendeley foi usada para gerenciar e pesquisar dados bibliográficos.

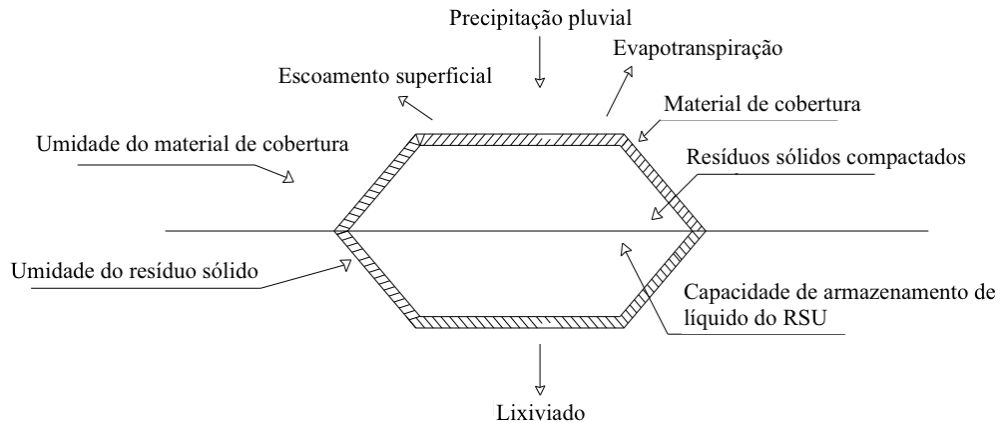
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Modelo balanço hídrico

O método do Balanço Hídrico é atualmente um dos modelos mais utilizados para calcular o volume de lixiviado dos aterros sanitários (GRUGNALETTI et al., 2016), foi proposto por Fenn et al. em 1975 e depois desenvolvido por Kmet em 1982 (BENDZ; AKESSON; SINGH, 1997). O Balanço Hídrico, na forma como foi projetado para o estudo do solo e da água, baseia-se na relação entre a precipitação pluvial, a evapotranspiração, o escoamento superficial e o armazenamento de água no solo. A precipitação pluvial é o sistema de recarga de água, enquanto a evapotranspiração é a combinação entre a evaporação das plantas e a superfície do solo, incluindo a transpiração das plantas. O escoamento superficial é o fluxo de água superficial diretamente na área de interesse. A capacidade de armazenamento representa a quantidade de água que pode ser retida no solo e nos

resíduos sólidos, nos casos de aterros sanitários. Abaixo (Figura 1) tem-se os principais componentes do balanço hídrico de uma célula de aterro.

Figura 1. Esquema para definir o balanço hídrico.



Fonte: Silva et al. (2016).

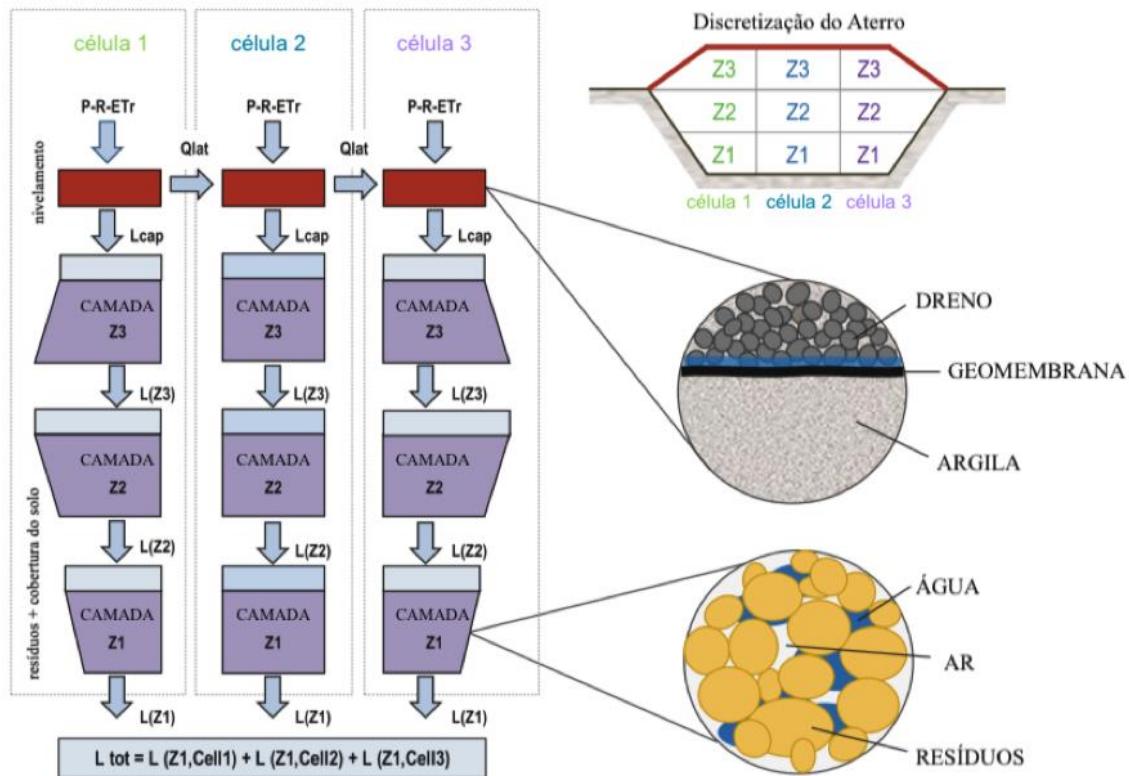
As condições básicas para o uso do método do Balanço Hídrico proposto por Fenn, Hanley e De Geare (1975) são: cobertura de solo com 60 cm de espessura; infiltração no aterro proveniente apenas de chuvas incidentes; característica hidráulica do resíduo e material de cobertura uniforme; apenas movimento vertical de água no aterro. Um modelo aprimorado de Balanço Hídrico de Aterro Sanitário (LWB - do inglês *Landfill Water Balance model*), foi desenvolvido por Pantini, Verginelli e Lombardi (2014). Este é baseado em equações analíticas e empíricas, permite prever o volume de lixiviado gerado durante toda a vida de um aterro, desde o estágio operatório até o período de pós-tratamento, levando em consideração todos os principais fatores e processos que afetam o balanço hídrico. Seu método de cálculo fornece uma estimativa quantitativa dos volumes de lixiviado aplicando o balanço hídrico a cada camada Z_j que compõe uma única célula do aterro. A cada instante t_i , o modelo calcula todas as entradas e saídas de água, como segue na equação:

$$L(Z_i, t_i) = W_{in}(Z_j, t_i) + W_{rel}(Z_j, t_i) - W_{ret}(Z_j, t_i) - W_{bio}(Z_j, t_i) - W_{vap}(Z_j, t_i) - \Delta Q_{lat}(Z_j, t_i)$$

Onde L é o lixiviado produzido pela camada j , W_{in} é a entrada de água nos resíduos, W_{rel} e W_{ret} representam a água liberada e retida pelos resíduos, respectivamente, W_{bio} é o consumo de água biótica, W_{vap} a perda de água como vapor no biogás e ΔQ_{lat} a drenagem lateral líquida da água. A quantidade de fluido a percolar através da célula é calculada como um método em série, começando na camada superior (superficial) e prosseguindo para baixo através do perfil celular até à camada inferior Z_1 (isto é, o lixiviado produzido pela célula). A produção total de lixiviado para o aterro é então calculada somando-se as contribuições de cada célula (Figura 2).

Outro modelo de balanço hídrico que vem sendo amplamente utilizado é o de Avaliação Hidrológica de Desempenho do Aterro (HELP – do inglês *Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*). Este estima os balanços hídricos para aterros sanitários abertos, parcialmente encerrados e totalmente encerrados (SCHROEDER et al., 1994), modelando a pluviosidade, o escoamento, a infiltração e outras fontes de água para estimar a quantidade que se acumula acima de cada forro do aterro. O modelo calcula estimativas: diárias, mensais, anuais e médias anuais; considerando parâmetros de design; podendo incorporar dados em: vegetação, tipos de solo, materiais geossintéticos, umidade, espessura de camadas de resíduos, espaçamento de drenos e colocação de revestimento (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Figura 2. Exemplo de aplicação de balanço hídrico realizado pelo modelo para um aterro discretizado em três células; cada célula é composta por três camadas de resíduos e cobertura do solo.



Legenda:

- P-R-ETr** Precipitação (P), Escoamento superficial de água (R) e Evapotranspiração (ETr)
Z1, Z2, Z3 Camadas 1, 2 e 3, respectivamente
Lcap Camada de nivelamento
Ltot Camada total

Fonte: Pantini, Verginelli e Lombardi, 2014.

No entanto, este modelo não permite reproduzir a disposição progressiva de resíduos, o envelhecimento de materiais e outros processos importantes que afetam a geração de lixiviados (por exemplo, consumo de água devido à biodegradação de resíduos, compressão e consolidação de resíduos, alteração nas propriedades físico-mecânicas dos resíduos) (GRUGNALETTI et al., 2016). Além disso, estudos indicam que a condutividade hidráulica do RSU enterrado é muito menor do que o valor padrão do modelo HELP, provavelmente devido a práticas modernas de compactação (XU et al., 2011); neste modelo, o escoamento é calculado em função da intensidade da chuva e da capacidade de infiltração do solo. De fato, o HELP assume parâmetros constantes e simula o transporte e a geração de lixiviados depois que todos os resíduos sólidos são colocados e as condições de estabilidade do rejeito são atingidas (ALJARADIN; PERSSON, 2013).

A fim de superar essas limitações, vários modelos integrados foram desenvolvidos (por exemplo, DE VELÁSQUEZ et al., 2003; KINDLEIN; DINKLER; AHRENS, 2003; WHITE; ROBINSON; REN, 2004; ZACHAROF; BUTLER, 2004; LOBO; TEJERO, 2007; SÃO MATEUS; MACHADO; BARBOSA, 2012) de forma a considerar a geração de lixiviados e de gases devido à transformação biológica da matéria orgânica, simulando conjuntamente os fenômenos hidrológicos e de degradação. Esses modelos diferem pelas premissas subjacentes e pelas condições em que podem ser aplicados (PANTINI; VERGINELLI; LOMBARDI, 2014). As principais características dos dois modelos supracitados estão relacionadas a seguir (Quadro 1).

Quadro 1. Características e comparação dos modelos hidrológicos LWB e HELP.

Características abordadas nos modelos	LWB	HELP
Estágio operatório do aterro	Sim	Não
Período de pós-tratamento	Sim	Sim
Discretização do aterro	Sim	Sim
Fluxo vertical	Sim	Sim
Fluxo horizontal	Sim	Sim
Sistema de nivelamento de multicamadas	Sim	Sim
Tipo de resíduos diferentes	Sim	Sim
Umidade inicial dos resíduos	Sim	Sim
Evapotranspiração potencial	Sim	Sim
Evapotranspiração real	Sim	Sim
Escoamento superficial	Sim	Sim
Água retida/liberada pela cobertura do solo	Sim	Sim
Capacidade de armazenamento de água	Sim	Sim
Compactação dos resíduos	Sim	Não
Água liberada	Sim	Não
Biodegradação	Sim	Não
Produção de biogás	Sim	Não
Redução dos resíduos devido à biodegradação	Sim	Não
Consumo biótico	Sim	Não
Perdas de vapor	Sim	Não
Mudanças temporais das propriedades dos resíduos	Sim	Não

Fonte: Pantini et al., 2014.

4.2. Modelo anfis

Uma rede adaptativa, como o próprio nome indica, é uma estrutura de rede que consiste de nós e ligações diretas através das quais os nós estão conectados. Além disso, parte ou todos os nós são adaptativos, o que significa que o valor de saída de cada nó depende dos parâmetros pertencentes a esse nó e a regra de aprendizado específica, de como esses parâmetros devem ser alterados para minimizar uma medida de erro prescrita (JANG, 1993). O ANFIS é uma rede *feed-forward* multicamadas, onde cada nó executa uma função particular nos sinais de entrada. Símbolos de nós quadrados e circulares são usados para representar propriedades diferentes da aprendizagem adaptativa. Além disso, para processar as características de entrada-saída desejadas, os parâmetros adaptativos de aprendizado são atualizados com base nas regras de aprendizagem de gradiente (JANG, 1993; JANG; GULLEY, 1996).

A implementação do modelo ANFIS envolve a abordagem difusa Takagi-Sugeno (TS), que é caracterizada por fases, de treinamento e teste, e inclui cinco camadas, como mostrado na Figura 3 (Jang, 1993). Por exemplo, uma arquitetura ANFIS típica (Figura 3) consiste em dois conjuntos de regras difusas TS “se-então” da seguinte forma:

- Regra 1 = se (x é A₁) e (y é B₁) então (1) ($f_1 = p_1x + q_1y + r_1$)
- Regra 2 = se (x é A₂) e (y é B₂) então (2) ($f_2 = p_2x + q_2y + r_2$)

Onde x e y são os valores de entrada, A_i e B_i são os conjuntos difusos, f_i são os valores de saída da região difusa especificada pela regra difusa, p_i, q_i e r_i são os parâmetros de design determinados durante o processo de treinamento. A arquitetura ANFIS para implementar essas duas regras é mostrada na (Figura 3), na qual um círculo indica um nó fixo, enquanto um quadrado indica um nó adaptativo.

Camada 1: Cada nó i nesta camada é um nó quadrado com uma função de nó:

$$(3) O_i^1 = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2$$

$$(4) O_i^1 = \mu_{B_{i-2}}(y), i = 3, 4$$

Onde x (ou y) é a entrada para o nó i , e A_i (ou B_{i-2}) é o rótulo linguístico (pequeno, grande, etc) associado a essa função do nó; e onde $\mu_{A_i}(x)$ e $\mu_{B_{i-2}}(y)$ pode adotar qualquer função de associação difusa. Assumindo uma função gaussiana como uma função de associação, A_i pode ser computada como:

$$(5) \mu_{A_i}(x) = \exp \left\{ -0,5 * \left| \frac{(x-c_i)}{\sigma_i} \right|^2 \right\}$$

Onde (σ_i, c_i) são conjuntos de parâmetros. Parâmetros nessa camada são chamados de parâmetros de premissas.

Camada 2: Cada nó i nesta camada é um nó fixo, marcado por um nó de círculo, rotulado Π , que multiplica os sinais de entrada e gera o produto.

$$(6) O_i^2 = w_i = \mu_{A_i} \mu_{B_i}, i = 1, 2$$

O sinal de saída w_i denota a força de disparo de uma regra. O número de nós dessa camada é igual ao número de regras difusas “se-então” no sistema de inferência difusa.

Camada 3: Cada nó i nesta camada é um nó fixo, marcado por um nó de círculo, rotulado como N . O nó i calcula a proporção entre a força de acionamento da regra i e a soma de todas as forças de acionamento da regra:

$$(7) O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2$$

Por conveniência, as saídas dessa camada são chamadas de intensidades de disparo normalizadas.

Camada 4: Nesta camada, os nós são nós adaptativos. A saída de cada nó nessa camada é o produto da força de disparo normalizada e de um polinômio de primeira ordem (para um modelo Sugeno de primeira ordem). Assim, as saídas dessa camada são dadas por:

$$(8) O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i [(p_i)(x) + (q_i)(y) + r_i], i = 1, 2$$

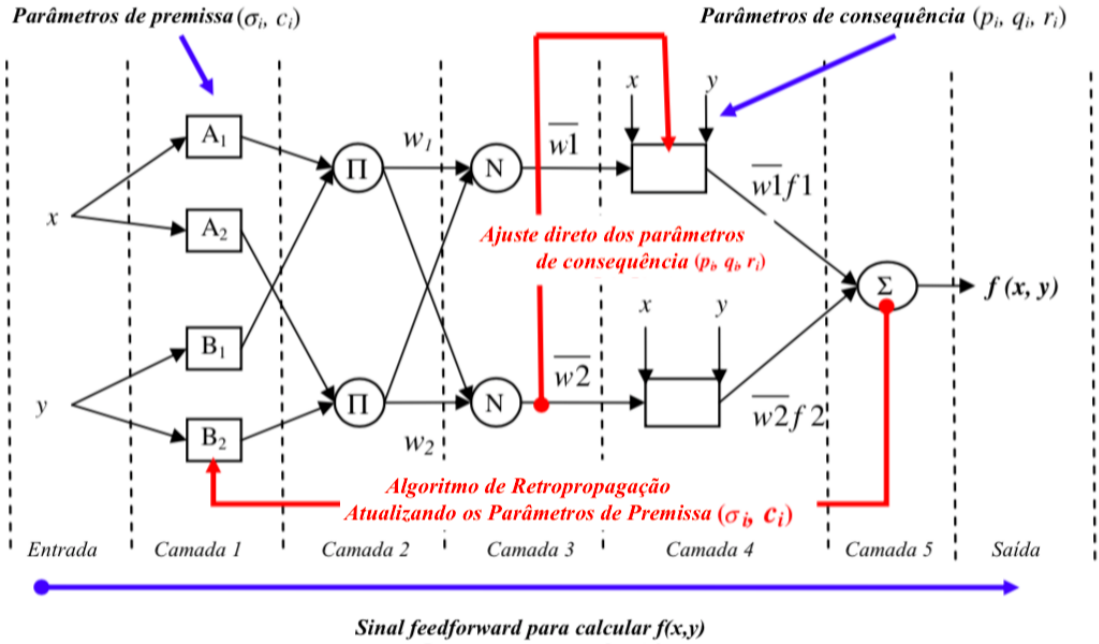
Onde \bar{w}_i é a saída da Camada 3 e $(\{p_i, q_i, r_i\})$ é o conjunto de parâmetros deste nó. Os parâmetros nesta camada são referidos como parâmetros de consequência.

Camada 5: O nó único nesta camada é um nó fixo rotulado Σ , que calcula a saída total como a soma de todos os sinais de entrada, ou seja:

$$(9) O_i^5 = \sum_{i=1} \bar{w}_i f_i = \left(\sum_{i=1} \frac{w_i f_i}{w_1 + w_2} \right)$$

Explicitamente, essa camada soma a saída do nó na camada anterior para ser a saída de toda a rede.

Figura 3. Arquitetura ANFIS com o sistema Takagi-Sugeno.



Fonte: Heddham, Bermad e Dechemi (2012).

Pode-se observar que existem duas camadas adaptativas nesta arquitetura ANFIS, a primeira camada e a quarta camada. Na primeira camada, existem dois parâmetros modificáveis ($\{\sigma_i, c_i\}$), que estão relacionados às funções de participação de entrada. Esses parâmetros são os chamados parâmetros de premissa. Na quarta camada, existem também três parâmetros modificáveis ($\{p_i, q_i, r_i\}$), pertencentes ao polinômio de primeira ordem. Esses parâmetros são os chamados parâmetros de consequência (JANG, 1993).

Algoritmo de aprendizagem do ANFIS: A tarefa do algoritmo de aprendizado para essa arquitetura é ajustar todos os parâmetros modificáveis, a saber ($\{\sigma_i, c_i\}$) e ($\{p_i, q_i, r_i\}$), para fazer com que a saída do ANFIS corresponda aos dados de treinamento. Quando os parâmetros de premissa σ_i e c_i da MF são fixos, a saída do modelo ANFIS pode ser escrita como:

$$(10) f = \left(\frac{w_1}{w_1 + w_2} \right) f_1 + \left(\frac{w_2}{w_1 + w_2} \right) f_2$$

Substituindo a equação 7 na equação 10 tem-se:

$$(11) f = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2$$

Substituindo as regras difusas “se-então” na equação 11 tem-se:

$$(12) f = \bar{w}_1((p_1)(x) + (q_1)(y) + r_1) + \bar{w}_2((p_2)(x) + (q_2)(y) + r_2)$$

Após rearranjo, a função de saída pode ser expressa como:

$$(13) f = [(\bar{w}_1)(x)]p_1 + [(\bar{w}_1)(y)]q_1 + (\bar{w}_1)r_1 + [(\bar{w}_2)(x)]p_2 + [(\bar{w}_2)(y)]q_2 + (\bar{w}_2)r_2$$

Esta é uma combinação linear dos parâmetros de consequência modificáveis p_1, q_1, r_1, p_2, q_2 e r_2 . O método dos mínimos quadrados pode ser usado para identificar facilmente os valores ótimos

desses parâmetros, quando os parâmetros das premissas não são fixos, o espaço de busca torna-se maior e a convergência do treinamento fica mais lenta. Um algoritmo híbrido combinando o método dos mínimos quadrados e o método do gradiente descendente é adotado para resolver este problema. O algoritmo híbrido é composto de um passo para frente (do inglês *forward pass*) e um passo para trás (do inglês *backward pass*). O método dos mínimos quadrados (*forward pass*) é usado para otimizar os parâmetros de consequência com os parâmetros da premissa fixos. Uma vez que os parâmetros de consequência ótimos são encontrados, o *backward pass* começa imediatamente. O método do gradiente descendente (*backward pass*) é usado para ajustar otimamente os parâmetros de premissa correspondentes aos conjuntos difusos no domínio de entrada. A saída do ANFIS é calculada empregando os parâmetros de consequência encontrados no *forward pass*. O erro de saída é usado para adaptar os parâmetros da premissa por meio de um algoritmo padrão de retropropagação. Está provado que este algoritmo híbrido é altamente eficiente no treinamento do ANFIS (JANG 1993).

5. CONCLUSÕES

Avaliar a geração de lixiviado do aterro sanitário é um elemento-chave: no gerenciamento de lixiviado, quanto à concepção e manejo das instalações de drenagem e tratamento do mesmo; nas questões de estabilidade do aterro, com relação ao volume de água armazenada na massa de resíduos; e nas estimativas de proteção ambiental. Nas últimas décadas, várias abordagens foram desenvolvidas para quantificar matematicamente as taxas de geração de lixiviado. Esses métodos variam em complexidade de previsão e precisão dos resultados. Uma ferramenta útil é representada por modelos de simulação baseados no método do balanço hídrico. No entanto, o desenvolvimento de um modelo adequado a diferentes contextos de aterros específicos é complexo devido à influência do balanço hídrico de fatores locais, tais como condição meteorológica, composição e propriedades físicas dos resíduos, métodos de enchimento, bem como a influência dos processos físicos, biológicos e químicos, por exemplo, geração e migração de gases e fluidos, degradação biológica e química de resíduos e envelhecimento de materiais. Todos esses fenômenos e fatores são mutuamente dependentes e geralmente variam no espaço e no tempo. Por exemplo, a capacidade de resíduos de campo, a porosidade e a condutividade hidráulica do lixo diminuem com o tempo devido à sobrepressão aplicada (que aumenta com o aterro progressivo) e a degradação de resíduos orgânicos.

Diante dos resultados mostrados, pode-se afirmar que o modelo LWB pode ser utilizado como ferramenta de triagem para avaliar a produção de lixiviado em aterros sanitários. Este trás como vantagem a possibilidade de simular as operações de enchimento de um aterro ativo, discretizando todo o sistema em diferentes células hidráulicamente interconectadas e personalizáveis. Além disso, os períodos de acompanhamento também podem ser simulados pela introdução de informações sobre o sistema de limite. Para cada camada, o modelo aplica um balanço hídrico que considera todos os principais parâmetros e processos que afetam a produção de lixiviado (por exemplo, biodegradação, produção de gás e consumo biótico, envelhecimento e compressão de resíduos), bem como sua variação temporal por meio de aplicações empíricas simples e equações analíticas. Entretanto, deve-se ressaltar que o modelo utiliza equações analíticas e empíricas baseadas em diferentes hipóteses simplificadoras. Por exemplo, ele supõe que a composição e as propriedades dos resíduos depositados em aterros (umidade, densidade, porosidade e capacidade de campo) não mudam ao longo do ano, apesar das características dos resíduos sólidos serem esperadas para variar sazonalmente. Além disso, o balanço hídrico para cada camada é realizado assumindo uma camada completamente misturada; essa incapacidade de descrever a heterogeneidade do meio pode levar a algumas deficiências, especialmente ao tentar aplicar o modelo a um intervalo de tempo muito curto. Ainda, quanto ao modelo de balanço hídrico HELP, tem-se como limitação a negligência aos processos de biodegradação e de compressão de resíduos, fenômenos que se mostram relevantes na predição de lixiviados, principalmente durante o estágio operatório do aterro.

Já a modelagem ANFIS proporciona uma poderosa rede neural de lógica difusa, que fornece um método de obtenção de informações sobre o conjunto de dados que melhor permite o

rastreamento dos dados de entrada/saída fornecidos. Ao empregar o algoritmo de aprendizado híbrido, a arquitetura pode melhorar a qualidade das regras difusas relevantes geradas, “se-então”, obtidas de especialistas humanos para descrever o comportamento de entrada-saída de um sistema de quantificação da geração de lixiviados, considerando este um sistema complexo.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, M.; WARITH, M.; NARBAITZ, R.; PETRIU, E.; KENNEDY, K. Combining fuzzy logic and neural networks in modeling landfill gas production. **International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering**, v. 5, p. 559-565, 2011.

ABUNAMA, T.; OTHMAN, F.; ALSLAIBI, T.; ABUALQUMBOZ, M. Quantifying the generated and percolated leachate through a landfill's lining system in Gaza strip, Palestine. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, p. 2455-2461, 2017.

ABUNAMA, T.; OTHMAN, F.; YOUNES, M. K. Predicting sanitary landfill leachate generation in humid regions using ANFIS modeling. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, p. 10, 2018.

AGAMUTHU, P.; LONG, K. Evaluation of landfill cover systems under tropical conditions. **International Solid Waste Association (ISWA)**, v. 07, 2007.

ALJARADIN, M.; PERSSON, K. M. Proposed water balance equation for municipal solid waste landfills in Jordan. **Waste Management & Research**, v. 31, p. 1028-1034, 2013.

ARAÚJO, M. J. C. S.; LINS, E. A. M.; JUCÁ, J. F. T. Análise de um sistema de tratamento de lixiviado; estudo de caso em aterro encerrado. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 391-403.

BAGHERI, M.; BAZVAND, A.; EHTESHAMI, M. Application of artificial intelligence for the management of landfill leachate penetration into ground water, and assessment of its environmental impacts. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 784-796, 2017.

BENDZ, D.; AKESSON, M.; SINGH, V. P. Accumulation of Water and Generation of Leachate in a Young Landfill. **Journal of Hydrology**, v. 203, p. 10, 1997.

BERGER, K. U. On the current state of the hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model. **Waste Management**, v. 38, p. 201-209, 2015.

CAVALCANTI, L. A. P.; VILELA, I. R. Desenvolvimento de Protótipo de Desidratador Solar de Frutas Com Reutilização de Material Reciclável em Paulo Afonso-Ba. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 182-193.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: A step-by-step approach. Mark Allen Publishing. **British Journal of Nursing**, v. 17, p. 38-43, 2008.

DASTORANI, M. T.; MOGHADAMNIA, A.; PIRI, J.; RICO-RAMIREZ, M. Application of ANN and ANFIS models for reconstructing missing flow data. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 421-434, 2010.

DE CORTÁZAR, A. L. G., MONZÓN, I. T. MODUELO 2: a new version of an integrated simulation model for municipal solid waste landfills. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, p. 59-72, 2007.

DE CORTÁZAR, A. L. G.; LANTARÓN, J. H.; FERNÁNDEZ, O. M.; MONZÓN, I. T.; LAMIA, M. F. Modelling for environmental assessment of municipal solid waste landfills (Part 1: Hydrology). **Waste Management and Research**, v. 20, p. 198-210, 2002a.

DE CORTÁZAR, A. L. G.; LANTARÓN, J.H.; FERNÁNDEZ, O.M.; MONZÓN, I.T.; LAMIA, M.F. Modelling for environmental assessment of municipal solid waste landfills (Part II: Biodegradation). **Waste Management Research**, v. 20, p. 514-528, 2002b.

- DE VELÁSQUEZ, M. T. O.; CRUZ-RIVERA, R.; ROJAS-VALENCIA, N.; MONJE-RAMÍREZ, I.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, J. Serial water balance method for predicting leachate generation in landfills. **Waste Management Research**, v. 21, p. 127-136, 2003.
- DEMIREKLER, E.; ROWE, R. K.; UNLU, K. Modeling leachate production from municipal solid waste landfills. **Sardinia 99, Proceedings of the Seventh International Landfill Symposium**, p. 17-24, 1999.
- EL-FADEL, M., FINDIKAKIS, A. N., & LECKIE, J. O. Modeling leachate generation and transport in solid waste landfills. **Environmental Technology**, v. 18, p. 669-686, 1997.
- EL-SHAFIE, A.; JAAFER, O.; SEYED, A. Adaptive neuro-fuzzy inference system based model for rainfall forecasting in Klang River, Malaysia. **International Journal of the Physical Sciences**, v. 6, p. 2875-2888, 2011.
- FELLNER, J.; BRUNNER, P.H. Modeling of leachate generation from MSW landfills by a 2-dimensional 2-domain approach. **Waste Management**, v. 30, p. 2084-2095, 2010.
- FENN, D. G.; HANLEY, K. J.; DE GEARE, T. V. Use of the water balance method for predicting leachate generation from solid waste disposal sites. **U.S. Environmental Protection Agency**, Washington, D.C, 1975.
- FRIKHA, Y.; FELLNER, J.; ZAIRI, M. Leachate generation from landfill in a semi-arid climate: A qualitative and quantitative study from Sousse, Tunisia. **Waste Management and Research**, v.35, p.940-948, 2017.
- GREWAL, A.; KATARIA, H.; DHAWAN, I. Literature search for research planning and identification of research problem. **Indian Journal of Anaesthesia**, 2016.
- GRUGNALETTI, M.; PANTINI, S.; VERGINELLI, I.; LOMBARDI, F. An easy-to-use tool for the evaluation of leachate production at landfill sites. *Waste Management*, v. 55, p. 204-219, 2016.
- HEDDAM, S.; BERMAD, A.; DECHEMI, N. ANFIS-based modelling for coagulant dosage in drinking water treatment plant: a case study. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, p. 1953-1971, 2012.
- JANG, J. R. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v. 23, p. 665-685, 1993.
- JANG, J. R.; GULLEY, N. Fuzzy logic toolbox: Reference manual. **Natick: The Mathworks Inc**, 1996.
- KARACA, F.; ÖZKAYA, B. NN-LEAP: A neural network-based model for controlling leachate flow-rate in a municipal solid waste landfill site. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, p. 1190-1197, 2006.
- KINDLEIN, J.; DINKLER, D.; AHRENS, H. Verification and application of coupled models for transport and reaction processes in sanitary landfills. **Proceedings of the 9th International Waste Management and Landfill Symposium**, Cagliari, Italy, 2003.
- KORFIATIS, G. P.; DEMETRACOPOULOS, A. C.; BOURODIMOS, E. L.; NAWY, E. G. Moisture transport in a solid waste column. **Journal of Environmental Engineering**, v. 110, p. 780-796, 1984.
- LOBO, A. G.; TEJERO, I. MODUELO 2: a new version of an integrated simulation model for municipal solid waste landfills. **Environmental Modelling and Software**, v. 22, p. 59-72, 2007.
- LOMBARDI, F.; COSTA, G.; SIRINI, P. Analysis of the role of the sanitary landfill in waste management strategies based upon a review of lab leaching tests and new tools to evaluate leachate production. **Ambiente & Água**, v. 9, p. 13, 2017.
- LOPES, J. R. A.; FREIRE, B. C.; MORAIS, G. P. D. F.; VALONES, G. Abordagem multicaso sobre a gestão de resíduos sólidos de empreendimentos no semiárido potiguar – RN. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 596-605.

MALAKAHMAD, A.; ABUALQUMBOZ, M. S.; KUTTY, S. R. M.; ABUNAMA, T. J. Assessment of carbon footprint emissions and environmental concerns of solid waste treatment and disposal techniques; case study of Malaysia. **Waste Management**, v. 70, p. 282-292, 2017.

MOOSAVI, V.; VAFAKHAH, M.; SHIRMOHAMMADI, B.; BEHNIA, N. A wavelet-ANFIS hybrid model for ground-water level forecasting for different prediction periods. **Water Resources Management**, v. 27, p. 1301-1321, 2013.

MRUTYUNJAYA, S.; MAHAPATRA, S. S.; SAHU, H. B.; PATEL, R. K. Prediction of water quality index using neuro fuzzy inference system. **Water Quality, Exposure and Health**, v. 3, p. 175-191, 2011.

NOORI, R.; ABDOLI, M.A.; FAROKHNIA, A.; ABBASI, M. Results uncertainty of solid waste generation forecasting by hybrid of wavelet transform-ANFIS and wavelet transform-neural network. **Expert Systems with Applications**, v. 63, p. 461, 2009.

PANTINI, S.; VERGINELLI, I.; LOMBARDI, F. A new screening model for leachate production assessment at landfill sites. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, p. 1503-1516, 2014.

RAU, J. L. Searching the literature and selecting the right references. **Respiratory Care**, v. 49, 2004.

SÃO MATEUS, M. S. C.; MACHADO, S. L.; BARBOSA, M. C. An attempt to perform water balance in a Brazilian municipal solid waste landfill. **Waste Management**, v. 32, p. 471-481, 2012.

SCHROEDER, P. R.; AZIZ, N. M.; LLOYD, C. M.; ZAPPI, P. A. The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: User's Guide for Version 3. **Washington, DC: US Environmental Protection Agency Office of Research and Development**, 1994.

SILVA, A. F.; CRUZ, T. N. S.; NOBREGA, S. L. D.; SILVA FILHO, P. A.; ANTUNES, A. F. N. R. Landfill leachate production through empirical methodologies: A case study of the lajes Site in Northeastern Brazil. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 21, p. 2195-2213, 2016.

STRAUB, W. A.; LYNCH, D. R. Models of landfill leaching: moisture flow and inorganic strength. **Journal of Environmental Engineering**, v. 108, p. 231-250, 1982.

THYER, B. A. Preparing Research Articles. Chapter 1: The Importance of Journal Articles. Florida State University. **Oxford Scholarship Online**, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/land-research/hydrologic-evaluation-landfill-performance-help-model>>. Acesso em: 30 maio 2019.

WHITE, J.; ROBINSON, J.; REN, Q. Modelling the biochemical degradation of solid waste in landfills. **Waste Management**, v. 24, p. 227-240, 2004.

XU, Q.; KIM, H.; JAIN, P.; TOWNSEND, T. G. Hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) modelling in bioreactor landfill design and permitting. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 14, p. 38-46, 2011.

YANG, N.; DAMGAARD, A.; KJELDSEN, P.; SHAO, L.-M.; HE, P.-J. Quantification of regional leachate variance from municipal solid waste landfills in China. **Waste Management**, v. 46, p. 362-372, 2015.

ZACHAROF, A. I.; BUTLER, A.P. Stochastic modelling of landfill leachate and biogas production incorporating waste heterogeneity. Model formulation and uncertainty analysis. **Waste Management**, v. 24, p. 453-462, 2004.

ZHANG, Q.; TIAN, B.; ZHANG, X.; GHULAM, A.; FANG, C.; HE, R. Investigation on characteristics of leachate and concentrated leachate in three landfill leachate treatment plants. **Waste Management**, v. 33, p. 2277-2286, 2013.

7.6 IMPACTOS ANTRÓPICOS E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE TRECHO DO RIO ESTIVA, MARECHAL DEODORO – AL

BASTOS, Adelmo Lima
Instituto Federal de Alagoas
adelmobastos@gmail.com

GAMA, José Aparecido da Silva
Instituto Federal de Alagoas

SILVA, Dário Luiz Nicácio

SILVA, Taciana Rodrigues da
tacy_rodrigues28@hotmail.com

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos sólidos tem gerado intensa preocupação à sociedade e aos órgãos competentes. A ineficiência no gerenciamento desses resíduos tem sido um grande fator no agravamento dos problemas ambientais enfrentados por diversos municípios brasileiros. Em Marechal Deodoro – AL, o rio Estiva é o maior abastecedor de água e encontra-se com um intenso desequilíbrio ecológico ao longo do seu curso. Diante disso, é de fundamental importância uma avaliação da qualidade da água desse recurso hídrico. Esse estudo se propôs a avaliar a qualidade da água utilizando os parâmetros físico-químicos (pH, cor, turbidez, sólidos totais, ferro total, alcalinidade de HCO_3) e a degradação ambiental causada ao longo do corpo hídrico. Para compreensão dos resultados das análises, teve-se como base a legislação vigente do CONAMA nº. 357/2005 e nº. 274/2000. Foram selecionados quatro pontos de amostragem, submetidos a avaliações por um período de seis meses. A primeira avaliação classificou os pontos como Classe 2, segundo o CONAMA. Posteriormente, todos os pontos sofreram gradativamente alguma alteração decorrente das ações antrópicas em seu entorno. Por fim, o Ponto 3 apresentou, em todos os parâmetros analisados, os maiores valores em comparação com os demais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Degradação Ambiental, Gestão.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com as fontes disponíveis de água está ganhando força, pois há muito vem sendo comprometida ou correndo risco de se esgotar devido ao aumento populacional de forma desordenada e do uso da água de forma irracional. Também contribui para esse processo o avanço do desenvolvimento industrial e tecnológico, com a devastação dos recursos naturais como: desmatamento, assoreamento dos rios, poluição, entre outros, fatores que corroboram na disponibilidade da água, tanto na sua qualidade quanto quantidade.

A necessidade de proteção das águas contra diversas formas de poluição e de uso inadequado se traduz em normas legais que pretendem planejar, regular e controlar a sua utilização, de acordo com padrões e critérios definidos através da Política Nacional de Recursos Hídricos, e implementados através do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A qualidade da água e os padrões de consumo estão estabelecidos dentro de um contexto legal e podem ser avaliados através da Resolução CONAMA, nº. 357/2005 (CONAMA, 2005) que instituiu condições da qualidade da água para o enquadramento dos corpos hídricos, de acordo com seus usos e classificação.

Decorrente das ações antrópicas, a qualidade ambiental foi se modificando, devido a uma série de transtornos provocados no meio ambiente, que geraram uma gama de impactos, muitos deles irreversíveis, principalmente os relacionados à preservação das águas superficiais e subterrâneas. No que se referem à água, essas ações afetaram e continuam afetando os corpos hídricos e, conseqüentemente, os organismos aquáticos e o ser humano. O deficiente gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos grandes agentes de poluição dos recursos hídricos. A contaminação pode ocorrer desde o leito do rio até o lençol freático, devido à lixiviação do chorume, passando pela desfiguração da paisagem. Desta forma, compromete o desenvolvimento da fauna e flora, e pode ocasionar também perda da balneabilidade. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água do rio Estiva, mediante a influência do descarte inadequado de resíduos no seu entorno, em consonância com as legislações vigentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A busca por ações que busquem sanar os problemas ambientais, especialmente os relativos aos resíduos sólidos, procura induzir uma melhoria na qualidade ambiental e de vida da população. Nesse sentido, as ações a serem empreendidas devem se pautar em princípios que norteiem: a não geração de resíduos, a minimização da geração, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada. Sendo esta última não menos importante que as outras, pois expressa um dos maiores problemas da gestão de resíduos.

2.1 Resíduos sólidos

O ser humano é responsável pela produção de resíduos desde quando começou a viver em comunidades. A geração de resíduos sólidos vem aumentando em escala acelerada e continua. Ao longo do tempo, as cidades desenvolveram-se e algumas delas acabaram criando políticas sanitárias, como uma forma de gerenciar os resíduos sólidos nelas produzidos. Para algumas outras cidades, as ações para com a questão dos resíduos sólidos tornaram-se necessárias quando virou um problema sanitário, apresentando riscos à sociedade. Os resíduos começaram a ganhar importância para a saúde pública devido aos diversos riscos que os mesmos podem causar para a sociedade. Também ganharam importância no âmbito ambiental, em nível nacional e internacional, sendo tema abordado em diversos encontros mundiais, evidenciando a problemática que a geração e a má destinação, por exemplo, podem causar ao meio ambiente.

Destaca-se que, apesar da existência de diretrizes que combatem o crime ambiental supracitado, a realidade dos discursos e ações municipais, ainda estão sendo propagadas de forma

rudimentar (ASSIS et al., 2017). Diante disso, tornou-se perceptível que a solução na gestão de resíduos sólidos é minimizar a geração dos resíduos, desenvolvendo técnicas que possam extinguir o desperdício e contribuam para o desenvolvimento de forma sustentável. A Lei Federal 12.305 foi finalmente sancionada em agosto de 2010, dando origem à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). A implantação da lei foi um marco essencial para traçar os novos rumos que os municípios brasileiros teriam que tomar para sua efetiva aplicação. É nítido que os municípios começaram a enfrentar sérios problemas para se adequarem à lei, como, por exemplo, a baixa disponibilidade de orçamento. Para enfrentar esses desafios, essa lei estabelece diretrizes de gestão compartilhada, como a formação de consórcios intermunicipais de gerenciamento dos resíduos sólidos (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018). Ademais, os princípios norteadores da PNRS são a proteção da saúde humana e a sustentabilidade.

2.2 Gestão de resíduos sólidos

A gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos são essenciais para o desenvolvimento sustentável. A busca por soluções para minimizar ou reverter os danos causados ao meio ambiente e à sociedade são as pautas principias em se tratando do tema. Com isso, é notório que para a redução da geração dos resíduos é necessário mudar os padrões de consumo e produção, como forma de minimizar os impactos ambientais através do uso sustentável dos recursos. É de extrema importância que os resíduos sejam descartados de maneira correta, evitando assim a degradação ambiental e danos futuros à saúde humana (OLIVEIRA et al., 2018). Assim, como alternativa tem-se a coleta seletiva, que além de ser ambientalmente correta, é uma alternativa responsável por diminuir o volume de resíduos nos aterros, evitando-se o descarte inapropriado e promovendo a geração de renda para uma parte da população, através da reciclagem.

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é de suma importância, especialmente em ambientes insulares, visto que estes possuem um alto grau de fragilidade, fazendo-se necessárias ações voltadas à elaboração de políticas públicas e de planos multissetoriais, com o objetivo de minimizar a geração e obter o máximo de reuso, reaproveitamento e reciclagem dos materiais (SILVA; ALMEIDA; EL-DEIR, 2019).

Em voga, a gestão ambiental e o gerenciamento dos resíduos sólidos abarcam estudos problematizadores além do campo do meio ambiente, aderindo também as instâncias sociais, econômicas e culturais. Por instância social, a chamar atenção, refere-se a esfera que engloba a desigualdade na distribuição da renda entre a população associada à precariedade no trabalho que gera essa renda (SILVA; SILVA; SILVA, 2018).

Parte-se do princípio que o aumento na produção de resíduos associado a uma demanda maior na produção de bens e serviços devido ao aumento populacional, são os responsáveis por potencializar a degradação ambiental provocada pelo descarte dos bens produzidos, acarretando nos grandes volumes de resíduos sólidos presentes nos lixões, por exemplo.

2.3 Impactos aos recursos hídricos

De acordo com Pinto, Rossato e Coronel (2018), a degradação ambiental é um problema de âmbito mundial que apresenta vários desdobramentos em questões ambientais, sociais e econômicas de diversas sociedades. A conscientização da sociedade quanto à destruição da natureza, em suas várias instâncias, denota a busca por alternativas inteligentes, rápidas e práticas, com a intenção de reduzir o impacto ambiental para a obtenção de um desenvolvimento ecologicamente equilibrado para todo o Planeta (PILAU SOBRINHO; PIRES, 2018, p. 11). Em termos legais, segundo previsto na lei nº. 6.938/1981, entende-se por poluição ao meio ambiente:

Art. 3º – Para os fins previstos nesta lei, entende-se:

[...] III – poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981).

A escassez dos recursos hídricos é latente. Medidas de restrição, estado de atenção e de alerta ao uso e à captação de águas são, de fato, uma necessidade. Não se pode olvidar. Por isso que, além de estabelecer critérios quanto ao uso e à captação da água, é também necessário direcionar o olhar às atividades econômicas que contribuam para tal escassez. Atualmente, o descarte incorreto dos resíduos sólidos tem sido um dos maiores problemas que estão afetando o mundo e impactando diretamente os recursos hídricos. Segundo Andrade e Felchak (2009), a poluição dos recursos hídricos tem atingindo de forma direta a sociedade humana, indicando assim, impactos nos seus mais diversos usos.

A poluição dos recursos hídricos por meio do despejo inadequado de lixo nos entornos dos corpos d'água leva à contaminação não só de suas águas superficiais, como também de reservatórios subterrâneos. Durante o processo de decomposição dos resíduos, a umidade de constituição dos diferentes materiais que sobram, associada à umidade natural dos resíduos e à água resultante da chuva, formam o lixiviado (BIDONE, 1999; CASTILHO, 2003). De acordo com Leite, Bernardes e Sebastião (2004), esse lixiviado, conhecido por chorume ou percolado, possui elevada carga de poluentes e ao entrar em contato com o solo ou com os corpos d'água, pode modificar suas características químicas e biológicas. Este chorume contém altas concentrações de sólidos suspensos, metais pesados e compostos orgânicos decorrentes da degradação de substâncias que são metabolizadas (BERTAZZOLI; PELEGRINI, 2002).

Devido à alta toxicidade do chorume, é necessário o gerenciamento desses resíduos e o seu tratamento, antes dos mesmos serem lançados no ambiente. Quanto maior o tempo que a matéria orgânica fica aterrada, mais o chorume se torna complexo do ponto de vista da sua composição química, e seu tratamento necessita de tecnologias mais avançadas para que atenda os parâmetros necessários e seja então lançado nos corpos hídricos sem atenuação dos danos (PONTA GROSSA, 2013).

2.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

A avaliação da qualidade da água deve integrar informações de caráter físico e químico. Os vários parâmetros discutidos devem ser utilizados em conjunto para garantir uma análise profunda e relevante acerca da qualidade da água utilizada para o abastecimento humano (SOARES; FERREIRA, 2017). De acordo com Assis et al. (2017):

Como possui um papel fundamental para todos os seres vivos, a água para o consumo humano deve ser obtida através de fontes de abastecimentos confiáveis, para isso, é necessário que seus padrões de qualidade obedeçam aos prescritos na legislação vigente, para assim, promover saúde a todos os seres que a consomem, e, portanto, está dissociada à veiculação de agentes contaminantes e/ou patogênicos.

3. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Marechal Deodoro, distante 35 km da capital alagoana, Maceió. A avaliação foi desenvolvida às margens de trecho do rio Estiva, no povoado Tuquanduba, zona rural da região. O embasamento do trabalho foi realizado tomando como bases

algumas referências bibliográficas com relação à gestão dos recursos hídricos, levando em consideração as leis e normas referentes a esses. Em seguida, foi feita a seleção dos pontos de amostragem para a coleta da água e posterior análise laboratorial. Os pontos de amostragem foram selecionados em localidades distintas a fim de avaliar a qualidade da água em locais submetidos a diferentes poluentes (Tabela 1).

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coletas de amostras no rio Estiva.

<i>Pontos de coleta</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
P1 – Nascente	9°41'28.20"	5°55'44.88"
P2 – Catita	9°41'54.12"	5°54'59.46"
P3 – Cajazeiras	9°43'12.96"	5°54'3.54"
P4 – Captação do SAAE	9°43'5.88"	5°54'3.54"

Todos os pontos foram demarcados, e para uma compreensão mais detalhada de todo o curso do rio, foi obtida uma imagem mapeada via satélite, com todas as demarcações (Figura 1).

Figura1. Delimitação dos pontos de amostragem.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

As coletas de água foram realizadas em um período de seis meses, uma vez ao mês, em datas preestabelecidas, sendo coletadas em quatro pontos de amostragem. Para as análises do pH foi utilizado o medidor com eletrodo de faixa de 4 a 7 (ANALION, pH-Meter); o pH é obtido através da técnica eletroquímica com eletrodos. Para análise de turbidez foi utilizado o aparelho digital turbidímetro (AP2000 Policontrol). Para análise da cor foi utilizado o aparelho colorímetro visual (DLNH-100, MARCA DEL LAB). Para sólidos totais dissolvidos foi utilizado um aparelho que possui eletrodos que são imersos na amostra para a aferição (Minipa, MTDS-3000). A análise de ferro total foi feita através da utilização do aparelho DR/890 Colorimeter HACH, que faz 117 parâmetros. Por fim, a alcalinidade de HCO_3 foi realizada através do procedimento de titulometria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o período das coletas realizadas, foram observadas nos quatro pontos de amostragem as possíveis fontes de poluição que representam riscos severos aos recursos hídricos de forma que podem comprometer o equilíbrio dos mananciais e do ecossistema da região. Dessa forma, evidencia-se que as atividades antrópicas são as principais causadoras da degradação ambiental. Nos pontos estudados, a alteração da qualidade das águas é evidente. Com visitas *in loco* foi possível identificar que a água sofreu forte influência do meio externo, que foi o principal agente responsável por toda degradação dos recursos naturais, exercendo diversas atividades que contribuíram para o desequilíbrio do ecossistema e para o nível de degradação, causando a contaminação e o comprometendo da qualidade do recurso hídrico.

No Ponto 01 – Nascente, a forma de poluição encontrada foi o desmatamento da mata ciliar que provocou o assoreamento do rio nesse ponto. Cabe destacar que a localização ainda dificulta que outras formas de degradações existam na localidade, por ser um ponto de difícil acesso da população. O Ponto 02 – Catita, diferentemente do Ponto 1, é de fácil acesso da população. Nesse ponto, o rio encontra-se eutrofizado, a mata ciliar em avançado estado de desmatamento, há ocorrência de extração irregular de areia e o despejo inadequado de resíduos sólidos. O Ponto 03 – Cajazeiras é o ponto de acesso mais facilitado, por ser dentro da cidade, sendo assim o que apresentou o maior estado de degradação. Nesse ponto foi verificada a ocorrência de desmatamento da mata ciliar, assoreamento, lançamento de esgoto doméstico e despejo de lixo urbano e dejetos de animais. No Ponto 04 – Captação do SAAE, as condições são as mais favoráveis, por se tratar justamente do local onde a água é captada para o tratamento convencional e o acesso se dá apenas por parte dos profissionais responsáveis pelo órgão. A única fonte facilitadora de poluição foi o desmatamento da mata ciliar, fator presente nos quatro pontos estudados.

Quanto à análise físico-química, o pH não diferiu estatisticamente nos pontos Nascente e Catita; nos demais pontos houve uma pequena elevação. Em Cajazeiras observou-se um pH médio de 8,29, que diferiu estatisticamente dos demais pontos; no entanto, os outros três pontos apresentaram uma elevação no pH, aproximando-se da neutralidade. Porém, todos os quatro pontos estão próximos do aceitável, conforme a Resolução CONAMA nº. 357/2005 (CONAMA, 2005), que preconiza valores de pH entre a faixa de 6,0 a 9,0 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias das análises físico-químicas.

	Pontos de Coleta			
	NNascente	CCatita	CCajazeiras	CCaptação do SAAE
	Mg.L ⁻¹			
pH	66,50 a	66,50 a	88,29 c	66,92 b
Dureza de Ca	33,33 a	33,50 a	44,00 a	99,33 b
Dureza de Mg	33,95 a	33,12 a	66,23 b	22,78 a
Ferro total	00,32 a	00,35 a	11,25 b	00,35 a
Alcalinidade HCO₃	99,66 a	111,00 a	117,66 a	114,00 a

Média seguida de mesma letra na linha, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Nos pontos referentes aos pontos Nascente, Catita e Cajazeira, a dureza de Ca não diferiu estatisticamente entre si, diferindo estes apenas da Captação do SAAE, onde foi verificada dureza de Ca de 9,33. A dureza de Mg manteve-se igual estatisticamente em três dos quatro pontos analisados, quando foi verificada uma alteração apenas no Ponto 3, que apresentou uma dureza de Mg de 6,23. Essa elevação pode ser resultante do despejo por parte da população de materiais que acentuem o índice de dureza de Mg na água. A Resolução CONAMA nº. 357/2005 (CONAMA, 2005) não menciona este parâmetro em seu texto. Não houve mudanças significativas nas concentrações de Ferro total nos pontos analisados, quando pôde ser observada uma pequena elevação apenas no Ponto 3, com 1,25 mg/L de ferro total, que pode ter relação com a erosão do solo na margem do rio, que nos períodos de chuva possui o solo lavado e os detritos acabam sendo lixiviados para o rio, influenciando o nível de ferro total do mesmo. A Resolução CONAMA nº. 357/2005 (CONAMA, 2005) classifica como Classe 1 o ferro total de até 0,3 mg/L e Classe 3 o de até 5,0 mg/L. Portanto o ponto Cajazeiras apesar de se encontrar com parâmetros mais elevados em relação aos demais, também se enquadra na Classe 3, de acordo com a legislação.

A alcalinidade HCO₃, por sua vez, aumentou gradativamente no Ponto 3 e decresceu no Ponto 4, devido principalmente ao fato do primeiro estar localizado na região urbana, diferentemente dos demais. Este ponto está situado numa área onde a população tem contato mais frequente com o rio, e acaba lançando muitos materiais que podem contribuir com o aumento da alcalinidade. Já a

alcalinidade dos demais pontos foi menor, provavelmente porque os mesmos estão situados em pontos com acesso mais dificultado, impossibilitando a ocorrência de alguns impactos. Dessa forma, mesmo havendo uma variação entre os pontos analisados e uma notável elevação no Ponto 3, não houve diferença estatística significativa entre os mesmos. A Resolução CONAMA n°. 357/2005 (CONAMA, 2005) também não menciona este parâmetro em seu texto.

A cor não deferiu estatisticamente nos pontos Nascente, Catita e Estação do SAAE, porém houve mudança no ponto Cajazeiras, onde foi verificada o valor de 43,33b uH, em que o parâmetro apresentou uma elevação de acordo com os dados estatísticos. Isso ocorre porque o mesmo está localizado em uma área de fácil acesso, num local em que há a incidência de várias ações antrópicas, como: lançamento de efluentes, despejo de lixo, desmatamento de mata ciliar, entre outros, fatores que contribuem para a deterioração da qualidade da água. Portanto, houve nesse ponto um aumento brusco da coloração da água, diferindo dos demais pontos analisados. Segundo a Resolução do CONAMA n°. 357/2005 (CONAMA, 2005), o máximo permitido para cor é de 75 Pt L-1, desta forma, os valores médios observados estão dentro dos valores permitidos (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das análises físico-químicas.

Parâmetros	Pontos de Coleta			
	Nascente	Catita	Cajazeiras	Estação SAAE
Cor (uH)	0,83 a	10,00 a	43,33 b	10,83 a
Turbidez (UNT)	4,03 a	7,68 a	54,56 b	12,51 a
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	57,66 a	62,33 a	94,00 b	66,16 a

Média seguida de mesma letra na linha, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A turbidez referente aos pontos Nascente, Catita e Estação do SAAE não diferiram estatisticamente, diferentemente do ponto Cajazeiras, onde ocorreu um maior índice dessa variável. Esse fato pode ser resultado da localização desse ponto de amostragem, que sofre maior influência do meio externo, possivelmente devido a ações naturais, como a erosão do solo, que desencadeia o carregamento de partículas do solo para o corpo hídrico, pela ação das chuvas, aumentando o índice de matéria orgânica na água. Esses dados estão de acordo com Libânio (2010), quando afirma que a turbidez dos corpos d'água é particularmente elevada em regiões com solos erodíveis, onde as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. De acordo com os resultados obtidos pelo teste do Tukey ($p < 0,05$) para turbidez, houve uma grande diferenciação entre o ponto Cajazeiras em relação aos demais. Os valores médios encontrados para turbidez estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n°. 357/2005 (CONAMA, 2005) que estabelece valor máximo de turbidez igual a 100 UNT para mananciais Classe 2.

Verificou-se que os valores dos sólidos totais são estatisticamente iguais em três pontos de amostragem, com exceção do Ponto 3, que apresenta uma média superior, diferindo estatisticamente dos demais, devido a uma pequena, porém significativa, elevação. Esta elevação nesse ponto se dá em função das ações antrópicas que são constantes no local amostrado. A resolução do CONAMA n°. 357/2005 (CONAMA, 2005) não menciona este parâmetro em seu texto.

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados das análises físico-químicas da água de trecho do rio Estiva, foi possível realizar uma análise de conformidade de quatro pontos do rio, de acordo com o CONAMA. Conforme os parâmetros discutidos: cor, turbidez, pH, sólidos totais, ferro total, dureza de Ca e Mg e alcalinidade de HCO₃, verificou-se que os Pontos 1, 2 e 4 possuem boa qualidade, por se tratarem de áreas onde não existem tanta interferência humana. Já o Ponto 3 apresentou em todos os parâmetros analisados os maiores valores em relação aos demais, estando essa diferenciação relacionada a ações antrópicas ocorrentes no local, pois tal ponto está localizado dentro da área urbana de Marechal

Deodoro. Os parâmetros estudados nos quatro, pontos de acordo com as análises, estão dentro dos valores permitidos pelo CONAMA.

Todas as alterações no entorno do rio são resultantes das ações antrópicas e a falta de consciência e sensibilização ambiental da população. É notória a importância das ações de Educação Ambiental como forma de sensibilização da população sobre a importância da redução da geração de resíduos, bem como do desperdício de materiais e da poluição, evitando, assim, danos ambientais, como a baixa qualidade da água, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. R.; FELCHAK, I. M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do rio das antas – Irati/PR. **Geo-Ambiente Online**, n. 12, p. 108-132, 2009.
- ASSIS, D. M. S.; LIMA, A. B.; SILVA, E. R. M.; SILVA, A. S.; BARBOSA, I. C. C. Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água de abastecimento em diferentes bairros do município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). **Revista Virtual de Química**, 2017, v. 9, n. 5, p. 1825-1839, 2017.
- BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo foto eletro químico. **Química Nova**, v. 25, p. 470-476, 2002.
- BIDONE, F. R. A. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Paulo: EESC/USP, 1999.
- BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 02 ago. 2010.
- BRASIL. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 31 ago. 1981.
- CASTILHO, A.B. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES RiMa, 2003.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357/2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://mapas.google.com>>. Acesso em: 26 mar. 2019.
- LEITE, C. M. B.; BERNARDES, R. S. O.; SEBASTIÃO, A. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 111-115, 2004.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3ª ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.
- MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018.
- OLIVEIRA, A. C.; SANTANA, A. F.; FERNANDES, J. C.; BORBA, T. A. S. Gestão de Resíduos da Saúde Veterinária na Região Metropolitana do Recife – PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 491-505.
- PILAU SOBRINHO, L. L.; PIRES, N. S. S. Biodemocracia: uma leitura a partir da decolonialidade do saber. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 8, n. 1, p. 7-23, 2018.

PINTO, N. G. M.; ROSSATO, V. P.; CORONEL, D. A. Degradação ambiental agropecuária na América Latina: uma abordagem de índices nos países da região. **Revista Desenvolvimento em Questão**, v. 17, p. 218-235, 2019.

PONTA GROSSA. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Secretaria Municipal de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.pontagrossa.pr.gov.br/files/formularios/PGIRS%20Ponta%20Grossa.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

SILVA, I. H. F. R.; SILVA, R. M. S.; SILVA, D. K. S. A. B. **O trabalho precarizado no lixo; um lixão, uma renda e a subsistência**. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 173-185.

SILVA, K. A.; ALMEIDA, I. M.; EL-DEIR, S. G.; **Gerenciamento dos resíduos sólidos nos Planos de Manejo do Arquipélago de Fernando de Noronha – PE**. In: NUNES, I. L. S.; PESSOA, L. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª edição. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 53-65.

SOARES, E. M.; FERREIRA, R. L. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, p. 50-76, 2017.

7.7 UTILIZAÇÃO DE PIEZÔMETROS EM ATERROS SANITÁRIOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

SANTOS JUNIOR, José Ivan dos

Universidade Federal de Pernambuco
juniorsantosji17@gmail.com

GURJÃO, Renan Ítalo Leite

Universidade Federal de Campina Grande
renan.ilg@gmail.com

ARAÚJO NETO, Cláudio Luís de

Universidade Federal de Campina Grande
claudioluisneto@gmail.com

RESUMO

Os aterros sanitários são obras geotécnicas de disposição ambientalmente adequada de resíduos sólidos. Entretanto, apenas dispor os resíduos em aterros sanitários não configura a melhor solução de tratamento e destinação, sendo fundamental entender a dinâmica destes empreendimentos por meio de mecanismos que permitam monitoramento, entendimento e interpretação da dinâmica dessas obras. Os piezômetros são instrumentos bastante utilizados no âmbito da engenharia, pois possibilitam o monitoramento de poropressões. Com isso, esse trabalho tem como objetivo analisar o desempenho de dois tipos de piezômetros que são utilizados em aterros sanitários. Para essa análise, realizou-se uma revisão bibliográfica, em que foi feita uma comparação entre a utilização de um Piezômetro de Casagrande instalado em um aterro sanitário no semiárido paraibano e o Piezômetro Vector utilizado em um aterro sanitário na Bahia. Ambos piezômetros são indicados para a utilização em aterros sanitários e para a medição de níveis de líquidos. Contudo, apenas o Piezômetro Vector permite a medição de poropressão de gases.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Instrumentação, Piezômetros.

1. INTRODUÇÃO

A disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários é uma prática bastante comum, sendo o procedimento mais utilizado, em virtude da sua praticidade e baixo custo quando comparadas a outras técnicas (GOEL et. al., 2017; LOPES et al, 2018; MONTEIRO, 2003). Entretanto, dispor os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em aterros sanitários sem o devido monitoramento, realizado por meio de instrumentação adequada, não proporciona segurança e controle de impactos ambientais que porventura venham a ocorrer. É fundamental entender a dinâmica destes empreendimentos, conhecer suas propriedades e analisar o seu comportamento para garantir a segurança desse espaço (ARAÚJO NETO, 2016). Em aterros sanitários, a biodegradação da fração orgânica dos RSU ocorre por meio de processos físicos, químicos e biológicos, gerando subprodutos, lixiviados e biogás (TCHOBANOGLIOUS; THEISEN; VIGIL, 1993). As poropressões são geradas no interior dos vazios dos maciços sanitários causadas pelos fluidos (lixiviado e biogás) que preenchem os poros. O monitoramento das poropressões em aterros sanitários é fundamental para um bom funcionamento desse empreendimento, pois possibilita a análise das tensões efetivas, da estabilidade e do fator de segurança dos maciços.

A instrumentação pode ser vista como a premissa para a gestão de um aterro sanitário (NÓBREGA, 2017). Manconi (2016) relata que as informações obtidas pelos mecanismos de monitoramento são a base do entendimento e interpretação de um evento sob investigação. Conforme Souza et al. (2016), a ciência usa os instrumentos da metrologia para o entendimento do processo ou fenômeno estudados em procedimentos experimentais, para elaboração, desenvolvimento e constatação de trabalhos científicos. Townsend et al. (2015) relata que os aterros utilizam equipamentos de grande porte durante a operação, e devem possuir equipamentos e mão de obra especializados necessários para a construção dos componentes e garantia da sustentabilidade do empreendimento.

Comumente utiliza-se a instrumentação denominada piezômetro para aferir a pressão hidráulica no ponto em que são instalados (NÓBREGA, 2017). Segundo Nóbrega et al. (2008), os piezômetros são bastante utilizados no âmbito da engenharia para o monitoramento de poropressões. São instrumentos dos mais confiáveis e robustos para a mensuração das subpressões ou poropressões, em barragens de terra, em virtude de sua simplicidade, do seu custo moderado e da sua durabilidade (CASTRO, 2008). Com isso esse trabalho teve como objetivo comparar o desempenho dos Piezômetros de Casagrande e Vector que são utilizados em aterros sanitários.

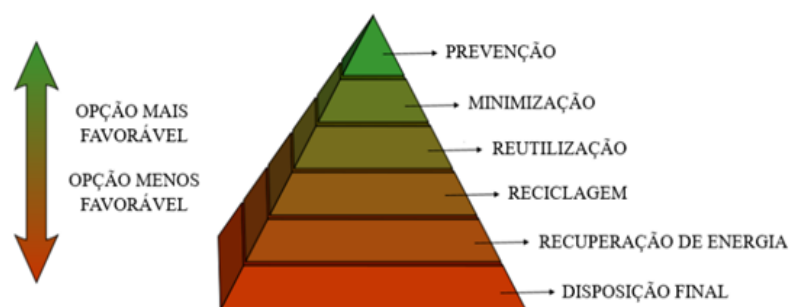
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PNRS e aterros sanitários

O crescimento populacional e a urbanização ocasionaram a geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos industriais e urbanos em todo o mundo (TISSERANT et al., 2017; GUEDES et al., 2016; GUSMÃO et al., 2018). Por isso, a problemática do gerenciamento dos RSU vem se agravando pelo aumento de sua geração e por estes constituírem-se, cada vez mais, de propriedades diversificadas compostas por substâncias nocivas e infectuosas, com a capacidade de causar danos destoantes e adversos ao bem-estar coletivo e ao meio ambiente (BARROS, 2018; GOMES, 2017; JANAS; ZAWADZKA, 2018; PEREIRA NETO, 2007, apud GUEDES et al., 2019).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), prevê que a gestão de gerenciamento de RSU deve obedecer uma ordem de prioridade (Figura 1). Com a ordem de prioridade, pode-se ter uma melhor gestão e organização para o estabelecimento das prioridades de destinação do resíduo. Aprimorando o gerenciamento, existe uma redução da chance do resíduo ser destinado a aterros sanitários que configuram a última opção da ordem de gerenciamento dos resíduos sólidos. (MEDEIROS, 2018).

Figura 1: Ordem de prioridade de gestão dos RSU.

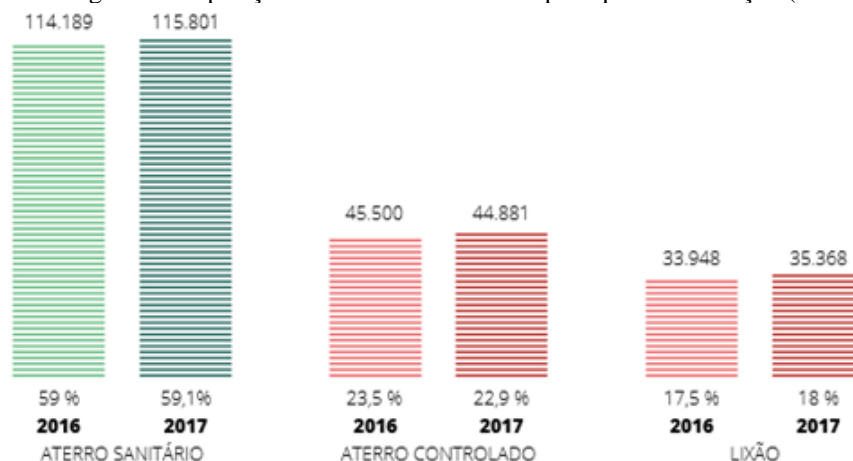


Fonte: Medeiros (2018).

Segundo a NBR 8419 (ABNT, 1992), define-se aterro sanitário como uma técnica de disposição e tratamento de resíduos sólidos urbanos em uma área licenciada por órgãos ambientais, que não cause danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método esse que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de solo na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se for necessário. Apesar das diversas formas de tratamento de resíduos urbanos, incluindo reciclagem, compostagem e incineração, os aterros sanitários continuam sendo essenciais para a gestão de RSU e ainda constituem a forma mais comum de disposição final de RSU em várias regiões do planeta (ABREU; VILLAR, 2017; ALEYA et al., 2019; BUTT et al., 2014; CLARKE et al., 2015; GRISEY; ALEYA, 2015; RAHARDJO et al., 2016; TALAJAJ; BIEDKA, 2016).

No Brasil, 78,4 milhões de toneladas de RSU são gerados anualmente (Abrelpe, 2017). As formas de disposição inadequadas como lixões e aterros controlados ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia, com um índice superior a 40% (Figura 2), representando um elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde (Abrelpe, 2017).

Figura 2: Disposição final de RSU no Brasil por tipo de destinação (T/DIA).



Fonte: Abrelpe (2017).

Oliveira (2018), relata que o custo de disposição em aterros sanitários é mais elevado que o custo em aterros controlados, por sua vez mais oneroso que a operação de lixões. Vale

salientar que apenas a despesa com a disposição dos resíduos nestes ambientes é insuficiente para avaliar a melhor forma de destinação final, é necessário compreender também as condições dos locais onde os resíduos estão sendo aterrados, para propor assim o melhor modelo.

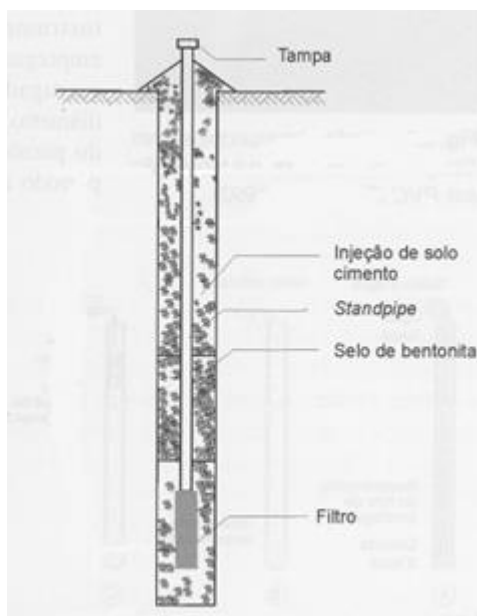
2.2 Piezômetros

Segundo Nóbrega (2017), é comum utilizar-se de piezômetros para aferir a pressão hidráulica no ponto em que são instalados. Antoniutti Neto, Val e Abreu (1995), relatam ainda que deve ser prevista a instalação de piezômetros com o intuito de analisar as poropressões dos líquidos e gases no interior dos maciços sanitários, subsidiando dessa forma, o diagnóstico da estabilidade dos aterros sanitários.

2.2.1 Piezômetros de Casagrande

Os piezômetros “standpipe” ou de tubo aberto, são chamados também de Piezômetros de Casagrande (Figura 3), sendo um elemento de admissão de água poroso (pedra porosa) interligado a um tubo vertical (ACEVEDO, 2013). O benefício de se manusear esse modelo de piezômetro é que esse instrumento afere diretamente o nível de água e não existem elementos ou sensores enterrados (DGSI, 2004). Segundo Dunncliff (2012), apesar de estar sujeito a danos causados por maquinário e compressão do solo em seu entorno, o piezômetro de tubo aberto possui um histórico de desempenho bem-sucedido.

Figura 3: Piezômetro de Casagrande.



Fonte: Thá (2007).

O Piezômetro de Casagrande consiste em uma tubulação inserida em furo de sondagem, perfurada em um determinado trecho, geralmente a base do tubo onde se encontra um filtro de areia ou brita. De acordo com Cerqueira (2008), o fluxo de líquidos subterrâneos através da extremidade perfurada do tubo, submetida a uma determinada carga piezométrica, faz com que o nível de água no interior da tubulação suba ou desça conforme a variação das condições desse fluxo. O espaço entre o tubo e o furo é preenchido com material impermeável para evitar que a leitura seja influenciada pelas condições piezométricas das camadas superiores ao filtro de areia ou brita.

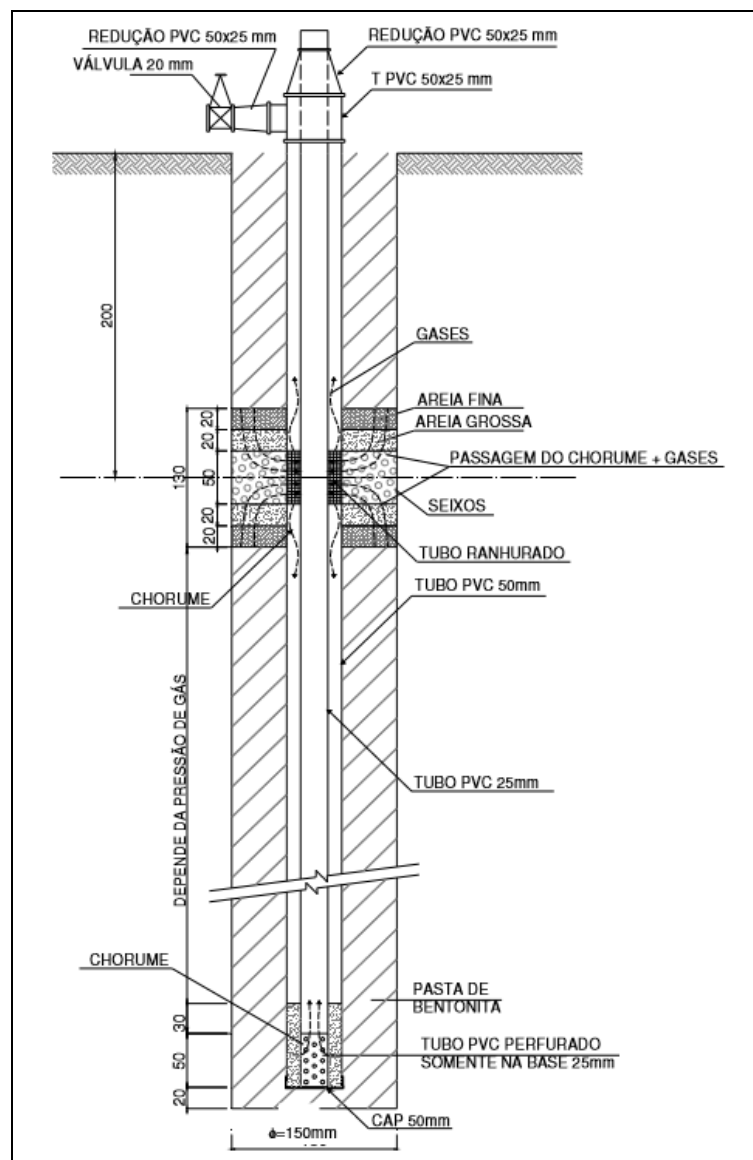
A realização da leitura no piezômetro geralmente é feita com um instrumento elétrico graduado, com uma ponteira elétrica que emite som ao entrar em contato com a água. Desta maneira,

mede-se a distância entre a extremidade superior do tubo e o nível de água. Dado que a distância entre o bulbo e a extremidade superior do tubo é notória, por subtração constata-se a altura da coluna de líquido sobre o bulbo. De posse da altura de coluna de líquido sobre o ponto de instalação, adiciona-se a mesma à cota de instalação, obtendo-se a cota piezométrica, em metros sobre o nível do mar (THÁ, 2007).

2.2.2 Piezômetro Vector

O Piezômetro Vector foi confeccionado com o objetivo de sanar o problema do nível suspenso de lixiviado em virtude da presença de bolsões de gás e para proporcionar a medição de pressão de gás e lixiviado separadamente (Figura 4).

Figura 4: Piezômetro Vector.



Fonte: Val e Neto (1994).

O princípio de funcionamento desse piezômetro é bem simples: o lixiviado e o gás do maciço sanitário fluem através do filtro no tubo externo do piezômetro sendo que o gás tende a ascender no interior do tubo e o lixiviado a fluir até a extremidade inferior, atingindo a parte perfurada do tubo interno. Sendo assim, no tubo interno entrará apenas lixiviado, cujo nível vai se elevar até chegar ao

equilíbrio com a pressão total de gás e lixiviado no tubo externo. Faz-se então a medida do nível de lixiviado no tubo interno, de modo análogo a um piezômetro de tubo aberto, e com este valor pode-se conseguir a pressão total externa (gás + lixiviado) no ponto de medição.

Quando liberada a válvula na extremidade superior do tubo externo, permite-se que o gás escoe para a atmosfera. Se após isso for realizada uma nova medida no nível de lixiviado no tubo interno, a diferença com relação ao nível anterior será igual à pressão de gás no ponto considerado.

3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consiste em revisão bibliográfica, em que foi feito uma análise entre a utilização dos tipos de piezômetros, o Piezômetro de Casagrande estudado por Nóbrega (2017) em um aterro sanitário do semiárido paraibano e o Piezômetro Vector utilizado no trabalho de Andrade (2014), em um aterro sanitário localizado na Bahia. Será relatado a instalação, funcionamento, benefícios e desvantagens desses equipamentos.

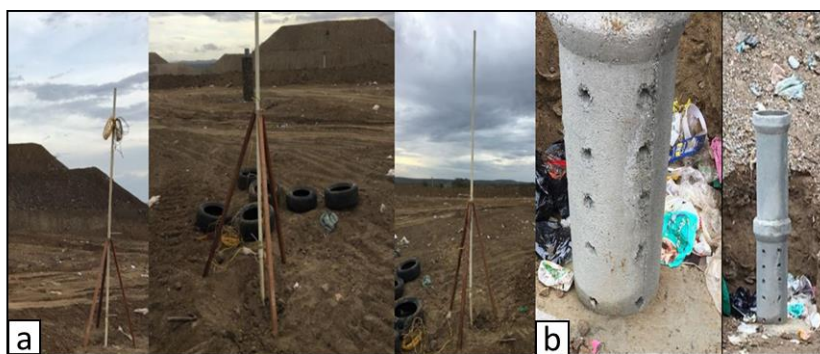
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Piezômetro de casagrande

Nóbrega (2017) estudou a implantação de piezômetros no Aterro Sanitário de Campina Grande – PB, sendo estes os mais utilizados em virtude do seu baixo custo e da sua praticidade. Para a confecção dos piezômetros utilizou-se de tubos de PVC e CPVC com diâmetros de 50 e 42 mm respectivamente, e furos na parede até uma altura de 1,5 m. As medições foram realizadas utilizando um sensor elétrico graduado que é acionado quando entra em contato com o lixiviado, possibilitando assim a obtenção da cota piezométrica.

Em virtude da operação e dinâmica desse aterro sanitário, recomendou-se a aplicação de outro material para confecção do piezômetro, a fim de evitar a sua inclinação e obstrução. Com isso passou-se a utilizar o Piezômetro de Casagrande confeccionado em manilha de concreto, com um filtro de 1 m de altura, diâmetro interno de 0,28m e diâmetro externo de 0,37m, conforme ilustrado na Figura 5. Na literatura não se encontrou equipamentos utilizando esse tipo de material, entretanto esse apresentou bom funcionamento, tornando-se viável a sua utilização para o aterro sanitário em Campina Grande.

Figura 5: (a) Piezômetro de PVC; (b) Piezômetro de Manilha de Concreto.



Fonte: Nóbrega (2017).

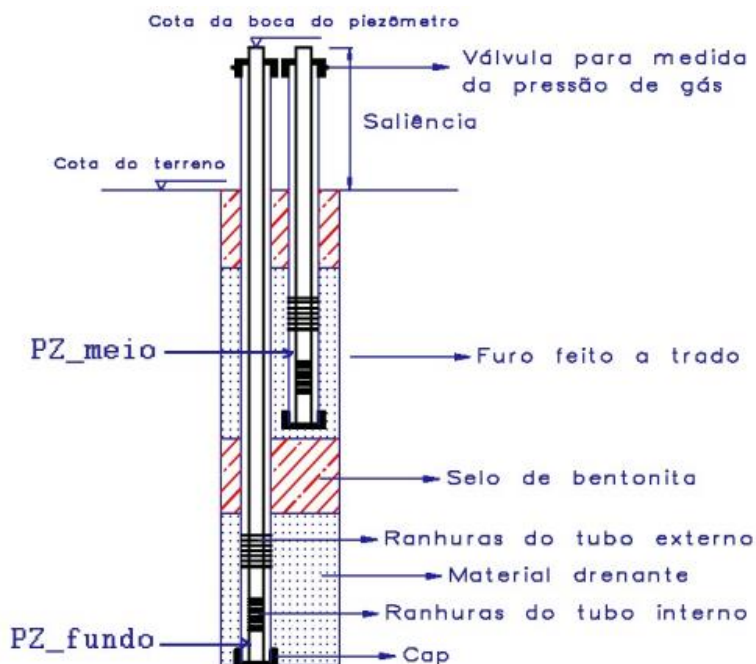
Vale salientar que os piezômetros foram instalados e alteados conforme a operação do aterro sanitário, pois a instalação por meio do furo de sondagem se tornava mais onerosa. Esse fator é importante para o funcionamento desses, pois a maioria dos piezômetros em aterros são instalados por meio de furos de sondagem e quando instalados no período de operação, uma das fases mais críticas desse empreendimento, assim, necessita-se de uma maior atenção, para interpretar o

funcionamento dessa instrumentação em meio as variantes desse contexto. A maioria das falhas de aterro parece ter ocorrido durante a fase de operação.

4.2 Piezômetro vector

O Piezômetro Vector vem sendo amplamente utilizado em aterros sanitários, conforme descrito anteriormente. No Aterro Sanitário Metropolitano Centro (ASMC), localizado na Região Metropolitana de Salvador – BA, para se monitorar a poropressão dos fluidos utilizando-se os piezômetros do tipo Vector, de dupla câmara, em multiníveis (Figura 6). Estes equipamentos permitem avaliar, ao mesmo tempo, as poropressões de gás e de lixiviado no interior do maciço sanitário, além da análise da presença de níveis intermediários de gás e chorume numa mesma seção do aterro (ANDRADE, 2014). Esse equipamento pode apresentar um maior custo em relação ao Piezômetro de Casagrande, pois necessita de uma válvula ou manômetro para aferir a poropressão do biogás.

Figura 6: Piezômetro Vector do ASMC.



Fonte: Andrade (2014).

5. CONCLUSÕES

Ambos os piezômetros são indicados para a utilização em aterros sanitários e para a medição dos níveis de líquidos. O Piezômetro de Casagrande é de fácil confecção e possui um baixo custo, e é geralmente o mais utilizado em aterros sanitários, contudo não permite a medição de poropressão do gás. O Piezômetro Vector possibilita a medição de poropressão de líquidos e de gases, fornecendo uma maior coleta de dados e viabilizando assim uma melhor análise de estabilidade de taludes em aterros sanitários. A forma como esses piezômetros são instalados pode interferir no seu funcionamento, caso estes sejam alteados conforme a operação do aterro sanitário, complicações podem surgir.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. E. S.; VILAR, O. M. Influence of composition and degradation on the shear strength of municipal solid waste. *Waste Management*, v. 68, p. 263-274, 2017.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Abrelpe São Paulo, 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 1992.

ACEVEDO, A. M. G. **Estudo de séries de leituras obtidas através do monitoramento da instrumentação geotécnica implantada em uma encosta litorânea**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ALEYA, L.; GRISEY, E.; BOURIOUG, M.; BOURGEADE, P. Performance assessment of etueffont (France) lagooning treatment system: report from a 16-year survey. **Science of the Total Environment**, v. 648, p. 518-529, 2019.

ANDRADE, S. F. **Aplicação da técnica de recirculação de chorume em aterros tropicais: estudo de caso do Aterro Sanitário Metropolitano Centro (ASMC)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ANTONIUTTI NETO, L.; VAL, E. C.; ABREU, R. C. Desempenho de Piezômetro Vector em aterro sanitário. **Anais do III Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos**, v. 2, p. 593-601, 1995.

ARAÚJO NETO, C. L. **Análise do comportamento dos resíduos sólidos urbanos e desenvolvimento de modelos estatísticos para previsão das deformações de aterros sanitários**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, 2016.

BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L.; SANTOS, A. H. M.; FERREIRA, C. H.; PIERONI, M. F.; MOURA, J. S.; ABE, H. S. S.; BRITO, L. M.; SANTOS, I. F. S.; RIBEIRO, E. M.; FREITAS, J. V. R. A potential of the biogas generating and energy recovering from municipal solid waste. **Renewable Energy Focus**, v. 25, p. 4-16, 2018.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília DF, 02 ago. 2010.

BUTT, T. E.; GOUDA, H. M.; BALOCH, M. I.; PAUL, P.; JAVADI, A. A.; ALAM, A.. Literature review of baseline study for risk analysis—the landfill leachate case. **Environment international**, v. 63, p. 149-162, 2014.

CASTRO, L. V. P. de. **Avaliação do comportamento do nível d'água em barragem e de contenção de rejeito alteada a montante**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CERQUEIRA, H. M. L. **Critérios de projeto para instrumentação piezométrica de diversas estruturas geotécnicas em mineração**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

CLARKE, B. O.; ANUMOL, T.; BARLAZ, M.; SNYDER, S. A. Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants. **Chemosphere**, v. 127, p. 269-275, 2015.

DGSI. **Guide to Geotechnical Instrumentation**. Washington: Durham Geo Slope Indicator, 2004.

DUNNICLIFF, J. Types of geotechnical instrumentation and their usage. **ICE manual of geotechnical engineering**. Thomas Telford Ltd, 2012. p. 1379-1403.

GOEL, S., RANJAN, V. P., BARDHAN, B., & HAZRA, T. Forecasting solid waste generation rates. **Modelling Trends in Solid and Hazardous Waste Management**, p. 35-64, 2017.

GOMES, N. A. **Análise da toxicidade do lixiviado gerado em uma célula do aterro sanitário em Campina Grande – PB**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

GRISEY, E.; ALEYA, L. Prolonged aerobic degradation of shredded and pre-composted municipal solid waste: report from a 21-year study of leachate quality characteristics. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 1, p. 800-815, 2015.

GUEDES, F. L.; CASTANHEIRA, R. P. S.; CASTRO, C. F.; ALMEIDA, K. P. A.; AZEVEDO, F. G. A viabilidade do uso de tecnologias sustentáveis na construção civil. **Revista Eletrônica da Estácio**, v. 2, n. 2. Recife. 2016.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; DE SOUZA, P. S. Resíduos sólidos urbanos; um risco para aviação brasileira. **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

GUSMÃO, A. C. S.; GUEDES, F.L.; SILVA, R. S. O.; DE OLIVEIRA, P. M. C. Aplicativo móvel no gerenciamento de resíduos sólidos: estudo de caso do App Epersol. **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

JANAS, M.; ZAWADZKA, A. Assessment of the Monitoring of an Industrial Waste Landfill. **Ecological Chemistry and Engineering**, v. 25, n. 4, p. 659-669, 2018.

LOPES, G. A.; MOZER, T. S.; CARLI, A. A. Comparative analysis of biogas generation for the solid waste sector using Unmanned Aerial Vehicle with the Brazilian model of greenhouse gas emissions in areas with no operational history. **Bulletin of Geodetic Sciences**, v. 24, n. 1, p. 98-124, 2018.

MANCONI, A. Monitoring. In: BOBROWSKY, P.; MARKER, B. (Orgs.) **Encyclopedia of Engineering Geology**. Springer, 2016. p. 1-8.

MONTEIRO, V. E. D. **Análises físicas, químicas e biológicas no estudo do comportamento do aterro da Muribeca**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003. MEDEIROS, U. T. G. M.; COSTA, A. T.; JUNKES, J. A. Propostas de destinação final de lodo proveniente de estação de tratamento de água. **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

NÓBREGA, B. M. A. **Estudo de caso sobre a instrumentação geoambiental instalada no aterro sanitário no município de Campina Grande/PB**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

NÓBREGA, C. C.; FERREIRA, J. W. O.; ATHAYDE JR., G. B.; GADELHA, C. L.; COSTA, M. D. Monitoramento de chorume no antigo Lixão do Roger em João Pessoa – Paraíba – Brasil. In: SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS, 1., 2008, Castellón. *Anais...* Castellón: Redisa, 2008, p. 1-8.

OLIVEIRA, J. C.; LIRA, R. C.; BARBALHO, A. S. S.; FREITAS, S. S. gerenciamento e impacto ambiental e socioeconômico do coco nas praias do cabo branco, Manaíra e Tambaú, João Pessoa – PB. **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019.

RAHARDJO, H.; SATYANAGA, A.; HARNAS, F. R.; LEONG, E. C. Use of Dual Capillary Barrier as Cover System for a Sanitary Landfill in Singapore. **Indian Geotechnical Journal**, v. 46, n. 3, p. 228-238, 2016.

SOUZA, F. A. M.; ECKHARDT, V.; COSTA, C. L.; COSTA, N. P. Desenvolvimento de material didático para o componente curricular de Metrologia e Ensaio Mecânicos. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 1, 2016.

TALALAJ, I. A.; BIEDKA, P. Use of the landfill water pollution index (LWPI) for groundwater quality assessment near the landfill sites. **Environmental science and pollution research**, v. 23, n. 24, p. 24601-24613, 2016.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. 1ª ed . New York: McGraw-Hill, 1993.

THÁ, P. C. **Estudo das condições de fluxo pela barragem de terra da margem esquerda de Itaipu**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

TISSERANT, A.; PAULIUK, S.; MERCAI, S.; SCHMIDT, J.; FRY, J.; WOOD, R.; TUKKER, A. Solid Waste and the Circular Economy: A Global Analysis of Waste Treatment and Waste Footprints. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 628-640, 2017.

TOWNSEND, T. G.; POWELL, J.; JAIN, P.; XU, Q.; TOLAYMAT, T.; REINHART, D. **Sustainable Practices for Landfill Design and Operation**. New York: Springer, 2015.

VAL, E. C.; NETO, L. A. A New Piezometer for Sanitary Landfills. In: **INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL GEOTECHNICS**, 1., 1994. *Anais...* Edmonton: Richmond, 1994, p.651-656.

DOS ORGANIZADORES

RHALDNEY FELIPE DE SANTANA

Graduado em Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Integrante do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atua nas áreas de Gestão Ambiental, Desenvolvimento Sustentável e Conservação dos Recursos Naturais. ORCID iD: orcid.org/0000-0002-2945-5143

WILSON RAMOS ARAGÃO JÚNIOR

Graduado em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS). Integrante do Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas, Planícies e Desastres/UFPE, atuando principalmente na análise de estabilidade de encostas. Colabora no Grupo de Pesquisa Geotecnia/IFS. Pesquisador do Gampe/UFRPE. ORCID iD: orcid.org/0000-0001-8998-7611

SORAYA GIOVANETTI EL-DEIR

Professora dos Programas de Pós-graduação em: Engenharia Ambiental da UFRPE; Engenharia Civil da UFPE; Tecnologias Ambientais do Instituto de Tecnologia de Pernambuco; Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos da Universidade Católica de Pernambuco. Pesquisadora líder do Gampe. Pesquisa sobre: Gestão e Planejamento Ambientais; Educação para a Sustentabilidade. Organizadora do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol. ORCID iD: orcid.org/0000-0002-7187-7438