

# Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias

Raísa Prota Lins Bezerra  
Wagner José de Aguiar  
Soraya Giovanetti El-Deir  
(Organizadores)



2017

# **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**

Raísa Prota Lins Bezerra  
Wagner José de Aguiar  
Soraya Giovanetti El-Deir  
(Organizadores)

Gampe/UFRPE  
Recife, 2017

2ª. edição

Copyright © 2017 – Grupo Gestão Ambiental de Pernambuco – Gampe/UFRPE  
Design e produção editorial: Raísa Prota Lins Bezerra

Revisão: Comissão Editorial

---

Dra. Adriana Dornelas de Luna - Semas	Dr. Julio Cesar de Pontes – IFRN
Dra. Aldenir de Oliveira Alves - Fafire	Dra. Juliana Tófano de Campos Leite Toneli - UFABC
Dra. Ana Claudia Giannini Borges - Unesp	Dra. Kalinny Patrícia Vaz Lafayette - UPE
Dr. Andre Maciel Netto - UFPE	Dra. Karine Matos Magalhães - UFRPE
Dra. Andressa Ribeiro de Queiroz - Uninassau	Dra. Kelma Maria Nobre Vitorino - IFSE
Dra. Angela Maria Coêlho de Andrade - Asces	Dra. Leci Martins Menezes Reis - IFRN
Dr. Brivaldo Gomes de Almeida - UFRPE	Dra. Lêda Christiane de Figueirêdo Lopes Lucena - UFCG
Dr. Bruno Gomes Moura de Oliveira - IFPE	Dra. Maria Clara Mávia de Mendonça - IFPE
Dra. Carmen Roselaine de Oliveira Farias - UFRPE	Dra. Maria do Carmo Sobral - UFPE
Dra. Christianne Torres Paiva - IFPE	Dr. Mario Tavares de O. Cavalcanti Neto - UFRPE
Dra. Cieusa Maria Calou e Pereira - IFCE	Dra. Maristela Casé Costa Cunha - Uneb
Dr. Clayton Anderson de Azevedo Filho - Asces	Dr. Mauro de Melo Júnior - UFRPE
Dr. Dário Costa Primo - UFBA	Dr. Múcio Luiz Banja Fernandes – UPE
Dr. Dario Rocha Falcon - Unesp	Dra. Nathalia Machado Simão - UFABC
Dr. Eden Cavalcanti de Albuquerque Junior - Itep	Dr. Oscar José Smiderle – Empraba-RR
Dr. Edevaldo da Silva - UFGC	Dr. Pabricio Marcos Oliveira Lopes - UFRPE
Dr. Eduardo Antônio Maia Lins - IFPE	Dr. Paulo Henrique de Mello Santana - UFABC
Dr. Eduardo Gonçalves Serra - UFRJ	Dr. Reinaldo Corrêa Costa – Inpa-AM
Dra. Elisangela Maria Rodrigues Rocha - UFPE	Dr. Ricardo Almeida de Melo - UFPE
Dr. Elói Martins Senhoras - UFRR	Dr. Roberto Araújo Sá - UFPE
Dr. Évio Eduardo Chaves de Melo - UFPB	Dr. Rodolfo Araújo Moraes Filho - UFRPE
Dr. Fabián Antonio Echeagaray - Market Analysis	Dra. Rossanna Barbosa Pragana - UFRPE
Dr. Fernando Porto Neto - UFRPE	Dra. Sílvia Helena Lima Schwaborn - UFPE
Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura - UFRPE	Dra. Simone Ferreira Teixeira - UPE
Dra. Graziella Colato Antônio - UFABC	Dra. Sônia Valéria Pereira – Itep
Dr. Gregori da Encarnação Ferrão - UFMA	Dra. Soraya Giovanetti El-Deir – UFRPE
Dr. Henrique Mendes – Abinee-SP	Dra. Tâmara de Almeida e Silva - Uneb
Dr. Ítalo Emanuel Rolemberg dos Santos - UFS	Dr. Valdenildo Pedro da Silva - IFRN
Dr. Ivo Vasconcelos Pedrosa - UPE	Dr. Victor Casimiro Piscoya - UFRPE
Dr. João Manoel de Freitas Mota - IFPE	Dra. Werônica Meira de Souza - UFRPE
Dr. José Carlos Barbieri - FGV-SP	Dra. Zélia Maria Pimentel Nunes - UFPA

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

B574rBezerra, Raísa Prota Lins  
Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias/  
Raísa Prota Lins Bezerra, Wagner José de Aguiar, Soraya  
Giovanetti El-Deir. -- 2. ed. -- Recife : EDUFRPE, 2017.  
453 p. : il.

ISBN: 978-85-7946-285-6

Inclui referências.

1. Sustentabilidade 2. Engenharia ambiental 3. Rejeitos  
I. Aguiar, Wagner José de II. El-Deir, Soraya Giovanetti III. Título

CDD 628

Apoio:

A presente edição foi viabilizada através do apoio institucional da Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, do IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do II Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol.

## Apresentação

A partir do e-book “Resíduos Sólidos: o Desafio da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável”, que se configura numa coletânea dos artigos aprovados para apresentação no V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos – Epersol 2016 e III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos, que tiveram lugar no Prédio Professor Tarcísio Eurico Travassos – Prédio de Biologia e Salão Nobre, ambos da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Dois Irmãos, Recife-PE, durante o período de 3 a 5 de agosto de 2016. Pretendeu-se realizar uma revisão de todos os artigos, organizando-os de forma temática em três diferentes livros. Nestes estão 117 artigos ordenados nos e-books: “Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental”, com 24 artigos; “Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada” com 39 artigos; e “Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias”, com os 43 artigos restantes.

Para liderar a organização de cada um destes, foram convidados pesquisadores que tratam especificamente da área de Educação Ambiental (Wagner José de Aguiar), Gestão Ambiental (Soraya Giovanetti El-Deir) e Tecnologias Ambientais (Raísa Prota Lins Bezerra), formando assim uma equipe multidisciplinar. Além destes, o olhar metódico dos pesquisadores da Comissão Editorial foi relevante para que os presentes artigos tivessem passado por um crivo acadêmico e científico.

Neste volume você encontrará 6 artigos que versam sobre Tecnologias Limpas e Inovadoras, 8 sobre Resíduos Eletroeletrônicos, 6 sobre Resíduos das Indústrias, 6 sobre Biogás, 6 sobre Resíduos da Construção civil e 6 sobre Novos Materiais de Construção. Cada capítulo temático tem a abertura com um texto com breve definição sobre a temática em tela, buscando facilitar a sua leitura. Esperamos que este material possa servir para consultas e estudos futuros, além de proporcionar uma leitura agradável.

**Os organizadores**

## Sumário

### Apresentação

#### Capítulo 1: Tecnologias Limpas e Inovadoras

1.1	IDENTIFICAÇÃO DE LIPASE ATRAVÉS DA <i>Rhizopus arrhizus</i> UCP 35 PARA BIORREMEDIAÇÃO EM SUBSTÂNCIAS COM ELEVADO TEOR DE LIPÍDEO S	9
1.2	REUSO DA ÁGUA DISPENSADA DO ROTA-EVAPORADOR E DO DESTILADOR; UMA PROPOSTA PARA OS LABORATÓRIOS DA ASCES	16
1.3	REDUÇÃO DA COR APLICANDO FOTOCATÁLISE SOLAR POR UV/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> EM LIXIVIADOS DE ATERRO SANITÁRIO	30
1.4	ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA QUEIMA DE RESÍDUOS SUÍNOS EM CALDEIRAS INDUSTRIAIS	42
1.5	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE SACOLAS OXIBIODEGRADÁVEIS NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM ESCALA DE LABORATÓRIO; INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS SACOLAS OXIBIODEGRADÁVEIS NO PROCESSO	51
1.6	TRATAMENTO DE RESÍDUO DE ABATEDOURO E UTILIZAÇÃO COMO CONDICIONADOR DO SOLO	63
1.7	AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NUMA MICROEMPRESA DE TECELAGEM	76

#### Capítulo 2: Resíduos Eletroeletrônicos

2.1	GERENCIAMENTO DO LIXO ELETRÔNICO POR INSTITUIÇÕES PÚBLICAS FEDERAIS NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ - AM	91
2.2	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DO CENTRO ADMINISTRATIVO DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS – SUAPE	103
2.3	DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE INSTITUIÇÕES BANCÁRIAS NO MUNICÍPIO DE ARACAJU - SE	117
2.4	IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NO MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO - PE	127
2.5	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PAPA-PILHAS: RECOLHIMENTO DE PILHAS E BATERIAS ESGOTADAS NO MUNICÍPIO DE CARUARU/PE	140
2.6	LIXO ELETRÔNICO ARRECADADO NOS ANOS 2014 E 2015 EM MUNICÍPIOS DO AGRESTE E DO SERTÃO DE PERNAMBUCO	150
2.7	GERENCIAMENTO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES APÓS PROJETO DE ILUMINAÇÃO LED; CASE DO ESCRITÓRIO DA ACUMULADORES MOURA (RECIFE - PE)	163
2.8	PERIGOS RELATIVOS AO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DOMÉSTICOS	174

## Capítulo 3: Diagnóstico dos Resíduos das indústrias

3.1	DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELAS EMPRESAS DE GALVANOPLASTIA DE JUAZEIRO DO NORTE – CE	190
3.2	DIAGNÓSTICO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UMA LAVANDERIA DE BENEFICIAMENTO DE JEANS EM TORITAMA – PE	199
3.3	INVESTIGAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS NO SEGMENTO GALVANOPLÁSTICO, EM JUAZEIRO DO NORTE – CE	212
3.4	ANÁLISE DA GESTÃO AMBIENTAL DAS LAVANDERIAS TÊXTEIS DE CARUARU - PE	225
3.5	RESÍDUOS SÓLIDOS DE MINERAÇÃO DE SCHEELITA: UM DEPÓSITO MINERAL ANTROPOGÊNICO DE SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL	237
3.6	RESÍDUOS SÓLIDOS: COLETA, GERENCIAMENTO E RECICLAGEM DE PNEUMÁTICOS USADOS E INSERVÍVEIS	245

## Capítulo 4: Biogás

4.1	PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE DEJETOS DE ORIGEM ANIMAL	258
4.2	MODELAGEM MATEMÁTICA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS	270
4.3	UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E RÚMEN BOVINO PARA PRODUÇÃO DE METANO	283
4.4	POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIOMETANIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIOS	291
4.5	INFLUÊNCIA DO pH NA GERAÇÃO DE BIOGÁS E METANO PROVENIENTE DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ALIMENTARES	300
4.6	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ATERRO SANITÁRIO – COMAGSUL, ALTINHO - PE	309

## Capítulo 5: Resíduos da Construção Civil

5.1	DOS RESÍDUOS À PRODUÇÃO MAIS LIMPA: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA DE TANGARÁ – RN	322
5.2	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALGUMAS PROPOSTAS À OBRA DE NATAL – RN	334
5.3	AVALIAÇÃO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO RECIFE - PE; PANORAMA DA ORIGEM AO DESTINO	346
5.4	AVALIAÇÃO DO DESPÉRDIO DE MATERIAIS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES	357
5.5	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA O MONITORAMENTO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OLINDA – PE	369

## Capítulo 6: Novos Materiais de Construção

6.1	CANTEIRO DE OBRAS SUSTENTÁVEL: O REAPROVEITAMENTO DA GARRAFA PET COMO INSUMO NA CONSTRUÇÃO	383
6.2	INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE COCO SECO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	393
6.3	AVALIAÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO COMPOSTO POR LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	402
6.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCRETO PRODUZIDO COM RESÍDUO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	412
6.5	ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	411
6.6	ADIÇÃO DE DIFERENTES FIBRAS DE RESÍDUOS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO	430
6.7.	PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SUSTENTÁVEL PARA COMUNIDADES PESQUEIRAS;RESÍDUOS DA MARICULTURA NA CONSTRUÇÃO	441

## **Capítulo 1. Tecnologias Limpas e Inovadoras**



## **ABERTURA**

Os processos de transformação e beneficiamento de matérias primas, assim como as mais diversas atividades humanas, constituem uma fonte de geração contínua de resíduos. Tradicionalmente estas atividades são compostas por Ciclos de Vida do Produto Abertos, o que significa que, após o processo produtivo e consumo, os resíduos gerados são descartados para destinação final per meio de tecnologias classificadas como end-of-pipe. O desenvolvimento do setor industrial eleva, em ritmo constante, a produção de bens e consumo de recursos naturais, desconsiderando em geral os impactos ambientais consequentes. Tem-se como resultado o acúmulo de passivos de diversas origens que, comprometem não somente a sustentabilidade de da produção industrial, mas também, a saúde e a qualidade de vida humana.

A sociedade encontra-se inserida num contexto de elevada contaminação do meio natural e a escassez de recursos que confronta diretamente o, até então atual, sistema de produção com a sua própria sustentabilidade. Logo, algumas indústrias passam a enxergar a clara necessidade de alterar os paradigmas até então existentes e predominantes. Surgem assim, iniciativas com o objetivo de modificar a lógica destes processos produtivos não somente identificando novas alternativas para os processos existentes; mas também criando novos processos, que reduzam a utilização de recursos, reutilizem os outputs e por fim reciclem os resíduos pós-consumo. Neste cenário, as Tecnologias Limpas e Inovadoras passam a ganhar cada vez mais espaço, diferenciando resíduos de rejeitos e, principalmente, valorizando a Produção Mais Limpa.

Os artigos contidos neste bloco apresentam estudos voltados para a viabilidade da utilização de resíduos em diferentes etapas de processos produtivos tais como combustível para caldeiras industriais e condicionadores de solo. No que tange o tratamento de efluentes, alternativas são apresentadas para o reuso de águas servidas e tratamento de lixiviados. A implementação de sistema de Produção Mais Limpa também é foco de um dos trabalhos contido neste capítulo.

# 1.1. IDENTIFICAÇÃO DE LIPASE ATRAVÉS DA *RHIZOPUS ARRHZUS* UCP 35 PARA BIORREMEDIAÇÃO EM SUBSTÂNCIAS COM ELEVADO TEOR DE LIPÍDEO

**SANTOS CORDEIRO, Cristiane Cidália**

Doutoranda  
Universidade Federal do Pernambuco (RENORBIO/UFRPE)  
criscidalia@hotmail.com

**PEREIRA, Pedro Silvino**

Doutorando  
Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)  
pedro.sillvino@gmail.com

**PEREIRA, Andréia Matos Brito**

Mestrado  
Instituto Federal do Pernambuco (IFPE)  
andrea.matos@jaboatao.ifpe.edu.br

## RESUMO

As lipases pertencem ao grupo das hidrolases que catalisam a conversão de triacilgliceróis a ácidos graxos livres e glicerol, possuindo potencial biotecnológico, sendo usado como biorremediadores e como catalisadores em reações de síntese orgânica em meio não aquoso. Objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de lipase via fermentação submersa para fins biotecnológicos. *OR. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) já estava previamente isolado, identificado e selecionado do bancos de micro-organismos do Laboratório do Núcleo de Pesquisa de Análise Processo Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco. Neste estudo foi realizado inoculação em meio de esporulação (YMA) por 96h em seguida a suspensão de esporos 107 mL/esporos e inoculado 5% da suspensão nos meios de produção com soro de leite acrescido do indutor tween 80. Amostras foram coletadas no tempo inicial de 24 horas por 9 dias para determinação da atividade lipolítica. Na fermentação submersa, *OR. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) produziu lipase com a presença do indutor e foi eficaz na produção de biomassa. É importante a busca de novas cepas produtoras de lipase, devido ao grande campo de interesse e de aplicação industrial desta enzima.

**Palavras-chave:** Biotecnologia, Enzima, Biotecnologia.

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia enzimática é hoje um dos campos mais promissores dentro das novas tecnologias para síntese de compostos de alto valor agregado (LIMA, 2012). Enzimas são catalisadores biológicos que possuem diversas vantagens em relação aos catalisadores químicos, como a alta seletividade para determinados substratos, a sua versatilidade (podem atuar em amplas faixas de pH e temperatura) e a sua biodegradabilidade.

Dentre as enzimas mais utilizadas estão as lípases (glicerol éster hidrolases E. C. 3.1.1.3), que são muito empregadas pela indústria química, farmacêutica, alimentícia, cosmética, entre outras (HASAN et al., 2006; ORLANDELLI et al., 2012). Portanto, as lípases têm as aplicações clássicas baseadas em processos que utilizam reações de hidrólise de triacilgliceróis, mas a sua utilização em meios orgânicos (ambientes aquo-restritos), tem possibilitado o seu uso em reações de síntese de ésteres. Os ésteres são amplamente utilizados em diversas áreas, por exemplo, como aditivos em combustíveis, emolientes em cosméticos, drogas, biopolímeros e herbicidas (SALUM, 2010).

Segundo Salum (2010), convencionalmente, as lípases são produzidas por micro-organismos por processos de fermentação submersa (FS), que apresentam as vantagens de maior facilidade de controle do processo e bons rendimentos para a produção de enzimas extracelulares. A economia do processo deve-se à possibilidade da utilização de resíduos agroindustriais como substrato.

A aplicação de resíduos em bioprocessos tem ajudado na resolução de problemas da poluição, causado pelo despejo de rejeitos agroindustriais na natureza, promovendo substratos alternativos de baixo custo, tornando-se economicamente viável em países que são grandes produtores agrícolas, como o Brasil. O reconhecimento dessas vantagens tem proporcionado um aumento considerável na produção e comercialização de lípases, resultando no desenvolvimento de tecnologias alternativas consistentes para utilização no setor industrial (CASTRO et al., 2004; ROVEDA et al., 2010).

O *Rhizopus arrhizus* é um importante microrganismo que ao metabolizar carboidrato, produz ácido láctico (INÁCIO, 2009). Vários subprodutos tais como ácido málico, ácido fumárico, ácido fórmico, ácido propiônico e etanol, podem ser produzidos simultaneamente dentro da fermentação láctica (SKORY et al., 1998; ZHANG et al., 2006). Sendo o ácido fumárico e o etanol os dois principais (LONGACRE et al., 1997; JIN et al., 2003). Zhang et al. (2006), colocam que os subprodutos gerados podem afetar, significativamente, o rendimento do ácido láctico.

Em estudos realizados por Pochanavanich e Suntornsuk (2002), descrevem significativa a produção de quitosana por *R. arrhizus* evidenciando o potencial biotecnológico desse fungo, na produção desse biopolímero, ao comparar com os resultados obtidos por fungos das espécies *Aspergillus niger*, *Zygosacharomyces rouxii* e *Candida albicans* que não foram significativos.

Aqui, de acordo com Alves e Guimarães (2010), torna-se relevante observar que as células em cultura passam por processo de crescimento (curva), formada pela: a) fase lag - período de adaptação no qual não ocorre proliferação após a adição das células ao meio de cultivo; b) fase log -

fase logarítmica ou exponencial, período no qual a multiplicação celular é máxima e constante; c) fase estacionária ou plateau - a velocidade de crescimento diminui, o número de morte celular tende a ser equivalente ao número de células novas; d) fase de declínio ou morte celular - redução drástica do número de células e o número de células mortas excede o de células novas.

A aplicação de técnicas biotecnológicas tem sido utilizada como um meio de biodegradação de resíduos orgânicos no meio ambiente. Estas técnicas, inovadoras, contribuem como uma alternativa para solução de tratamento de rejeitos sólidos produzidos pela ação do homem na natureza. Zhang et al. (2006), avaliando a importância da fonte de nitrogênio em diferentes meios de cultivo, para a produção de biomassa e eficiência na produção de ácido láctico, afirma que o *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) apresenta condições satisfatórias na bioconversão de resíduos sólidos utilizados no experimento.

Objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de lipases via fermentação submersa, utilizando como microrganismo o fungo *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) para fins biotecnológicos.

## 2. METODOLOGIA

### Fungo utilizado nos ensaios

Foi utilizado o fungo *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) que já estava previamente isolado, identificado e selecionado do banco de microrganismos do Laboratório do Núcleo de Pesquisa de Análises Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco.

### Produção de lipases via fermentação submersa

#### Preparo do inóculo

O preparo dos inóculos foi realizado em placas de Petri contendo o meio YMA utilizando os fungos que apresentaram maiores velocidades de crescimento radial. O inóculo foi incubado durante 7 dias em estufa a 30 °C. Após o crescimento, foi preparada uma suspensão de esporos por meio da adição de 20 mL de solução a 0,1% de emulsificante Tween 80 (Synth), seguida de raspagem dos esporos com uma alça de Drigalsky. A inoculação dos meios foi realizada adicionando-se 5 mL de solução de esporos para cada 200 mL de meio de cultivo.

#### Meio de cultivo e condições experimentais

O meio de cultivo utilizado nas fermentações foi o resíduo de soro de leite em concentrações variadas 5%, 10% e 20% ao qual se adicionaram os seguintes nutrientes: 0,1% de nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ); 0,1% de fosfato de potássio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ); 0,05% de sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) e 1% de Tween 80 como indutor. O pH foi ajustado a 6,5 com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,5 M. Os experimentos foram realizados em duplicata em Erlenmeyers de 500 mL, com volume inicial de meio de 200 mL, e mantidos em agitador orbital a 28 °C por 216 horas, com agitação de 150 min. Amostras foram coletadas no tempo inicial de 24 horas por 9 dias para determinação da atividade lipolítica.

### Determinação da atividade lipolítica

A atividade enzimática de lipase foi detectada por meio da metodologia descrita por Soares et al. (1999). Foi realizada uma reação de uma mistura contendo 5 mL de uma emulsão de óleo de oliva e goma arábica (7%), 2 mL de tampão fosfato de sódio (0,1 M) pH 7,0 e 1 mL do extrato bruto filtrado da lipase produzida na encubação em meio líquido. A mistura foi agitada em shaker orbital a 82 rpm, 37 °C, durante 10 minutos. A reação foi parada por meio da adição de 10 mL de uma mistura acetona-etanol-água (1:1:1), que libera os ácidos graxos livres presentes na mistura, e titulado com solução de KOH (0,04 N) na presença do indicador fenolftaleína. Os ensaios foram realizados em triplicatas e a atividade enzimática foi determinada por meio da seguinte relação: uma unidade da atividade lipolítica ( $\mu$ /mL) será definida como a quantidade da enzima bruta que liberou 1  $\mu$ /mL de ácido graxo por minuto.

### Cálculo da atividade enzimática

A atividade enzimática de lipase foi calculada por meio da equação (1), conforme sugerem SOARES et al. (1999):

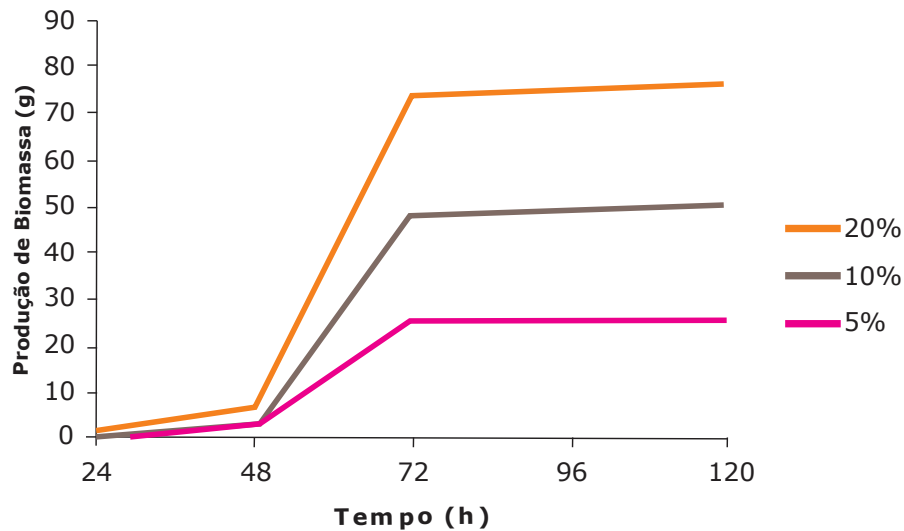
$$AE_{(\mu/mL)} = \frac{(V_a - V_b)}{t \cdot V} (1)$$

Onde: AE é a atividade lipolítica (U/mL);  $V_a$  é o volume da amostra titulada (mL);  $V_b$  é o volume do branco titulado (mL);  $V_c$  é o volume da amostra utilizada na reação (mL); N é a normalidade da solução de KOH (mol/L); t é o tempo de reação em minutos.

## 3.RESULTADOS

Na produção de biomassa em diferentes concentrações 5%, 10% e 20% (Figura 1) verificou-se que o fungo *Rhizopus arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) obteve melhor rendimento de biomassa 70g na concentração de 20% de soro de leite. Este fungo apresentou uma fase log ou de adaptação de 24h, que é um período crítico, onde o micro-organismo sintetiza as enzimas necessárias ao metabolismo dos componentes presentes no meio.

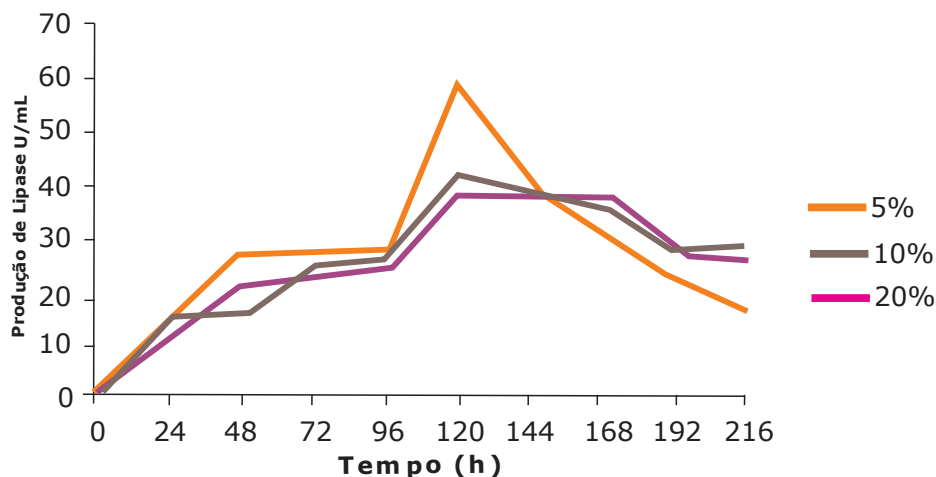
Figura 1 - Produção de biomassa nas concentrações: 5%,10% e 20%.



Fonte: Próprio Autor

Conforme Hiss (2001) os fungos filamentosos não apresentam a fase logarítmica passando logo para a estacionária, onde há um balanço entre a velocidade de crescimento e o velocidade de morte celular, causando uma desaceleração e acúmulo de metabólitos. No entanto, o *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) apresentou uma fase logarítmica com 48h de cultivo e entrando na estacionária com 72h de cultura.

A atividade lipolítica apresentada pelo *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) (Figura 2) não foi significativo em relação as literaturas revisadas, apresentando um maior pico de atividade em 120 h na concentração de 5% de soro de leite com a produção de 60  $\mu$ /mL.

Figura 2 - Atividade lipolítico apresentada pelo *Rhizopus arrhizus*.

Fonte: Próprio Autor

Este resultado é próximo ao obtido por Rodrigues (2015) para *Rhizomucor* sp. ECGF18, cujo resultado foi a 71,50  $\mu$ /mL No entanto alguns fatores, como concentração de nutrientes, pH,

temperatura e a presença de concentrações de indutores e ainda a oxigenação e agitação podem afetar a produtividade deste bioprocessos (WOOLEY; PETERSON, 1994). Assim como as formas de quantificação, influenciam os resultados experimentais, dificultando-as, conforme revisto por TURKI (2013). Devendo ser reavaliado o resultado obtido e ajustados.

## 4. CONCLUSÕES

Através de revisão bibliográfica podemos relatar a importância da busca de novas cepas produtoras de lipase, devido ao grande campo de interesse e de aplicação industrial desta enzima. Através dos resultados observados neste artigo é possível concluir que a cepa *R. arrhizus* var. *arrhizus* (UCP 35) utilizada neste trabalho foi eficaz na produção de biomassa. No entanto na produção de enzima, não foi significativa, precisando ser reavaliada a metodologia, para a produção de lipase de forma sistemática.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. A.; GUIMARÃES, A. C. R. Cultivo celular. In: MOLINARO, E.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. **Conceitos e Métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde**. v. 2, Rio de Janeiro: EPSJV/IOC, 2010. P. 216-257.
- CASTRO, H. F. et al. Modification of oils and fats by biotransformation. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.
- CERQUEIRA, V. S. **Produção de biossurfactante e lipase por *Aspergillus fumigatus* cultivado em estado sólido e avaliação da biorremediação em derrames de óleos e derivados**. 2007. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande: Rio Grande do Sul, 2007.
- COLLA, M. L.; REINEHR, C. O.; COSTA, J. A. V. Aplicação e Produção de Lipase Microbiana. **Revista CIATEC**, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2014.
- CURY, J. C. **Atividade microbiana e diversidades metabólica e genética em solo de mangue contaminado com petróleo**. 2002. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Piracicaba, 2002.
- HASAN, F.; SHAH, A. A.; HAMMED, A. Industrial application of microbial lipases. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39, n. 2, p. 235-251, 2006.
- HISS, H. Cinética de Processo Fermentativo. **Biotecnologia Industrial**. v.2; p. 93-121, 2001.
- INÁCIO, R. G. S. **Efeito do Dibenzotiofeno - DBT (derivado do petróleo) no crescimento e na morfologia de *Rhizopus arrhizus* UCP 402**. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco: Recife, 2009.
- JIN, B.; HUANG, L.P.; LANT, P. *Rhizopus arrhizus*: a producer for simultaneous saccharification and fermentation of starch waste materials to L (+) - lactic acid. **Biotechnology Letters**. v. 25. p. 1983-1987, 2003.

- LIMA, V. M. G. M. **Produção e purificação da lipase de *Bacillus megaterium* CCOC2637 e sua aplicação em biocatálise em solventes orgânicos**. 2004. 148 p. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Paraná: Paraná, 2004.
- LONGACRE, A.; REIMERS, J.M.; GANNON, J.E.; WRIGHT, B.E. Flux analysis of glucose metabolism in *Rhizopus oryzae* for the purpose of increasing lactate yields. **Fungal Genetic Biology**. v. 21. p. 30-39, 1997.
- NITSCHKE, M., PASTORE, G. M. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, n. 25, p. 772-776, 2002.
- ORLANDELLI, R. C. et al. Enzimas de interesse industrial: produção por fungos e aplicações. **Revista de Saúde e Biologia**, v. 7, n. 3, p. 97-109, 2012.
- POCHANAVANICH, P.; SUNTORNSUK, W. Fungal chitosan production and its characterization. **Letters in Applied Microbiology**. v. 35, n. 3 p. 17-21, 2002.
- RIZZO, A.C.L., LEITE, S.G.F., SORIANO, A.U., SANTOS, R.L.C., SOBRAL, L.G.S. **Biorremediação de solos contaminados por petróleo: ênfase no uso de biorreatores**. Série tecnologia Ambiental. STA-37, CETEM/MCT, 2006.
- ROVEDA, M.; HEMKEMEIER, M.; COLLA, L. M. Avaliação da produção de lípases por diferentes cepas de microrganismos isolados em efluentes da laticínios por fermentação submersa. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 126-131, 2010.
- SALUM, T. F. C. **Produção e Imobilização de lípases de *Burkholderia cepacia* LTEB11 para síntese de ésteres etílicos**. 2010. 131 p. Tese (Doutorado em Bioquímica) -Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2010.
- SOARES, C. M. F.; CASTRO, H. F.; MORAES, F. F.; ZANIN, G. M. Characterization and utilization of *Candida rugosa* lipase immobilized on controlled pore silica. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 77-79, 13 p. 1999.
- SKORY, C. D.; FRER, S. N.; BOTHAST, R. J. 1998. Production of L-lactic acid by *Rhizopus oryzae* under oxygen limiting conditions. **Biotechnology Letters**, v. 20. p. 191-194, 1998.
- TOMASSONI, F. et al. Técnica de biorremediação do solo. **Acta Iguazu**, v.3, n.3, p. 46-56, 2014
- TURKY, S. Towards the development of systems for high-yield production of microbial lipases. **Biotechnology Letters**, v. 35, p. 1551-1560, 2013.
- WOOLEY, P.; PETERSON, S.B. Lipases their structure production biochemistry and application. CAP. 12. Cambridge University press. 1994.
- ZHANG, Z.Y.; JIN, E.J.; KELLY, M. Production of lactic acid and byproducts from waste potato starch by *Rhizopus arrhizus*: role of nitrogen sources. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 2, n. 4. p. 263-267, 2006.



## **1.2.REUSO DA ÁGUA DISPENSADA DO ROTAEVAPORADOR E DO DESTILADOR; UMA PROPOSTA PARA OS LABORATÓRIOS DA ASCES**

**SILVA, Sanderlayne Anália**

Pós Graduando

Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico (ASCES)

[sanderlayneanalia@gmail.com](mailto:sanderlayneanalia@gmail.com)

SILVA, Gustavo Severino Heleno da

Pós Graduando

ASCES

[enggustavosilva5@gmail.com](mailto:enggustavosilva5@gmail.com)

**OLIVEIRA, Cláudio Emanuel Silva**

Doutorando

ASCES

[claudiooliveira.asc.es@hotmail.com](mailto:claudiooliveira.asc.es@hotmail.com)

**ANDRADE, Angela Maria Coêlho de**

Doutora

ASCES

[angelaandrade@asc.es.edu.br](mailto:angelaandrade@asc.es.edu.br)

### **RESUMO**

A disponibilidade de água natural para potabilidade e em quantidade suficiente para atender as demandas futuras depende de ações urgentes no âmbito da gestão de recursos hídricos. Neste projeto foi avaliada a necessidade do reuso de água do destilador e do rotaevaporador localizados nos laboratórios da Faculdade ASCES. A metodologia adotada para a realização do projeto consistiu na quantificação da água dispensada pelo rotaevaporador e pelo destilador, buscando alternativas para o reuso, tendo desta forma um menor consumo de água sem comprometer os processos realizados no laboratório. Com os resultados, foi demonstrado a instituição a viabilidade de se adotar uma prática de reuso da água dispensada por tais aparelhos, com a construção de um sistema hidráulico que fará a água dispensada retornar ao próprio sistema eliminando totalmente a perda do efluente. Desta forma, observou-se que este projeto conseguiu associar ganhos ambientais, baixo custo e pouca complexidade operacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, Água, Preservação.

## 1. INTRODUÇÃO

O Planeta Terra visto do espaço é completamente azul, de acordo com Tundisi e Tundisi (2011), como é visto em inúmeras fotos de satélite. A causa deste fenômeno é sem sombra de dúvidas a água que com seu misto de oceanos, lagos, calotas polares, grandes rios, transformam a Terra em planeta da água.

A escassez dos recursos hídricos está associada ao crescimento populacional, ao aumento da urbanização e à ação antrópica. Durante muito tempo este recurso foi explorado e poluído sem que a população percebesse o problema que estava ocasionando (MARISCO et al., 2014).

A água é o bem natural mais importante e essencial que se pode encontrar no planeta. Essencial a vida, este recurso está em cerca de três quartos de toda a superfície terrestre, deste total 97% é de água salgada, e 3% de água doce. Desses 3%, 2% estão localizados nos pólos em forma de geleira, e apenas 1% é de água potável (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Hoje, com a comprovação de que este recurso foi e está sendo comprometido e que sua disponibilidade se encontra diminuída se tem a necessidade de uma abordagem mais crítica a cerca de uma forma de remediar todo o dano causado (CETESB, 2012). E como uma das melhores alternativas para preservação deste recurso, surge o reuso que pode ocorrer de forma direta ou indireta, através de ações planejadas ou não planejadas e para fins potáveis ou não.

Uma das formas de reuso que tem sido bastante difundida é a captação de água da chuva, onde no período de chuva a água é coletada por calhas no telhado e armazenada em cisternas (BRASIL, 2012). As alternativas para a minimização do problema estão relacionadas com a economia e tecnologias usadas no reuso de águas.

Esta necessidade se mostra especialmente importante nos laboratórios de ensino e/ou pesquisa em Instituições de Ensino uma vez que o consumo de água costuma alcançar valores da ordem de toneladas, entre lavagens de vidrarias, produção de água destilada, destilação de solventes ou ainda na utilização de rotaevaporador (equipamento de evaporação de solventes).

A produção de água destilada em laboratório é dispendiosa. Por conta da onda de escassez que roda o mundo, vem sendo desenvolvidos projetos que visam fazer com que esse rejeito volte a ser reutilizado. O volume de água desperdiçada é comum na maioria dos modelos de destiladores de instituição de ensino. Para Silva et al. (2012), são gastos em média 60 litros de água potável para cada litro de água destilada, e isto é devido à baixa eficiência dos destiladores de pequeno porte.

Na tentativa de resolver este impasse Matos, Meira e Matos (2015), propuseram um sistema de recirculação do fluido de refrigeração interna do destilador, acoplado a um sistema para refrigeração deste fluido aquecido, no experimento, sendo o destilador funcionando em torno de 2h30min sem perder sua capacidade de destilação e sem riscos significantes para a bomba, utilizando o sistema proposto, com 10kg de gelo no banho de refrigeração e com menores impactos ambientais.

Marisco et al. (2014) em seus estudos relatam que os destiladores descartam uma grande quantidade de efluentes que poderiam ser reutilizados nas instituições. Nos efluentes armazenados devem-se realizar análises microbiológicas, para verificar se os mesmos podem ser reutilizados em processos que não necessitem de água potável, nos laboratórios das instituições de ensino. Quando as águas de efluentes estão fora dos padrões estabelecidos, pode ser solucionado com a desinfecção no reservatório de armazenamento.

Como não existe uma padronização para este tipo de água de reuso deve-se fazer a comparação com os padrões de potabilidade de água, de lançamento de efluentes em corpos hídricos, portaria 2919/11 (BRASIL, 2012), e com a normalização brasileira, NBR 15527 (NBR, 2007), sobre aproveitamento de água de chuva (MARISCO et al., 2014).

Nascimento et al. (2007) avaliaram os parâmetros bacteriológicos dos efluentes gerados por destiladores, e registraram um valor de 2632 UFC/mL superior ao permitido de 500 UFC/mL, na análise do reservatório de reuso, que segundo os mesmos, este problema poderia ser resolvido com uma simples desinfecção.

Enquanto Marckmann et al. (2012) avaliaram a viabilidade de reuso, sem a necessidade de tratamento, das águas provenientes dos destiladores de água de um laboratório de ensino, para atendimento de diferentes atividades como limpeza geral do prédio e manutenção dos jardins.

A finalidade deste trabalho é a de investigar as alternativas de reuso de água nos laboratórios de ensino do Campus II da ASCES. O trabalho de pesquisa foi direcionado ao equipamento rotaevaporador instalado no Laboratório Interdisciplinar de Farmacognosia e no Laboratório de Produção de Medicamento e Correlatos e ao destilador instalado nos Laboratórios interdisciplinar de esterilização.

## **2. METODOLOGIA**

Na metodologia do trabalho foi feita uma avaliação da dispensação de água durante o processo de rotaevaporação e destilação. Para a elaboração desse estudo, foi feita uma revisão na literatura disponibilizada sobre água, sua disponibilidade para uso e as possibilidades de reuso da mesma. Em seguida, foram realizadas visitas aos laboratórios da faculdade ASCES para determinar a forma de levantamento de dados que seria necessário.

Foi realizado um estudo experimental, quantitativo e avaliativo, da perda de água durante o processo evaporação de solventes e a viabilidade de destilação de água para uso em laboratório. O monitoramento foi realizado nos meses de novembro e dezembro de 2015. Este trabalho faz parte de um estudo que foi realizado no Município de Caruaru-PE, no Campus II da Faculdade ASCES.

## 2.1 Quantificação da Água no Rotaevaporador

Os rotaevaporadores modelo Quimis-Q380M22, estão instalados no Laboratório Interdisciplinar de Farmacognosia (Figura 1a) e no Laboratório de Produção de Medicamento e Correlatos (Figura 1b).

Os rotaevaporadores atualmente são usados para as aulas da graduação, nos projetos de pesquisa e nos trabalhos de conclusão de curso (TCC), dos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia de Produção, Farmácia e Biomedicina.

Figura 1 - Rotaevaporador do Laboratório Interdisciplinar de Farmacognosia(a) e do Laboratório de Produção de Medicamento e Correlatos (b).



1(a)



1(b)

Fonte: Elaborado pelos autores.

No rotaevaporador do Laboratório Interdisciplinar de Farmacognosia (Figura 1a) foi coletada a quantidade de água dispensada durante a evaporação do solvente na separação de substâncias sólidas.

No processo de coleta de água do rotaevaporador foi utilizada uma proveta de 1000 mL na saída da água dispensada no processo da evaporação de solvente (Figura 2). Após a evaporação do solvente foi medido a quantidade de água dispensada. Procedimento:

- Foi utilizada uma proveta de 1000 mL, para aferir o volume de água desperdiçada.
- A proveta foi posicionada na saída da água dispensada no processo.
- Com a proveta posicionada, deu-se o início ao processo de rotaevaporação e computação do volume desperdiçado.
- Foi medido o tempo necessário para a dispensa de 1,00 L no processo de rotaevaporação.

Figura 2 - Coleta da água dispensada no rotaevaporador do Laboratório Interdisciplinar de Farmacognosia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.2 Quantificação da Água no Destilador

Os destiladores modelo Quimis-Q344B2, estão instalados nas salas de esterilização dos laboratórios do primeiro andar (Figura 3a) e do subsolo (Figura 3b).

Figura 3 - Destilador da sala de esterilização dos laboratórios do primeiro andar (a) e dos laboratórios do subsolo (b).



3(a)



3(b)

Fonte: Elaborado pelos autores.

No destilador na sala de esterilização do laboratório do primeiro andar (Figura 3a) foram coletados os dados da quantidade de água destilada e o desperdício de água no processo de destilação.

O processo de coleta de dados da quantificação e da dispensação da água do destilador foi realizada em etapas:

1ª Etapa: Foram utilizadas duas provetas de 1000 mL, uma para aferir o volume da água destilada e outra para a água dispensada (Figura 4).

2ª Etapa: As provetas foram posicionadas: uma na saída da água destilada e outra na saída de água dispensada no processo.

3ª Etapa: Com as provetas posicionadas, deu-se o início ao processo de destilação e computação do volume desperdiçado.

4ª Etapa: Após a destilação de um litro de água foi medido a quantidade de água desperdiçada.

Figura 4 - Coleta da água dispensada no destilador da sala de esterilização dos laboratórios do primeiro andar.



Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. RESULTADOS

Com o crescimento populacional a demanda por água é aumentada, desta forma, se faz necessário um planejamento do seu uso adequado e de seu reuso. A reutilização, o reuso de água ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há anos.

O uso racional ou eficiente da água pode ser compreendido com o controle de sua perda e desperdício, e levar a uma minimização da produção de efluentes e de seu consumo (ALVES et al., 2008).

A atividade antrópica por muitas vezes deteriora a qualidade da água, nesse contexto o ciclo hidrológico funciona como um agente renovador, tornando a água limpa e segura novamente. Contudo, a água após ser poluída, mesmo que não tenha voltado ao ciclo ela pode ser recuperada e reutilizada em outras diversas atividades (NOGUEIRA, 2009).

Segunda a ANA (2013), a crise hídrica ocorre principalmente do uso irregular da água, o uso incorreto da água potável, a falta de saneamento básico, além da falta de união entre a Política Nacional de Recurso Hídrico (PNRH) e as demais políticas públicas.

Segundo Appelt et al. (2008) faz-se necessário um estudo para se decidir quais as melhores fontes alternativas de água e qual tratamento se tornam mais eficaz e com menor custo para sua utilização.

Em laboratório de ensino, pesquisa e extensão são essenciais o uso da água destilada, os quais demandam por significativas quantidades. Ao se obter água destilada ou evaporar ou ainda realizar a destilação de solventes, um grande volume de água é lançado na rede coletora de águas pluviais ou esgoto, sendo está uma água potável, portanto, de ótima qualidade.

Na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG), foram utilizadas água de reuso de efluentes de sistemas de destilação para a irrigação de horta de plantas medicinais (NASCIMENTO et al., 2007).

### 3.1 Destilador

A medição do volume de água destilada e dispensada foi a do destilador da sala de esterilização dos laboratórios do primeiro andar. No processo de destilação para se obter 1,00 L de água existe uma grande perda, em torno de 48,00 L (Tabela 1).

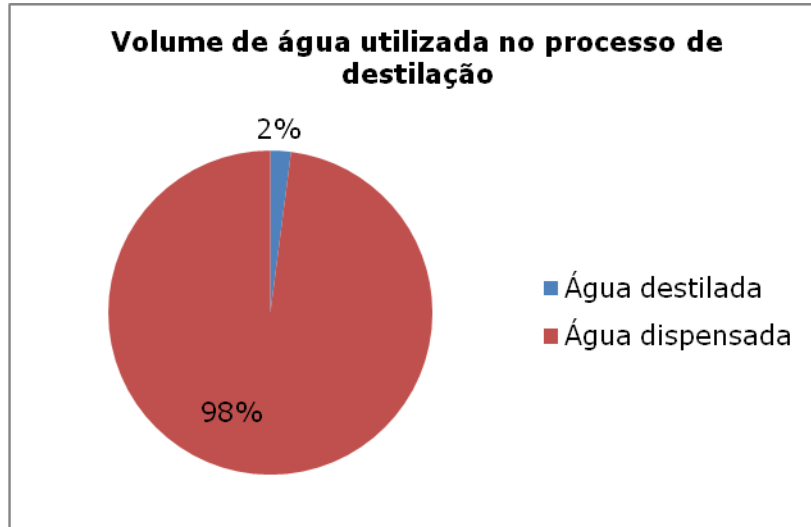
Tabela 1 - Quantidade de água destilada por litro de água dispensada.

<b>Volume de Água Destilada (L)</b>	<b>Volume de Água Dispensada (L)</b>	<b>Tempo de Coleta (s)</b>
1,00	48,00 L	00h 18min 20seg
10,00	480,00 L	03h 04min 00seg
20,00	960,00 L	06h 08min 00seg

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na obtenção de água destilada um grande volume de água potável é desperdiçado. Esta água limpa pode ser recolhida em uma caixa receptora e reutilizada. A Figura 5 apresenta a percentagem referente ao volume destilado e o volume dispensado pelo destilador.

Figura 5 - Percentagem dos volumes de água do destilador.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante três meses Nascimento et al. (2007) avaliaram o consumo de água e os efluentes gerados por destiladores, onde verificaram um potencial de água de reuso de 1219 L/dia, (considerou 21 dias úteis) gerando um volume total de 25,6m<sup>3</sup> /mês que poderia ser usada na irrigação de uma área de 610m<sup>2</sup>.

Santos et al. (2009) em seu trabalho apresentaram alternativas para aproveitamento da água não destilada dentro do laboratório para lavagem de vidraria depois da realização de testes físico-químicos da água dispensada.

Neste contexto, após a coleta e análise dos dados foi proposto um projeto de hidráulica viável para o correto posicionamento de uma caixa receptora de água dispensada.

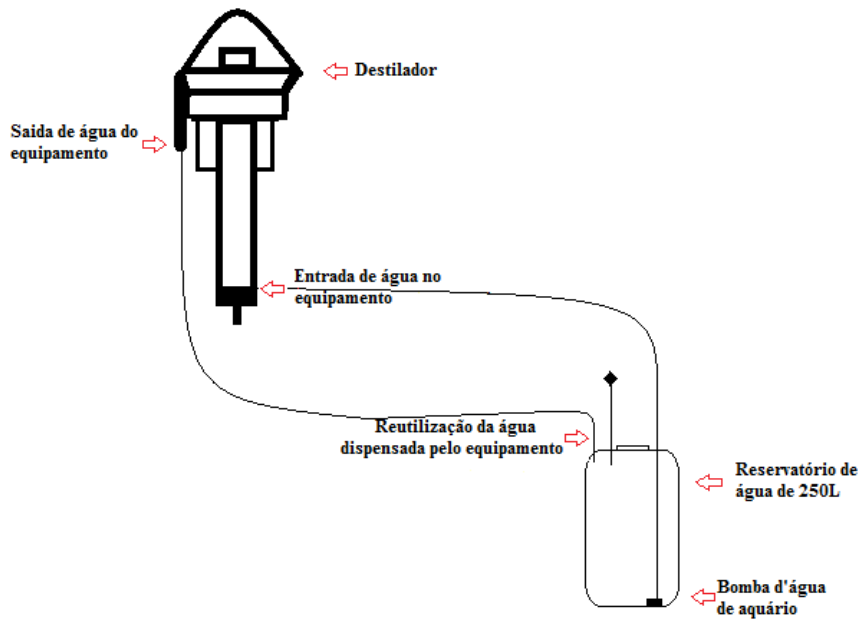
A proposta da construção se resume em colocar uma mangueira na saída da água dispensada pelo destilador, essa água de rejeito será encaminhada para uma caixa coletora, dessa forma com o auxílio de uma bomba de aquário a água retornará para uma nova destilação. Uma vez que a água dispensada na destilação pode retornar para o próprio sistema.

A Figura 6 mostra o croqui do projeto detalhado do reuso da água do destilador. O cálculo para o dimensionamento da potência da bomba para o destilador é dado pela equação abaixo:

$$Q = \frac{V}{T} \longrightarrow \frac{48,00L}{18,20min} \longrightarrow Q \cong 2,70L/min$$



Figura 6 - Croqui do funcionamento do projeto do destilador.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Esta proposta tem a finalidade de reduzir os gastos com a compra de água destilada, uma vez que a instituição compra em média 60 galões de água destilada por mês, e que cada galão custa em média quinze reais e noventa e nove centavos. Além dos gastos, tem um volume grande de resíduos sólidos com os depósitos da água destilada comprada como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Depósito da água destilada comprada pela ASCES para os laboratórios de ensino.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No trabalho desenvolvido por Marckmann et al. (2012) calcularam o consumo antes de iniciar o processo de destilação, rendimento do destilador durante o processo de destilação e do consumo final, como também o cálculo da economia gerada após a implantação do projeto.

Outra forma de reuso da água descartada foi proposta por Muller (2013), nas lavagens de vidrarias dos laboratórios, nas limpezas de vidros, paredes e pisos da Universidade e na irrigação de áreas verdes. A água descartada de destiladores pode ser reaproveitada em diversas tarefas a autora indica fazer uma desinfecção da água antes de seu reuso.

Dados apresentados por Matos, Meira e Matos (2015) mostraram que um sistema de reuso de água pode diminuir os impactos ambientais como também redução do consumo de água pelos laboratórios propondo um sistema de custo baixo.

Para que ocorra a redução do consumo de água pelos destiladores segundo Nakagawa, Kiperstok e Oliveira-Esquerre (2009) é necessário que se faça regulagem dos destiladores (da entrada de água, da temperatura). Uma das medidas sugeridas nos trabalhos e a instalação de uma válvula globo para regular a vazão do destilador para não danificar o equipamento além da compra de equipamentos mais econômicos.

### 3.2 Rotaevaporador

Na medição da água dispensada no processo de evaporação de solventes foi realizado com alta e baixa vazão para computar 1,00 L de água dispensada conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade de água dispensada no rotaevaporador.

Volume Dispensado	Tempo de Uso do Equipamento	
	Vazão Baixa	Vazão Alta
1,00 L	01"34' 55"	00"48' 20"
10,00 L	15"49' 10"	08"03' 20"
20,00 L	31"38' 20"	16"06' 40"

Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste contexto, após a coleta e análise dos dados foi proposto um projeto de hidráulica viável para o correto posicionamento de uma caixa receptora de água dispensada.

Na rotaevaporação, a água que passa no seu processo serve para ajudar no resfriamento do aparelho a fim de fazer a separação dos solventes, como a água não entra em contato com o solvente, a proposta para a construção será colocar uma mangueira na saída da água dispensada pelo rotaevaporador. A água que passa pelo condensador do rotaevaporador será receptada por

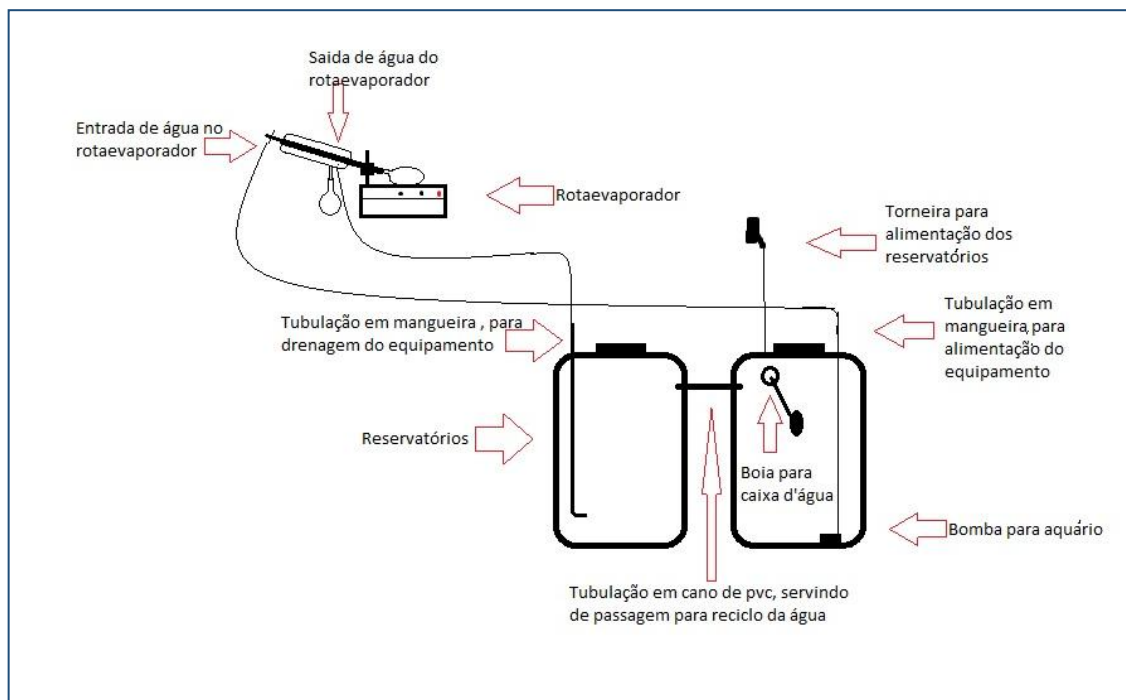
uma primeira uma caixa coletora que terá a função de trocador de calor, já que lá terá água fria, depois dessa caixa coletora inicial a água será transportada para outra caixa onde com o auxílio de uma bomba de aquário retornará para o sistema.

O rotaevaporador segundo Appelt et al. (2008) necessita de água de refrigeração em abundância para promover o processo de condensação do solvente, ocasionando uma perda significativas das águas de refrigeração.

Como se trata de água potável esta água pode ser reutilizada em atividades, como lavagem de vidrarias, equipamentos, nas limpezas, nos sanitários e como água de refrigeração (APPELT et al., 2008).

O croqui do projeto detalhado do reuso da água do rotaevaporador encontra-se na Figura 8.

Figura 8 - Croqui do projeto detalhado do reuso da água do rotaevaporador.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Um estudo em equipamentos consumidores de água foi realizado por Nakagawa, Kiperstok e Oliveira-Esquerre (2009), onde foi medido o consumo da água destilada e de resfriamento em L/hora e verificado que o volume mensal desperdiçado na instituição atingiu em torno de 250 mil litros de água de resfriamento.

No estudo realizado não foi levado em consideração a substituição desses equipamentos, além do gasto de energia elétrica e sim como estão funcionando os destiladores e os rotaevaporadores da faculdade com relação ao consumo de água desperdiçada durante o trabalho.

As alternativas para a minimização do problema estão relacionadas com a economia e tecnologias usadas no reuso de águas (WANG; YUAN, 2007). No contexto atual, as iniciativas de

práticas que permitam, o reuso da água se torna cada vez mais urgente, não apenas seguir as normas da legislação, como também para diminuir o seu consumo e reduzir os custos.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste estudo, foi proposto um meio para o uso racional da água dispensada pelo rotaevaporador e pelo destilador dos laboratórios de ensino, pesquisa e extensão da Faculdade ASCES. Como também redução dos custos na compra de água destilada, uma vez que a instituição compra em média 60 galões de água destilada por mês.

A proposta foi desenvolvida após a realização da coleta do volume da água desperdiçada no processo de destilação e rotaevaporação e teve uma avaliação detalhada dos resultados obtidos. Nos estudos e ensaios realizados permitem que se façam as seguintes considerações, em relação aos rotaevaporadores:

- O sistema proposto não tem nenhuma perda de efluente durante o processo;
- O custo de implantação é relativamente baixo;
- A instituição pode economizar em água potável e conseqüentemente na geração de efluentes;
- O novo sistema não irá interferir na eficiência do rotaevaporador.
- Em relação aos destiladores, conclui-se que:
  - O sistema proposto não tem perda de efluente durante o processo;
  - O custo de implantação é relativamente baixo;
  - Redução na geração de resíduos sólidos gerados pelos depósitos de plásticos na compra da água destilada;

Com os resultados obtidos a instituição terá benefícios em implantar o sistema e praticamente no primeiro mês, vai conseguir obter o investimento inicial. O reuso de águas implica em uma menor necessidade de utilização dos recursos hídricos naturais, tornando-se assim uma estratégia eficaz para a conservação dos mananciais em seus aspectos qualitativos e quantitativos. Dessa forma, conclui-se que a implantação do projeto é viável e trará inúmeros benefícios para a instituição.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALVES, E.C.; FLORES DA SILVA, C.; SALA COSSICH, E.; GRANHENTAVARES, C.R.; DE SOUZA FILHO, E.E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapo-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *ActaScientiarum. Technology (UEM)*, n. 30, v. 1, jan. p. 39-48, 2008.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Brasília, 2013, 432p.

APPELT, P.; PARZIANELLO, J.; GUERRA, A.P.; RODRIGUES, M.B. Estimativa do desperdício de água de refrigeração de destiladores laboratorial. *Synergismuscientifica*. Pato Branco: UTPPR, v. 4, p. 4, 2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2012. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas>>. Acesso em 09 set. 2014.

\_\_\_\_\_. Portaria MS n.º 2914/2011/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012a.

\_\_\_\_\_. *Farmacopéia brasileira*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Fiocruz, v. 2, 2010.

CETESB. Águas superficiais. *Reuso da água*, 2012. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/39-Reuso-de-%C3%81gua>>. Acesso em 11 set. 2014.

MARISCO, L.V.; FERNANDES, V.C.; CAVAGNI, M.V.; FERNANDES, L.C.; FERNANDES, J.C. Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores. *Revista CIATEC-UPF*, v. 6, n. 1, p. 37-47, 2014.

MARCKMANN, K.; TUBINO, R.M.C.; KRELING, M.T.; CAMPANI, D.B. Propostas para redução de desperdícios ambientais numa Universidade Pública – Projeto de reutilização de água de destiladores no CT – Leamet. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves-RS, 2012. Disponível em: <[http://www.ct.ufrgs.br/leamet/gestao/FIEMA2012\\_Destiladores.pdf](http://www.ct.ufrgs.br/leamet/gestao/FIEMA2012_Destiladores.pdf)>. Acesso em 04 jun. 2016.

MATOS, S.C.C.; MEIRA, P.R.R.; MATOS, R.A.F. Adaptação de uma unidade de destilação de água para reaproveitamento do fluido refrigerante interno com materiais de baixo custo. XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas. 2015. Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/anais/188>>. Acesso em 2 de Maio, 2016.

MULLER, J. Qualidade microbiológica da água descartada por destiladores e seu potencial para reuso. 2013. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/30530>>. Acesso em 01 de junho de 2016.

NASCIMENTO, F.S. Diretrizes para a concepção de sistemas de reúso de água em edificações. 2007. 119 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

NAKAGAWA, A.K.; KIPERSTOK, A.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K.P. Estudo dos equipamentos consumidores de água – destiladores. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2009. Disponível em: <[http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/publicacoes/pub\\_art88.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art88.pdf)>. Acesso em 04 jun. 2016.

NBR. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: água de chuva aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis-Requisitos. Rio de Janeiro: 2007.

NOGUEIRA, G.J.L. Reaproveitamento de água dispensada pelo destilador no processo de destilação em laboratório. Foz do Iguaçu, 2009. Disponível em: <<http://www.udc.edu.br/monografia/monoamb51.pdf>>. Acesso em 09 set. 2014.

SANTOS, A. O.; ROCHA, I. F.; TAVARES, J. K. G.; SILVA, V. C. P.; MEDEIROS, V. M. Artigo: Uma Questão Econômica e Ambiental: Reuso de Água do Destilador para Limpeza das Vidrarias do Laboratório de Análises de Água do IFPB – JP, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/5/5-572-6566.htm>>. Acesso em 04 de jun. 2016.

SILVA, M.; SILVA, K.S.; ANGELINI, L.P.; OLIVEIRA, A.P. Reuso da água de refrigeração de destiladores para lavagem de vidrarias em laboratórios de ensino do IFMT Campus Cuiabá Bela Vista. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia-GO, 2012.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. *Recursos Hídricos no Século XXI*, São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

WANG, X.; YUAN, X. Reuse of condensed water to improve the performance of an air-cycle refrigeration system for transport applications *Applied Energy*, v.84, p. 874-881, 2007.

## 1.3. REDUÇÃO DA COR APLICANDO FOTOCATÁLISE SOLAR POR UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM LIXIVIADOS DE ATERRO SANITÁRIO

**CAHINO, Arthur Marinho**

Graduado

Grupo de Fotocatálise Solar da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

**arthur\_jpa@hotmail.com**

**ROCHA, Elisângela Maria Rodrigues**

Doutora

UFPB

**elis@ct.ufpb.br**

**LUCENA, Larissa Granjeiro**

Mestrando

UFPB

**larissa\_lucena05@hotmail.com**

**SILVA, Erika Lima**

Graduanda

UFPB

**erika2012.1ambiental@hotmail.com**

### RESUMO

A composição diversificada e complexa é considerada uma das principais dificuldades no tratamento de lixiviado por processos convencionais de tratamento. Uma alternativa promissora que vem sendo estudada são os processos oxidativos avançados (POA), bastante eficientes e com custo-benefício interessante, entre eles, destaca-se a fotocatalise homogênea solar UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A pesquisa visou avaliar a eficiência do processo de fotocatalise homogênea solar (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) aplicado ao pós-tratamento do lixiviado do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, PB, avaliando a resposta em termos de descoloração. Utilizou-se planejamentos fatoriais do tipo DCCR para analisar as variáveis interferentes no processo: concentração do peróxido de hidrogênio, tempo e pH. Foram realizados dois experimentos e as melhores eficiências de remoção de cor foram 67% no teste A e 56% no teste B. Os resultados encontrados demonstram que o processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> é viável para remover a cor do lixiviado.

**PALAVRAS-CHAVES:** Fotocatálise solar homogênea; lixiviados de aterros sanitários; remoção de cor.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, que ficou consolidado na Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, culminou com o crescimento das metrópoles e mudança nos hábitos da sociedade, favoreceu o aumento da quantidade e da variedade dos resíduos gerados em virtude do desenvolvimento de técnicas para processamento de matérias primas, causando graves problemas para a humanidade e para o meio ambiente (FIOREZE, 2014).

Os aterros sanitários constituem um método eficaz para tratamento e disposição final de resíduos sólidos considerados rejeitos, mas estes geram subprodutos recalcitrantes, como o lixiviado, que precisam ser tratados de modo a não agredir os cursos d'água e estar dentro dos limites exigidos em legislação (FORTUNATO, 2015).

Em função da complexidade do lixiviado, e por consequência, da dificuldade de seu tratamento, algumas técnicas de tratamento foram propostas e estudadas ao longo das últimas décadas com o objetivo de reduzir a contaminação provocada pela elevada concentração de matéria orgânica e inorgânica presente nesse efluente (SILVA, 2008). Porém, as características poluidoras e a composição bastante variável dificultam a adoção de uma técnica generalizada para o tratamento do lixiviado, sendo necessário avaliar cada aterro individualmente (MANNARINO, 2011; ROEHRS, 2007).

As técnicas mais usuais para o tratamento de lixiviados se baseiam na utilização de processos biológicos para remoção da carga orgânica, sendo que estas têm se mostrado insuficientes para o posterior descarte do efluente nos corpos hídricos (MARTINS, 2014). Além disso, os processos não funcionam de maneira satisfatória quando a razão  $DBO_5/DQO$  é pequena, significando um baixo grau de biodegradabilidade do efluente. Nesses casos, é necessário que se utilize métodos químicos mais agressivos na redução do teor de matéria orgânica dissolvida (MORAVIA, 2010).

Massarotto (2010) obteve 17% remoção da DQO de lixiviado com elevada carga orgânica por meio de tratamento biológico com reatores operados em bateladas seqüenciais, constatando que o processo biológico não apresentou bom desempenho na remoção de matéria orgânica. Isto significa que o tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio pode ter eficiência limitada na remoção da matéria orgânica recalcitrante do lixiviado, o que pode ser resolvido com associações entre tratamentos biológicos e físico-químicos (MORAVIA, 2010).

Portanto, torna-se necessário o estudo de processos que mineralizem a matéria orgânica para que o efluente fique em conformidade com os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011), ou em caso de parâmetros sem padrões definidos possam ser reduzidas suas concentrações a níveis que não comprometam o meio ambiente.

Neste contexto, os processos oxidativos avançados (POA) têm sido estudados como alternativa para resolver ou minimizar a remoção de poluentes persistentes e de efluentes com elevada carga orgânica (MARTINS, 2014).



A pesquisa visou avaliar a eficiência do processo de fotocatalise homogênea solar (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) aplicado ao pós-tratamento do lixiviado do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, investigando as variáveis independentes: concentração de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), pH, tempo de reação, avaliando a resposta do processo em termos de remoção de cor.

## 2.METODOLOGIA

As coletas do lixiviado estudado foram feitas na lagoa facultativa do Sistema de Lagoas de Estabilização do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, situado na zona metropolitana do município de João Pessoa, com a autorização da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR). Os experimentos foram realizados em março e abril de 2015.

Na caracterização do lixiviado bruto foram estudados os seguintes parâmetros: pH, turbidez, condutividade, alcalinidade total, amônia, nitrato, cloretos, DBO<sub>5</sub>, DQO e a série de sólidos presentes no efluente de acordo com Standard Methods (APHA, 2005), conforme a tabela 1:

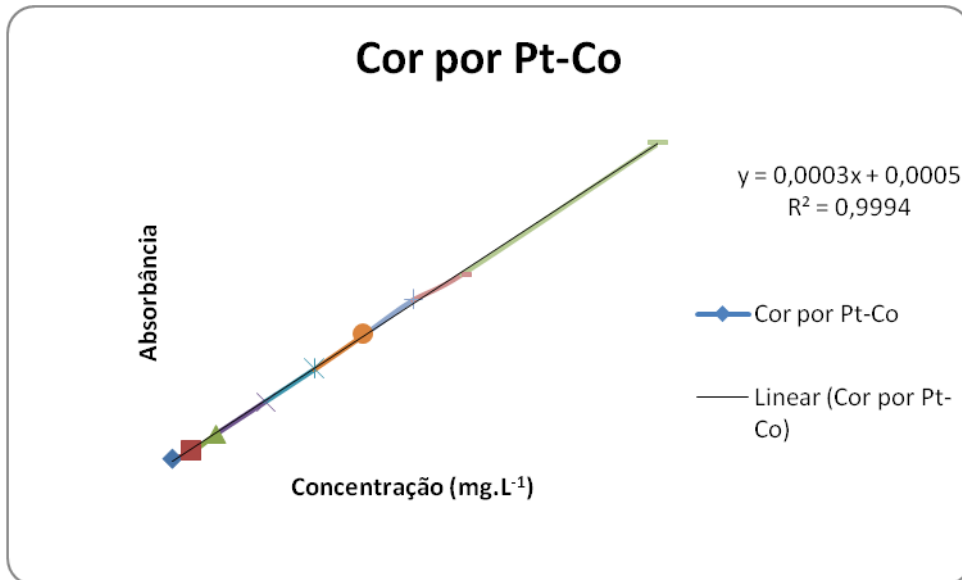
Tabela 1 – Método de análise dos parâmetros físico-químicos.

<b>Parâmetro físico-químico</b>	<b>Método</b>
pH	Método Eletrométrico
Turbidez	Método Nefelométrico
Condutividade	Método Eletrométrico
Alcalinidade Total	Método da Titulação Potenciométrica
Amônia	Método Fotométrico da Nesslerização Direta
Nitrato	Método do Salicilato
Cloretos	Método Argentométrico
DBO <sub>5</sub>	Método Respirométrico
DQO	Método Titulométrico da Refluxação Fechada e Método Colorimétrico
Série de Sólidos	Método Gravimétrico

Fonte: Standard Methods (APHA, 2005) (Adaptado)

A determinação de cor das amostras brutas e tratadas foi realizada através da comparação com padrões de platina-cobalto, que consiste na avaliação da coloração de líquidos levemente coloridos, procedendo à comparação espectrofotométrica da cor de uma amostra padrão, formada pela mistura aquosa de cloroplatinato de potássio (K<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>), cloreto de cobalto (II) hexahidratado (CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) e ácido clorídrico (HCl) para quantificar a eficiência dos tratamentos no comprimento de onda de 455 nm. Uma curva analítica foi preparada na faixa 5 – 500 Un Pt-Co para avaliar a redução da concentração de cor (fig. 1).

Figura 1 – Curva analítica da concentração de Cor em Pt-Co



No Brasil, a norma NBR 5769 (ABNT, 2009) regulamenta a utilização do método da platina-cobalto para determinação de cor. A eficiência da redução de cor do lixiviado foi mensurada pela equação 1.

$$E(\%) = \left( \frac{Cor_{final} - Cor_{inicial}}{Cor_{final}} \right) Eq.$$

Onde  $Cor_{final}$  representa a cor da amostra tratada, em PtCo e  $Cor_{inicial}$  representa a cor da amostra bruta, em PtCo.

Para esta etapa, optou-se pela realização de planejamento  $2^3$  com ponto central e Delineamento Composto Central do tipo Rotacional (DCCR). Foram realizados dois experimentos para validação estatística. Nestes experimentos, realizados em março e abril de 2015 (teste A e B, respectivamente). Foi realizada uma etapa de fotólise a fim de verificar a eficiência da radiação solar na degradação da cor presente no lixiviado.

Para estes testes, buscou-se determinar a maior eficiência para o tratamento do lixiviado proveniente do aterro sanitário de João Pessoa, sendo utilizadas como variáveis independentes: pH, concentração do  $H_2O_2$  e o tempo de exposição ao sol. Os diagramas de Pareto para avaliação dos efeitos das variáveis e suas interações foi realizado com o software Statistica 7. As condições aplicadas nos referidos experimentos estão descritas na tabela 2.

Tabela 2 – Condições aplicadas nos planejamentos tipo DCCR da etapa I.

Condições		-1,681	-1	0	+1	+1,681
Teste A	$H_2O_2$ (mg.L <sup>-1</sup> )	954	1909	2863	3818	4773

	Tempo (min)	79	120	180	240	281
	pH	5,32	6	7	8	8,68
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	1741	2015	2418	2821	3096
Teste B	Tempo (min)	79	120	180	240	281
	pH	5,32	6	7	8	8,68

A matriz de planejamento adotada neste trabalho é apresentada na tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de ensaios do planejamento fatorial do tipo DCCR para a etapa I.

	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Tempo	pH
1	-	-	-
2	-	-	+
3	-	+	-
4	-	+	+
5	+	-	-
6	+	-	+
7	+	+	-
8	+	+	+
9	-1,681	0	0
10	+1,681	0	0
11	0	-1,681	0
12	0	+1,681	0
13	0	0	-1,681
14	0	0	+1,681
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

(-) se refere ao nível inferior da variável estudada, (0) se refere ao nível intermediário da variável estudada, (+) se refere ao nível máximo da variável estudada, (-1,681) se refere ao ponto axial mínimo da variável estudada, (+1,681) se refere ao ponto axial máximo da variável estudada.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros investigados na caracterização físico-química do lixiviado utilizado como objeto de estudo neste trabalho estão descritos na tabela 4.

Tabela 42 – Caracterização físico-química do lixiviado final proveniente do sistema de lagoas do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa.

Parâmetros	Março/2015	Abril/2015	Desvio Padrão
pH	7,99	7,70	0,20
Condutividade elétrica (mS/cm)	14,47	8,56	4,17
Alcalinidade Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	5.400,00	5.950,00	388,90
Amônia (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	563,93	974,30	290,17
Cloretos (mg Cl <sup>-</sup> /L)	4.248,00	3.248,99	706,40
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	378,00	804,00	301,22
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	3.513,31	3.811,08	210,55
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,107	0,210	0,07

O nível de biodegradabilidade de uma água residuária pode ser indicado pela razão DBO<sub>5</sub>/DQO, bem como o estágio de degradação dos resíduos em aterros sanitários. Os estágios de estabilidade dos aterros sanitários em função da biodegradação dos resíduos sólidos a partir da relação DBO<sub>5</sub>/DQO foram apresentados por Castilhos Jr. *et. al.*, (2006), conforme tabela 5.

Tabela 5 – Classificação dos aterros quanto ao nível de biodegradabilidade

Razão DBO <sub>5</sub> /DQO	Classificação
DBO <sub>5</sub> /DQO > 0,5	Aterro novo e instável
0,1 < DBO <sub>5</sub> /DQO < 0,5	Aterro moderadamente estável
DBO <sub>5</sub> /DQO < 0,1	Aterro antigo e estável

Fonte: CASTILHOS JR *et al.*, 2006

Desta forma, a partir dos resultados da razão DBO<sub>5</sub>/DQO apresentados na tabela 4, pode-se classificar o Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa como moderadamente estável, devido a baixa biodegradabilidade do lixiviado daquele aterro. Lixiviados de baixa biodegradabilidade possuem baixa probabilidade de tratamento biológico (MASSAROTTO, 2010; MORAVIA, 2007).

Os altos teores de amônia são prejudiciais ao tratamento biológico realizado nas estações de tratamento, pois são nocivas as bactérias utilizadas na degradação e estabilização de substratos. Além disso, a amônia livre (NH<sub>3</sub>) dissolvida na água pode ser tóxica aos peixes, sendo necessária a aplicação de tratamentos específicos para a remoção desse poluente (AMARAL, 2009; MOURA, 2008; RODRIGUES, 2004).

As concentrações de íons cloretos superiores a 2600 mg Cl<sup>-</sup>/L presentes no lixiviado podem causar uma série de interferências nas análises físico-químicas. Por isso, seus valores devem ser levados em consideração ao se planejar um experimento (SOUTO, 2009).

Moravia (2007) encontrou valores de alcalinidade próximos a 7000 mg/L e concluiu que este valor elevado está associado a presença de resíduos da construção e demolição, que contem gesso, cimento e cal, e pode fazer com que a alcalinidade do lixiviado aumente.

As altas concentrações de condutividade verificadas no lixiviado estudado corroboram com os valores encontrados por Massarotto (2010), que estudou lixiviados com alto e baixo grau de biodegradabilidade, encontrando, respectivamente 11,80 e 15,60 ms.cm<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos permitem concluir que o lixiviado necessita ser submetido a processos avançados e/ou combinados de tratamento que aumentem a sua biodegradabilidade e diminuam a sua recalcitrância.

O melhor resultado de remoção de cor obtido na etapa da fotólise (16% de eficiência) comprova a necessidade de adicionar um agente oxidante para acelerar a produção de radicais hidroxila e melhorar a eficiência do processo fotocatalítico. Os resultados alcançados na remoção de cor para o teste A e B a partir do planejamento experimental 2<sup>3</sup> com DCCR estão descritos na tabela 6.

Tabela 6 – Eficiência de remoção de cor nos testes A e B

Amostras	Teste A				Teste B			
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Tempo (min)	pH	Cor (%)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	Tempo (min)	pH	Cor (%)
1	1909	120	6,00	55,36	2015	120	6,00	45,32
2	1909	120	8,00	44,51	2015	120	8,00	35,52
3	1909	240	6,00	60,16	2015	240	6,00	47,70
4	1909	240	8,00	43,89	2015	240	8,00	37,26
5	3818	120	6,00	67,84	2821	120	6,00	49,40
6	3818	120	8,00	67,08	2821	120	8,00	46,29
7	3818	240	6,00	67,84	2821	240	6,00	56,56
8	3818	240	8,00	60,59	2821	240	8,00	49,78
9	954	180	7,00	43,89	1741	180	7,00	34,78
10	4773	180	7,00	64,42	3096	180	7,00	47,68
11	2863	79	7,00	53,81	2418	79	7,00	42,58
12	2863	281	7,00	49,91	2418	281	7,00	44,98
13	2863	180	5,32	66,22	2418	180	5,32	54,85

14	2863	180	8,68	46,38	2418	180	8,68	32,18
15	2863	180	7,00	55,93	2418	180	7,00	45,28
16	2863	180	7,00	58,05	2418	180	7,00	44,98
17	2863	180	7,00	56,99	2418	180	7,00	45,58

Fonte: Elaborado pelo autor.

A eficiência máxima foi obtida nas amostras 5 e 7, com remoção 67,84% no teste A, quando se utilizou amostras com pH 6 e 3818 mg.L<sup>-1</sup> de concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. A diferença entre as duas amostras está no tempo de reação. Para a amostra 5 foi necessário 120 minutos de radiação UV. Para a amostra 7 foi necessário 240 minutos de reação. Para o teste B, a eficiência máxima de remoção de cor foi de 56,56% (amostra 7) quando se utilizou amostras com pH 6 em 240 minutos de radiação e 2821 mg.L<sup>-1</sup> de concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Fortunato (2015) obteve 95,72% de eficiência de remoção de cor quando 2000 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio para tratar lixiviado utilizando o processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante 60 minutos de exposição a radiação artificial. O menor tempo de exposição a radiação utilizado pelo autor supracitado ocorre devido a utilização de lâmpadas artificiais, que potencializa o processo.

Massarotto (2010) utilizou o processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> artificial em lixiviados e obteve 97% de eficiência de remoção de cor quando utilizou 6000 mg.L<sup>-1</sup> e lâmpada com 15 W de potência. Os resultados encontrados por Massarotto (2010) podem ser atribuídos a utilização de radiação artificial, que potencializa o processo, apresentando valores acima daqueles que foram obtidos neste trabalho.

A remoção de cor para o teste A e B foi percebida visualmente, como é mostrado nas figuras 3 e 4, respectivamente.

Figura 3 – Comparação visual da cor entre amostras fototratadas do teste A. Fonte: Acervo do autor

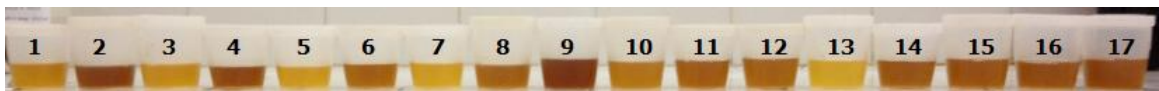


Figura 4 – Comparação visual da cor entre amostras fototratadas do teste B. Fonte: Acervo do autor



Foi realizada uma análise entre as variáveis independentes estudadas a partir do diagrama de Pareto, o qual permite determinar as variáveis significativas, classificar seus efeitos como positivos ou negativos e avaliar o efeito das variáveis e das interações entre as variáveis na resposta do estudo (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Diagrama de Pareto das variáveis independentes investigadas no teste A.

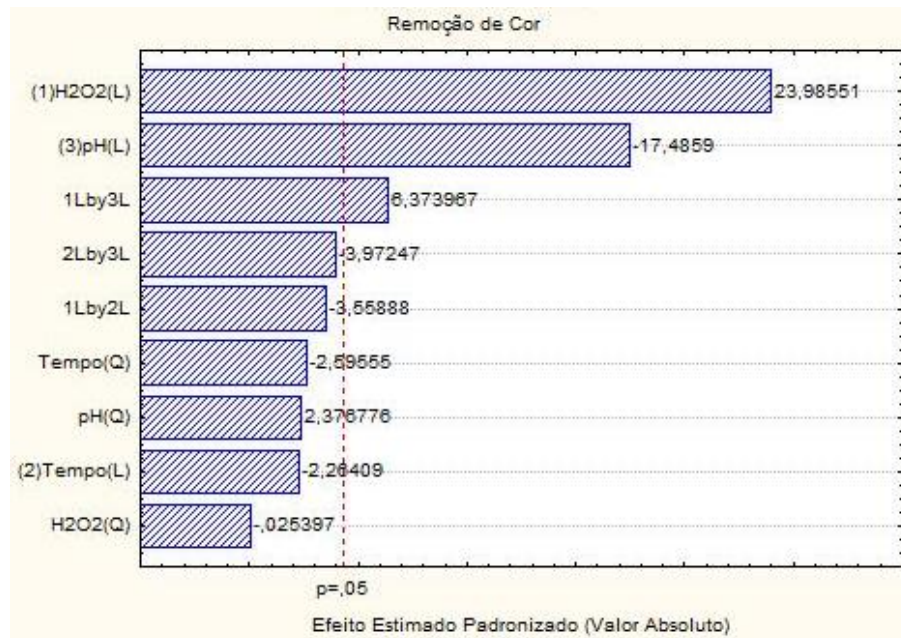
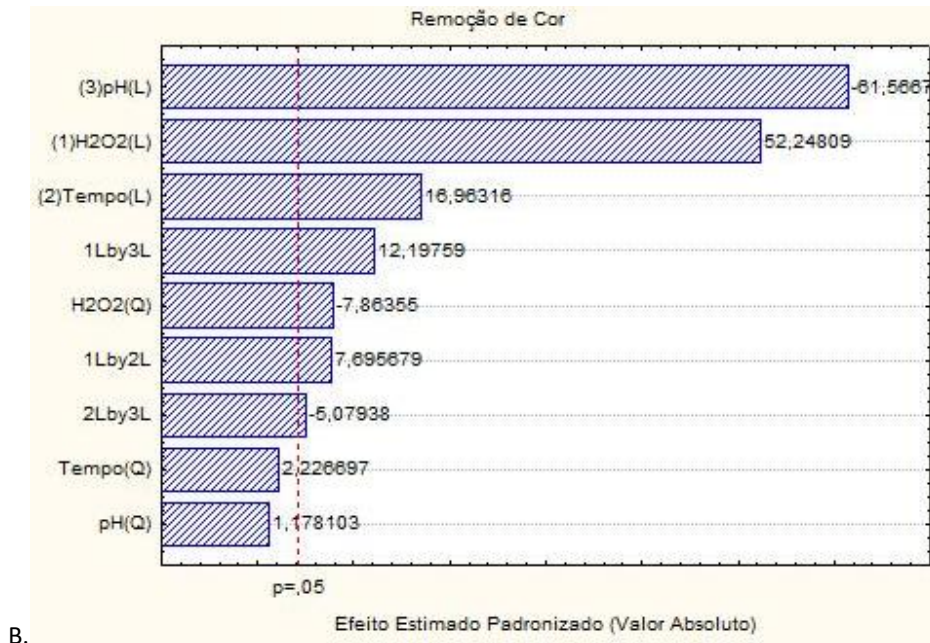


Figura 6 – Diagrama de Pareto das variáveis independentes investigadas nos testes



No teste A, apenas a concentração de peróxido, o pH e a interação linear entre eles apresentaram significância estatística (figura 5). O efeito positivo da concentração de  $H_2O_2$  e da interação entre pH e a concentração de  $H_2O_2$ , significa que a remoção de cor aumenta 23,98 e 6,37%, respectivamente, quando se passa do nível inferior para o superior de acordo com o planejamento experimental DCCR descrito na tabela 3. O efeito negativo do pH significa que a eficiência de remoção de cor aumenta 17,48% quando se passa do nível superior para o nível inferior dessa variável.

No teste B, apenas as variáveis quadráticas tempo e pH não apresentaram significância estatística (figura 6). O efeito negativo do pH significa que a eficiência de degradação da matéria orgânica aumenta 61,56% quando se passa do nível superior para o nível inferior dessa variável. O efeito positivo da concentração de  $H_2O_2$  significa que a remoção de cor aumenta 52,24% quando se passa do nível inferior para o superior.

## 4. CONCLUSÕES

O tratamento de lixiviados de aterro sanitário se constitui um grande desafio aos pesquisadores e governantes, pois a eficiência do processo depende da composição do efluente, das condições do aterro e das condições ambientais onde está instalado.

O processo de fotocatalise homogênea (UV/ $H_2O_2$ ) analisado em escala de bancada mostrou-se uma técnica promissora na redução da cor do lixiviado proveniente do sistema de lagoas de estabilização de aterro sanitário, em particular quando comparado com o teste de fotólise direta, mas que ainda precisa ser otimizado.

Fica comprovado que, do ponto de vista da remoção de cor, os melhores resultados foram obtidos em baixos valores de pH. No teste A e B, os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou pH 6.

O gráfico de Pareto comprovou a importância de se avaliar as variáveis independentes com o objetivo de otimizar o processo e assim, obter melhores eficiências em termos de remoção de cor. Ficou comprovado que o processo é mais eficiente quando se utiliza concentrações de peróxido acima de 3000  $mg.L^{-1}$  e tempos de exposição acima de 120 minutos.

A utilização da radiação solar como energia de ativação do processo fotocatalítico permitiu redução de custos operacionais do processo, por ser uma fonte de energia limpa e de grande disponibilidade na região nordeste.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro. Ao laboratório de Estudos em Química Ambiental (LEQA/UFPB) e ao Laboratório de Saneamento (LABSAN/UFPB), pelo apoio nas análises físico-químicas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, M. S. **Tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário pré-tratado por processo biológico aeróbio**. 2005. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19<sup>a</sup> Ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Brasília, DF, maio de 2011.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. (Org). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água**: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 494 p.

FIOREZE, M.; DOS SANTOS, E. P.; SCHMACHTENBERG, N. Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 79-91, 2014.

FORTUNATO, L. B. **Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário com o Processo Oxidativo Avançado UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**. 2015. 92 p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; MOREIRA, J. C. Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico como alternativa para a solução de um grave problema ambiental e de saúde pública. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 1, n. 19, p 11-19, Rio de Janeiro, 2011.

MARTINS, P. M. **Aplicação de processos oxidativos avançados no tratamento de lixiviado de aterro sanitário**. 2014. 89 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Ciência e Tecnologia. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

MASSAROTTO, W. L. **Avaliação de tecnologias para tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. 2010. 113 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental. Universidade de Ribeirão Preto, São Paulo, 2010.

MORAVIA, W. G. **Estudos de caracterização, tratabilidade e condicionamento de lixiviados visando tratamento por lagoas**. 2007. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MORAVIA, W. G. **Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de processo oxidativo avançado conjugado com sistema de separação por membranas**. 2010. 237 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MOURA, D. A. G. **Remoção de Amônia por Arraste com Ar de Lixiviados de Aterros Sanitários**. 2008. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

RODRIGUES, F. S. F. **Aplicação da Ozonização e do Reativo de Fenton como Pré-Tratamento de Chorume com Objetivos de Redução da Toxicidade e do Impacto no Processo Biológico**. 2004. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Área De Recursos Hídricos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ROEHRS, F. **Tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário por filtração direta ascendente**. 2007. 129 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina(UFSC), Florianópolis, 2007.

SILVA, F. B. **Tratamento Combinado de Lixiviados de Aterros Sanitários**. 2009. 118 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SOUTO, G. D. B. **Lixiviado de aterros sanitários brasileiros - estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stripping”)**. 2008. 371 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

## 1.4. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA QUEIMA DE RESÍDUOS SUÍNOS EM CALDEIRAS INDUSTRIAIS

**VALANDRO, Luan Francis**

Engenheiro

UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC – JOAÇABA)

luan.valandro@hotmail.com

**MENEGHINI, Cristiano**

Mestre

UNOESC – JOAÇABA

cristiano.meneghini@unoesc.edu.br

### RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa localizada no meio oeste catarinense. O objetivo deste foi analisar técnica e economicamente a queima dos resíduos suínos de um frigorífico juntamente com biomassa de madeira de reflorestamento, para eventual redução de custos com a destinação dos resíduos e impacto ambiental. Durante o trabalho, pode-se constatar que os fatores que mais influenciaram o processo foram as emissões de gases decorrentes da péssima mistura entre as fontes caloríficas e a elevada umidade presente no combustível alternativo (cerdas de suíno) na queima. Os resultados levaram à constatação de que apesar do baixo rendimento térmico da caldeira a queima das cerdas reduz os gastos com a principal matéria-prima (cavaco de madeira) da espécie *Pinnus*, no transporte dos resíduos, e a significativa redução no impacto ambiental com aterros sanitários.

**PALAVRAS-CHAVE:** Combustão, Cerdas, Resíduos, Caldeiras Industriais

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme as obras de Bizzo (2007) e Bazzo (1995), a consciência ambiental, que cresce consideravelmente a cada ano, o aumento dos problemas de descarte e a legislação cada vez mais severa, vem obrigando as indústrias a se aprofundarem nas questões de compatibilidade ambiental dos resíduos de seus processos. As leis ambientais estão cada vez mais rígidas com o destino dos resíduos industriais. Para diminuir os custos, buscam-se alternativas de se aproveitar os resíduos sem prejudicar o meio ambiente. Neste cenário competitivo, onde se prioriza a produção cada vez maior com menos gastos e impacto ambiental o fator inovação faz a diferença (Nogueira, 2005). Os resíduos frigoríficos possuem alto custo de destinação, uma vez que é um serviço terceirizado na maioria das empresas do ramo frigorífico suíno, pertencentes ao nosso cenário nacional, não possuem uma destinação final, pelo fato de que este resíduo é de difícil decomposição.

Esse trabalho visa o estudo da viabilidade técnica da aplicação das cerdas suínas juntamente ao cavaco de madeira como fonte de energia, por intermédio da sua co-combustão na caldeira, considerando as emissões de gases poluentes e a destinação de resíduos, procurando respeitar as leis ambientais em vigor. Dentro desta circunstância, é relevante avaliar também o impacto estrutural e operacional que a co-combustão venha a causar no equipamento.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Nogueira (2005), o mais importante gerador de vapor é a caldeira, que é, basicamente um trocador de calor que trabalha com pressão superior à pressão atmosférica, produzindo vapor a partir da energia térmica fornecida por uma fonte qualquer. É constituída por diversos equipamentos integrados para permitir a obtenção do maior rendimento térmico possível e maior segurança.

Bazzo (1995), acrescenta que toda a análise energética é fundamental para garantir um bom controle do equipamento, e da energia liberada pelo processo de combustão. Uma avaliação completa da energia envolvida no processo deve considerar todo o calor gerado no interior da fornalha, associado aos fluxos de massa, a ocorrência de combustão parcial e calor perdido para o meio ambiente por condução, convecção ou radiação.

Com relação à análise energética, Bizzo (2007) afirma que balanços de energia em equipamentos industriais são feitos baseados na primeira lei da termodinâmica que postula a conservação da energia. Em um sistema termodinâmico a energia total que entra é igual a energia total que dele sai, podendo ser na forma de calor ou trabalho, energia potencial, cinética ou energia de entalpia do escoamento.

### 3.METODOLOGIA

Inicialmente, foram referenciados bibliograficamente alguns tópicos relacionados a caldeiras e balanço energético em sistemas de geração de vapor, a fim de auxiliar o conhecimento necessário para a elaboração do presente trabalho.

Na segunda fase, foram angariados os dados de consumo na caldeira para efeito de cálculos de balanço energético e comparações. Nesta etapa cabem algumas considerações, discutidas a seguir.

Foi mensurado na caldeira o consumo do cavaco de madeira, efetuando-se medições diárias durante um período de trinta dias, foram acompanhadas também as medições de consumo durante os testes, onde as cerdas suínas juntamente com o cavaco geraram a combustão caldeira. A densidade do cavaco foi mensurada enchendo uma caixa de 1 m<sup>3</sup> de cavaco e pesando-a, repetindo este processo por dez vezes. O vapor produzido, também foi monitorado e realizada por meio de um medidor de vazão instalado no gerador. Temperatura da água de alimentação, de ar primário e de saída de gases provenientes da combustão foram seguidas por intermédio de um termômetro. Para se obter a umidade do combustível, foram enviados para o laboratório da empresa para efetuar a medição. Para analisar a queima das cerdas suínas juntamente com o cavaco, foi necessário mensurar o quanto o abatedouro gera desses resíduos por dia. Para isso, utilizaram-se containers com capacidades padrões e observado durante trinta dias.

Na terceira fase, foram efetuadas medições de gases da combustão do gerador de vapor. Utilizando o aparelho medidor de gases de combustão para devidas checagens.

Já, na quarta fase, foram coletados dados para análise da viabilidade econômica, através de custos com o despacho das cerdas para terceiros e custos da queima deste resíduo junto ao cavaco na caldeira. Na quinta fase, foram analisados os resultados e sugerido algumas melhorias.

### 4.RESULTADOS

#### 4.1. Particularidades da biomassa

Avaliações foram efetuadas e obteve-se em média 50% de umidade, valor acima da média para a região (40%), onde é instalada a caldeira.

A quantidade consumida de combustível no frigorífico no decorrer de vários dias de análise, sendo que em média foi de 57.800 kg por dia. A densidade do cavaco encontrada foi de 437,50 kg/m<sup>3</sup>. Portanto, é consumido em torno de 132,11 m<sup>3</sup>/dia de cavaco.

O resíduo gerado na empresa, considerando as medições efetuadas diariamente, foi 8,67 m<sup>3</sup>/dia. Analisando o montante total queimado na caldeira, as cerdas suínas por sua vez, representam 6,50% do total do combustível.

## 4.2. Balanço Energético

O Quadro 1 demonstra alguns dados calculados para se obter o consumo de combustível teórico, para isso, padronizou-se que todos os dados foram calculados para se produzir a capacidade máxima da caldeira que é 10 t/h.

Quadro 1 - Resultado de equações

Descrição	Resultado
Poder Calorífico superior	7106,56 kJ/kg
Volume de Ar Estequiométrico	2,32 m <sup>3</sup> .N/kg.cb
Volume de gases secos	2,30 kg/kg.cb
Dióxido de Carbono Máximo	20,37 %
Dióxido de Carbono Medido	12,98 %
Excesso de Ar Calculado	1,57
Massa Estequiométrica de Ar	3,01 kg/kg cb
Massa Estequiométrica de Gás	4,01 kg g/kg cb
Massa Real de Gás	5,73 kg g/kg cb
Energia Útil Absorvida pela Água	6621,74 kW

Fonte: Os autores.

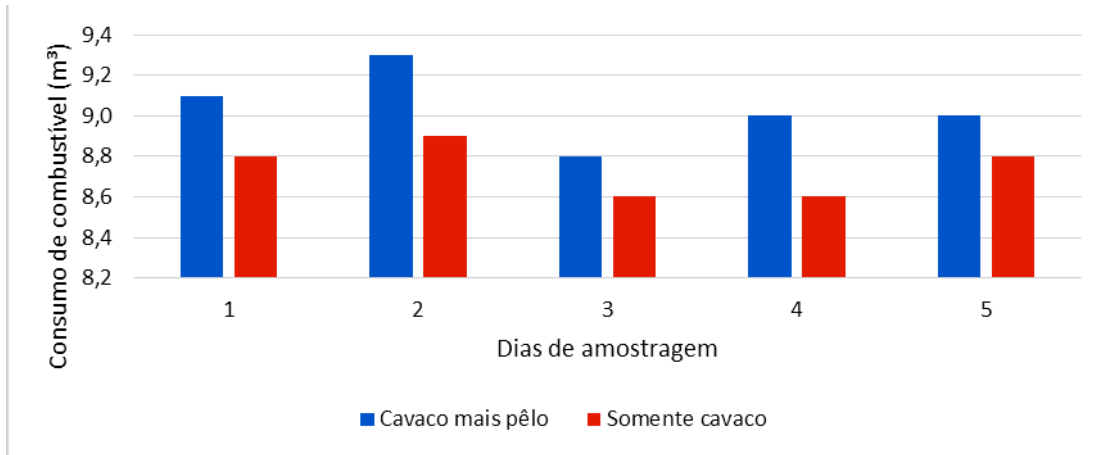
As equações e descrições pertinentes aos cálculos podem ser encontradas em Bazzo (1995). Outros parâmetros utilizados nos cálculos, como temperatura de ar primário e de exaustão, ficaram em média de 136,78°C e 159,44°C respectivamente.

Fazendo-se as devidas substituições nas equações, obteve-se um consumo teórico de cavaco na caldeira para se produzir a sua capacidade nominal de 1,19 kg/s. As medições efetuadas no gerador de vapor, em média ficaram em 1,12 kg/s. Essa diferença de aproximadamente 6% do consumo de combustível calculado e o medido é considerada normal, pois se devem considerar as perdas por descargas de fundo, que por sua vez, jogam água fora contabilizando como vapor produzido, também devido a não padronização da operação que devido às características da caldeira faz com que o fator humano seja decisivo na forma de funcionamento, e que o cálculo do Poder Calorífico Inferior (PCI) leva em conta apenas o cavaco de madeira, entre outros fatores.

O rendimento global ficou em 78,30% calculado para queima de somente cavaco de madeira. Valor este, que é considerado bom para a região, porém, poderia ser melhorado com uma exigência maior na qualidade do combustível.

O Gráfico 1 mostra a diferença de consumo para se produzir 10 toneladas de vapor por hora, utilizando somente cavaco puro e, também, o uso do resíduo frigorífico como co-combustível. Este comparativo foi realizado em um período de 5 dias diferentes.

Gráfico 1 - Comparativo de consumo



Fonte: Os autores.

Nos dias em que se teve um consumo de cerdas de suíno misturado em torno de 6,50% do volume total de cavaco, observou-se uma piora de 3% no consumo de biomassa, para as mesmas condições de produção em relação aos dias em que apresentava somente cavaco de madeira como combustível. Portanto, a cada 1 m<sup>3</sup> de cerdas adicionada ao cavaco se economiza em torno de 0,550 m<sup>3</sup> de cavaco.

Fazendo novamente o cálculo do rendimento agora levando em consideração as cerdas na co-combustão na caldeira e considerando uma elevação no consumo na ordem de 3% temos um novo rendimento que fica no valor de 75,76%.

Como teoricamente era esperado, o rendimento térmico diminuiu, pelo fato de que o consumo de combustível para se produzir 10 t/h de vapor aumentou, portanto, alterando o rendimento térmico do gerador de vapor. Porém, essa baixa é compensada com adição de combustível (cerdas) em maior quantidade, do que, o seu aumento no consumo.

### 4.3. Análises de fatores ambientais

O Quadro 3 demonstra a medição de gases com a caldeira queimando somente cavaco de lenha. Observa-se que a média de CO ficou em torno de 118,58 PPM que conforme o Quadro 1, fica de acordo com a norma regulamentadora de gases que delimita o máximo de 1300 PPM para caldeiras com potência nominal menor que 10MW. Ainda se percebe que o CO varia muito pouco em dias diferentes.

Quadro 1 - Medição de gases queimando somente cavaco de pinus

<b>Amostragem</b>	<b>CO (PPM)</b>	<b>CO2 (%)</b>	<b>Excesso de ar (%)</b>	<b>O2 (%)</b>	<b>Rend. (%)</b>
1	142	12,3	60,9	7,9	84,8
	169	12,1	63,2	8,1	84,6
	149	11,7	69,9	8,6	84,2
2	82	12	65,6	8,3	84,4
	53	11	80,2	9,3	83,9
	267	12,4	59,2	7,8	84,8
3	82	12	65,6	8,3	84,4
	116	11,9	67,1	8,4	84,4
	84	11,6	70,9	8,7	84,2
4	108	11,1	77,8	9,1	83,9
	89	10,7	85,1	9,6	83,6
	82	11	80,6	9,3	83,8
Média	118,58	11,65	70,45	8,62	84,25

Fonte: Os autores.

O Quadro 4 mostra a mensuração dos gases de combustão efetuados para a queima da mistura de cavaco de madeira com cerdas de suíno. Durante as amostragens, o processo operava em condições normais. As medições desta condição não foram em dias seguidos pelo fato de serem apenas testes.

Outros fatores como níveis de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> também ficaram dentro do regimento da norma. O excesso de ar, que para caldeiras do tipo grelha fixa conforme Bizzo (1995) têm que permanecer na faixa de 50% a 200%, portanto, ficando dentro do recomendado.

Quadro 2 - Medição de gases queimando a mistura de biomassas

<b>Amostragem</b>	<b>CO (PPM)</b>	<b>CO2 (%)</b>	<b>Excesso de ar (%)</b>	<b>O2 (%)</b>	<b>Rend. (%)</b>
1	190	11,7	69,5	8,6	84,5
	341	12,2	65	8,4	85,2
	550	12,95	59	8,1	85,2
2	150	11,9	74	9,2	82,8
	110	10,5	110	10,1	79,8
	450	12,4	51	7	85,1
3	322	10,7	84,9	9,6	84,4
	2668	12,7	55,4	7,5	83,8
	1769	11,7	69,5	8,6	83,7
4	850	13,3	48,6	6,8	84,7
	314	10,9	81,1	9,4	81,1



	58	12,8	54,9	7,4	84,9
Média	647,67	11,98	68,58	8,39	83,77

Fonte: Os autores.

Considerando a média dos dias de medições o CO fica em torno de 647,67 PPM valor este abaixo também conforme Quadro 1 para mesmas condições da medição queimando somente a biomassa de cavaco de lenha.

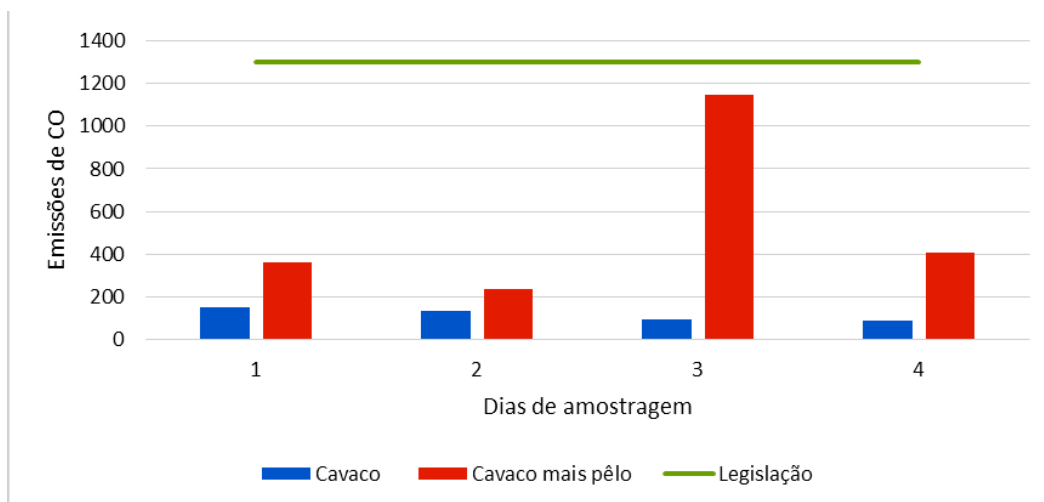
#### 4.4. Comparativo dos resultados das medições

Para efeitos de comparação de queima de somente cavaco e quando queimando ambos com uma adição de aproximadamente 6,50% de cerdas em relação ao cavaco, nota-se um aumento considerável de níveis de monóxido de carbono (CO), porém níveis como de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e O<sub>2</sub> (oxigênio) aumentaram relativamente pouco. O rendimento da combustão que conforme o fabricante do aparelho analisador de gases, leva em consideração o rendimento bruto, piora um pouco em relação a queima de somente cavaco de madeira.

Conforme a Tabela 7, nota-se um pico de emissões de CO, que é justificado pelo fato das cerdas não serem bem misturadas ao cavaco, e conseqüentemente quando é queimado em grandes volumes, eleva e muito o nível de monóxido de carbono dos gases que deixam a chaminé. Porém como a norma ambiental prevê que os níveis de CO fiquem a 1300 mg/Nm<sup>3</sup>, ainda assim, ficaram dentro do nível aceitável.

A Figura 2 exemplifica a média de emissões de CO que foram coletadas em 4 dias de amostragem, diferentes destacando a alteração causada pela adição dos resíduos frigoríficos como co-combustível na caldeira, comparando com o que a legislação nacional de emissões antecipa.

Figura 2 - Gráfico comparativo de emissões de monóxido de carbono



Fonte: Os autores.

#### 4.5. Cinzas provenientes da combustão

Com a mistura de biomassas (cavaco mais cerdas) utilizadas para a queima na caldeira, um fator que poderia se modificar é a presença de cinzas provenientes da queima incompleta, esta, por sua vez é removida com o equipamento chamado multiciclone. Contudo, não se teve alteração significativa em seu volume semanal, ficando na faixa de 2 containers de 7m<sup>3</sup> de cinzas a cada 7 dias. Esse valor corresponde à mesma quantidade produzida de cinzas antes das cerdas serem queimadas na caldeira.

#### 4.6. Eficácia na queima das cerdas

Na questão de geração de energia térmica, as cerdas de suíno na mistura realizada nos testes mostraram-se eficaz apesar de fazer com que eleve o consumo de combustível e baixe o rendimento térmico, este será compensado pelo fato de se adicionar junto ao cavaco um volume maior que o gasto excedente.

### 5. CONCLUSÕES

No que diz respeito ao emprego das cerdas de suíno juntamente com o cavaco de lenha na geração de energia em forma de vapor, esta queima se mostrou eficiente na economia de cavaco e, também, no destino final deste resíduo, o qual era jogado em aterros sanitários, obtendo um ganho real neste teste, tanto em termos ambientais como econômicos.

Ao final deste trabalho, chegou-se à constatação de que ao queimar as cerdas juntamente com o cavaco terá um ganho financeiro significativo e tecnicamente viável e de fácil implantação. Por mais que reduza o rendimento da caldeira com a queima, tem-se alto ganho financeiro.

A queima das cerdas propicia economia de matérias primas, diminuindo consideravelmente custos com aterros sanitários aterros sanitários.

### REFERÊNCIAS

BAZZO, Edson. **Geração de Vapor**. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1995.

BIZZO, Waldir A. **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor**. UNICAMP, 2007.

BRASIL Lei n. 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. Diário Oficial Da União, Brasília, DF, 2Ago, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**, Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispões sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Diário Oficial União, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 Nov, 2002.

DANTAS, Evandro. **Geração de Vapor e Água de Refrigeração**. São Paulo, 1988.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Eficiência Energética no Uso de Vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

## 1.5.AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE SACOLAS OXIBIODEGRADÁVEIS NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM ESCALA DE LABORATÓRIO:INFLUÊNCIA DO TAMANHO SOBRE O PROCESSO

**ALVES, Maria Luisa Palitot Remígio**

Graduanda

Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (CT/UFPB)

marialuisa.alves95@gmail.com

**FANK, Evelyn Inacio**

Graduanda

CT/UFPB

evelynfank@gmail.com

**ROCHA, Elisangela Maria Rodrigues**

Doutora

CT/UFPB

elis\_eng@yahoo.com.br

**CARNEIRO, Adrielle Maria Marques**

Graduanda

CT/UFPB

adriellemaria0987@gmail.com

### RESUMO

A compostagem existe como alternativa de reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos, uma vez que o produto gerado da atividade (composto) pode ser utilizado como adubo e fertilizante orgânico. Cerca de 60% dos resíduos gerados no Brasil são compostos por resíduos orgânicos e 10% por sacolas plásticas, assim a compostagem contendo sacolas oxibiodegradáveis contribui no gerenciamento de RSU e, conseqüentemente, na Gestão Integrada dos mesmos. O objetivo do trabalho foi analisar a influência de dois tamanhos de partículas de sacolas oxibiodegradáveis (2x2cm e 4x4 cm) na compostagem aeróbia de resíduos orgânicos em pequena escala. A metodologia consistiu em realizar o processo de compostagem e analisar os parâmetros temperatura, umidade, pH, sólidos totais e demanda química de oxigênio (DQO). Os resultados indicaram pouca variação no teor de umidade e temperatura, e valores de pH e DQO no final dos experimentos que não favoreceram a conversão dos resíduos estudados. Assim, concluiu-se que a presença de sacolas oxibiodegradáveis não interferiu na decomposição da matéria orgânica e sua conversão completa em adubo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostagem, sacolas oxibiodegradáveis, resíduos orgânicos.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de resíduos sólidos e a sua destinação final é um grave problema no Brasil. A maior parte dos resíduos são comumente depositados em lixões ou aterros sanitários, sendo necessário conduzi-los a um gerenciamento adequado, pois se dispostos de maneira indevida podem gerar impactos de grande porte, como: o assoreamento de rios, devido ao lançamento de detritos, a contaminação do solo e de lençóis subterrâneos pelos compostos produzidos durante a degradação dos resíduos, a poluição atmosférica, a exposição humana a várias substâncias tóxicas e a disseminação de doenças pela proliferação de vetores como insetos e roedores (ISMAEL *et al.*, 2013; GOUVEIA, 2012).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), os municípios brasileiros aplicaram no ano de 2014, em média, R\$119,76 por habitante/ano na coleta de resíduos sólidos urbanos e demais serviços de limpeza urbana (incluem as despesas com a destinação final dos RSU).

Gorgati (2001) afirma que políticas públicas para gestão de resíduos sólidos deve considerar também vertentes sócio-econômicas relacionados com a questão da limpeza urbana, do tratamento e disposição final adequada dos resíduos, incluindo ações de prevenção à sua geração, buscando a participação de todos os segmentos da sociedade, na busca de soluções alternativas, social e ambientalmente adequadas. Dessa forma, é possível minimizar os gastos na coleta dos RSU e dar prioridade ao atendimento das necessidades básicas da população (alimentação, saúde, educação, moradia, e estabelecer padrões sustentáveis que reduzam as pressões ambientais e as desigualdades sociais).

A Lei nº 12.305/2010, em seu Artigo 3º, diz que destinação final ambientalmente adequada é:

A destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Assim, a compostagem é vista como uma forma de destinação final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos orgânicos, que compõem a maior parte dos resíduos produzidos no Brasil (SOUZA, 2015).

As sacolas plásticas representam uma dificuldade enfrentada pelo mundo devido ao seu uso descontrolado e descarte incorreto. Assim, materiais alternativos são usados para substituir as sacolas feitas com plástico convencional, visando diminuir o seu impacto ambiental. Esse é o caso do plástico oxibiodegradável, que possui em sua composição aditivos pró-oxidantes que aceleram a degradação na presença de oxigênio (SANTOS *et al.*, 2012).

O Ministério do Meio Ambiente (2013) afirma que cada pessoa no Brasil consome em média 66 sacolas plásticas por mês, e estima-se que o mundo consuma até um trilhão dessas sacolas por ano. No Brasil, os supermercados distribuem cerca de 1 bilhão de sacos plásticos por mês, e no mundo são consumidos cerca de 1 milhão de sacos plásticos por minuto. Deste modo, este é o resíduo que mais polui cidades e o seu descarte inadequado atinge os mais diversos lugares, resultando em poluição visual e até a morte de diversos animais (LORENZETT, 2013).

As sacolas oxibiodegradáveis vem sendo bastante utilizadas pelos grandes comércios, mas, apesar de serem degradadas mais rapidamente que as sacolas convencionais (no máximo em 18 meses), ainda apresentam impactos no meio ambiente, já que o problema maior está na maneira como esses plásticos são descartados, pois as substâncias resultantes de sua decomposição também são altamente poluentes (LORENZETT, 2013).

Dessa forma, a compostagem escala de laboratório de resíduos sólidos orgânicos contendo sacolas oxibiodegradáveis é apresentada como uma alternativa viável para o problema da sua destinação final.

Com isso, este trabalho teve como interesse o estudo da biodegradabilidade de sacolas oxibiodegradáveis em conjunto com os resíduos orgânicos submetidos ao processo de compostagem.

## **2.METODOLOGIA**

### **2.1Coleta das amostras**

#### **2.2.1Sacolas plásticas**

Foram utilizadas sacolas de polietileno contendo aditivo oxibiodegradável com espessura de 16 mm fornecidas por uma distribuidora de embalagens plásticas localizada no município de João Pessoa. Entre as inscrições impressas na sacola tinha-se a seguinte informação: “aditivo d2w - degradable plastics - Oxo-biodegradable Assoc. RES - Tecnologia em embalagens naturalmente degradáveis”.

#### **2.2.2Resíduos sólidos orgânicos**

Os resíduos sólidos orgânicos para preparação das leiras de compostagem foram coletados na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas - EMPASA, sendo constituídos por uma grande variedade de frutas, vegetais e legumes (tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização dos alimentos coletados na EMPASA

Caracterização dos alimentos	
cenoura	vagem
batata doce	tomate verde
maracujá	baríngela
macaxeira	cheiro verde
cebola	inhame
abacaxi	melancia
melão	côco verde
alface	laranja
mamão	banana + talo
batata inglesa	repolho
gingibre	uva
pepino	couve
chuchu	pimentão
maçã	quiabo

Fonte: Próprio autor

## 2.2 Procedimento experimental das leiras de compostagem

Na realização do procedimento, foram utilizadas sacolas plásticas pré-envelhecidas termicamente, conforme descrito no subitem 2.3.1., e, posteriormente, foram adicionadas nas leiras montadas em duplicata. As condições iniciais fixas foram o volume das leiras, o percentual das sacolas em volume (1%) e o ambiente aeróbio. Já a condição variável foi o tamanho (2x2) e (4x4) cm das sacolas inseridas.

Os resíduos sólidos orgânicos foram preparados por trituração e posterior homogeneização em frações com diâmetro em torno de até 4 cm. As leiras foram montadas com um volume de 15 litros cada.

Foi preparada a proporção de 1% em volume de material plástico, variando o tamanho de partícula: (2x2) cm e (4x4) cm. Também foi realizado um experimento denominado "Branco", sem a presença de sacolas.

A compostagem teve início no dia 08 de setembro e término dia 07 de dezembro, totalizando 90 dias.

Figura 1 – Fotografias das leiras na fase inicial dos experimentos de compostagem.



Fonte: Próprio autor

Na Tabela 2, a seguir, estão resumidas e designadas todas as condições experimentais adotadas nesse estudo.

Tabela 2 – Procedimento experimental das pequenas leiras de compostagem.

Designação	Envelhecido térmico	Aeração	Razão de sacolas (%)	Tamanho (cm)
Branco	n. a.*	s*	0	n. a.*
2-x-2			1	
4-x-4				4x4

\*n.a. – não se aplica; s – sim.

As amostras para as análises físicas, físico-químicas e bacteriológicas foram coletadas na leira de compostagem, durante a fase ativa e de maturação, em três pontos: nas duas pontas e no meio, recolhendo material submetido a diferentes zonas de temperaturas.

## 2.3 Análises

No decurso dos experimentos de compostagem, os parâmetros físicos e químicos monitorados foram: teor de sólidos totais, teor de sólidos voláteis, DQO, pH, umidade e temperatura.

### 2.3.1 Envelhecimento térmico acelerado

Amostras de sacolas foram cortadas em tiras (Figura 2) para melhor acoplar-se na estufa com tamanhos aproximados de (2x20) cm e (4x20) cm foram pré-envelhecidas a 80 °C por 60 dias em



estufa da marca Ethik Technology, usado para Esterilização e Secagem por convecção natural. Após esse tratamento térmico, as tiras das sacolas foram cortadas e adicionadas nas leiras de compostagem da segunda etapa.

Figura 2: sacolas em processo de envelhecimento térmico em estufa



Fonte: Próprio autor

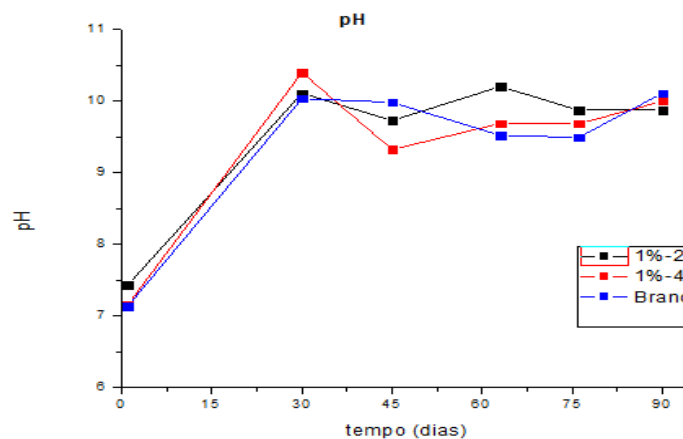
### 3.RESULTADOS

#### 3.1 pH

A média dos valores iniciais de pH foi 7,10, caracterizando a neutralidade do material de cada leira. No 30º dia, observou-se uma faixa alcalina que se manteve até o fim do processo, terminando com valores entre 9,90 e 10,10 (Figura 3).

Os resultados finais de pH estão acima dos valores recomendados para o bom funcionamento da atividade microbiana, o que pode ter interferido na mineralização da matéria orgânica (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 3 - comportamento do pH em função do tempo



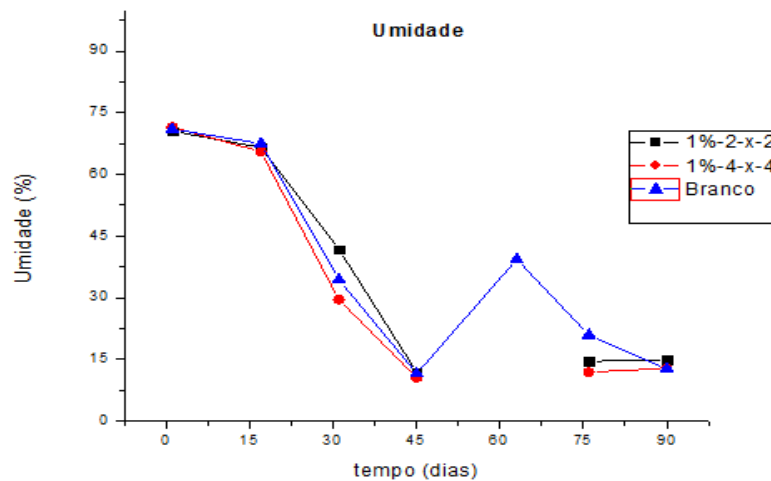
Fonte: Próprio autor

Ao comparar o comportamento do pH das leiras com presença de sacolas oxibiodegradáveis de ambos tamanhos da granulometria e da leira Branco, não é possível notar variações consideráveis. Dessa forma, é possível concluir que não há interferência das sacolas (independente do tamanho) na qualidade final do composto.

### 3.2 Teor de umidade

Observou-se teores de umidade acima do recomendado pela literatura no início do processo até o 15º dia. O valor médio obtido no dia da montagem das leiras foi de 70,5%. Ressalta-se que a descontinuidade no gráfico da Figura 4 ocorreu pela perda das amostras das leiras contendo sacolas no 60º dia.

Figura 4: comportamento do teor de umidade em função do tempo



Fonte: Próprio autor

A partir do 30º dia, foi possível observar que a maioria dos valores obtidos estão abaixo do teor mínimo de umidade ideal de 40% (CORDEIRO, 2010).

A fim de tentar corrigir a baixa umidade, adicionou-se água destilada às leiras periodicamente até o fim do processo, porém o teor de umidade continuou sofrendo redução, chegando a uma média de 13% no 90º dia.

Carvalho (2006) afirma que teores de umidade abaixo de 35% pode dificultar a atividade microbiana e, conseqüentemente, comprometer a qualidade do composto requerido.

Fiori *et al.* (2008) constatou em seu trabalho, que consistiu em monitorar o processo de biodegradação aeróbia de resíduos agroindustriais, taxas de umidade abaixo de 20%. Foi tomada como medida a adição de água, visando não prejudicar ou inibir a atividade microbiana através da diminuição da taxa de estabilização. Porém, houve falha no monitoramento do processo, uma vez que os menores picos de umidade foram alcançados nos dias mais quentes do experimento.

Assim como no experimento de Fiori *et al.* (2008), o baixo teor de umidade dos resíduos pode ter ocorrido devido à falhas de monitoramento, uma vez que a análise das amostras era feita vários dias após a coleta, obtendo resultados tardiamente.

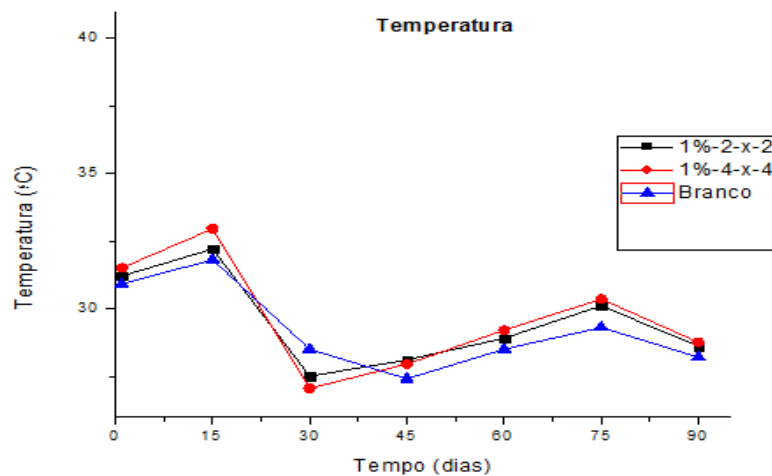
Constatou-se que a variação do tamanho da granulometria das sacolas oxibiodegradáveis, bem como sua presença, não influenciou nos resultados finais, pois não houve divergência dos valores quando comparados ao valor final da leira Branco.

### 3.3 Temperatura

Vários fatores afetam a distribuição da temperatura em cada leira, por exemplo: modo de aeração, tamanho das partículas, material utilizado na montagem, dimensões das leiras, teor de umidade, etc (NÓBREGA, 1991).

Ao compararmos as leiras contendo sacolas oxibiodegradáveis à leira sem sacolas (Branco – B2), observou-se que as sacolas não alteraram o processo de compostagem, exceto no início do processo, quando houve um pico na temperatura das leiras com maior percentual de sacolas (Figura 5).

Figura 5: comportamento da umidade em função do tempo



Fonte: Próprio autor

Pereira Neto (2007) afirma que a pilha de compostagem deve registrar temperaturas entre 40 e 60°C dentro do segundo ao quarto dia, para que haja condições satisfatórias de equilíbrio no seu ecossistema. Porém, nenhuma temperatura do processo foi superior a 32°C.

Fernandes e Chohfi (2010), aplicando o processo de compostagem com resíduos suínos e maravalha de madeira, obtiveram resultados insatisfatórios de temperatura, não havendo a elevação desta. A alta umidade (66,18%) foi tomada como causa do não aumento da temperatura,

impossibilitando o processo de compostagem, devido ao não estabelecimento de atividade microbiana termófila.

O teor de umidade médio de 70% (valor acima do recomendado pela literatura) obtido nos 15 primeiros dias do processo pode ter prejudicado a atividade microbiana e, conseqüentemente, todo o processo de compostagem, impossibilitando o aumento da temperatura.

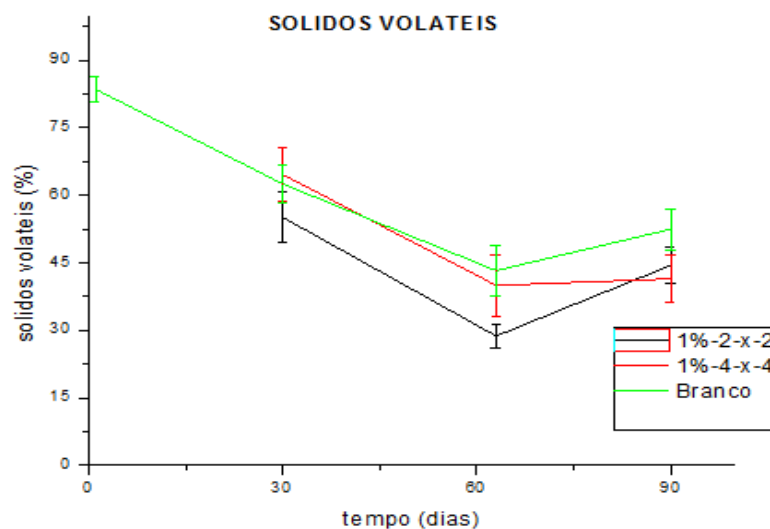
### 3.4 Teor de sólidos - método gravimétrico

Pereira Neto (2007) afirma que um processo de compostagem eficiente deve reduzir o teor de sólidos voláteis para aproximadamente metade do seu valor inicial, considerando contudo que reduções de 30 a 35% são suficientes. Portanto, o valor obtido na experiência neste parâmetro se mostra perfeitamente adequada, sendo de 37,24% para a leira “Branco”.

Nóbrega (1991) estudou um método híbrido de aeração forçada para compostagem em leiras e obteve reduções de 6,02%, 20,79% e 12,02%. Atribuiu-se como causa à esse teor de sólidos voláteis muito abaixo do recomendado, a baixa umidade (valor inferior a 40%) do processo, que inibiu a atividade microbiana e resultou numa lenta degradação de matéria orgânica.

Ao comparar a leira com sacolas oxibiodegradáveis com a leira sem sacolas, não houve grande disparidade nos valores de sólidos voláteis (Figura 6).

Figura 6: comportamento dos sólidos voláteis em função do tempo



Fonte: Próprio autor

Não foi possível obter conclusões sobre as leiras com tamanho de sacolas diferentes (2x2) e (4x4) cm, 1%-2-x-2 e 1%-4-x-4, por falta de valores do início do processo, devido a erros no procedimento de análise, acarretando na perda das amostras.

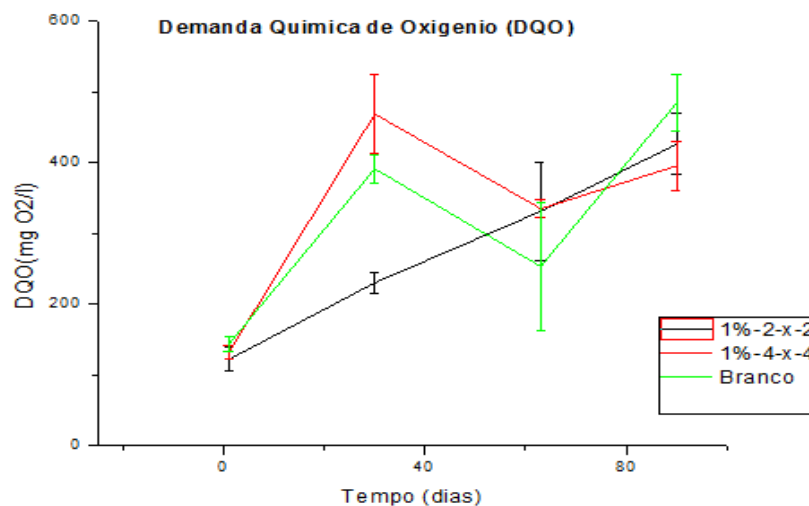
Porém, ao analisar a redução a partir do 30º dia, a leira 1%-2-x-2 apresentou uma redução de 19,39% e a 1%-4-x-4 de 35,90%. Dessa forma, observou-se que a leira com sacolas de granulometria de (4x4) cm teve uma maior eficiência no processo do que a de granulometria (2x2) cm.

### 3.5 DQO

A concentração de DQO para todas as leiras de compostagem cresceu do início até o fim do processo, diferente do esperado, como mostrado na Figura 7. As leiras 1%-2-x-2, 1%-4-x-4, e Branco tiveram um aumento de 349,51%, 300,14% e 336,92%, respectivamente.

Moura *et al.* (2009) também obteve, para seu experimento de compostagem de resíduos de restaurante e de poda, um aumento da DQO. Atribuiu-se à esse comportamento irregular, a grande quantidade de material inerte presente nas leiras e a composição não adequada escolhida para estas leiras.

Figura 7: comportamento da DQO ao longo do tempo



Fonte: Próprio autor

## 4. CONCLUSÕES

A degradabilidade das sacolas oxibiodegradáveis é um processo complexo influenciado pela natureza dos plásticos e das condições a que estão expostos. Os resultados obtidos nos experimentos mostraram que a variação do tamanho das partículas de sacolas plásticas não gerou grandes variações entre as leiras com sacolas e o branco (sem sacolas). Percebeu-se também que as sacolas não foram completamente decompostas provavelmente devido ao pouco tempo de

experimento e também ao volume utilizado que provavelmente não favoreceu o processo de compostagem.

Assim, constatou-se que é necessário um período maior de experimento para ter resultados mais conclusivos, como também um monitoramento periódico dos aspectos do composto orgânico e das análises de compostagem.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2014.

BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 02 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**. 2010.

CARVALHO, J. G. **Compostagem de resíduos agroindustriais**. Lavras: Editora UFLA. 2006.

CORDEIRO, N. M., 2010: **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos – caso de estudo da Algar S.A.** Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia.

FERNANDES, F. J.; CHOIFI F. M. C. **Determinação da mistura ótima para compostagem de dejetos suínos utilizando maravalha de madeira**. Revista Agrogeoambiental , v. 2, p. 109-116, 2010.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C. **Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia**. Espírito Santo do Pinhal, v.5, n.3, p. 178-191, set/dez 2008.

GORGATI, C. Q., 2001. **Resíduos sólidos urbanos em área de proteção aos mananciais – Município de São Lourenço da Serra – SP: Compostagem e Impacto Ambiental**. Tese de Doutorado – UNESP, Botucatu-SP.

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

ISMAEL, L. L.; PEREIRA, R. A.; DE FARIAS, C. A. S.; FARIAS, E. T. R. **Avaliação de composteiras para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala**. 2013, vol. 8, n.4, p.28-39. ISSN 1981-8203.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ª ed. Piracicaba, SP. p. 173, 2004.

LORENZETT, J. B.; RIZZATTI, C. B.; LORENZETT, D. B.; GODOY, L. P. **Sacolas plásticas: Uma questão de mudanças de hábito**. 2013, vol. 11, n.11, p. 2446–2454. ISSN 2236-1308.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Saco é um Saco**. MMA: Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/component/k2/item/7658?Itemid=852>>. Acesso em: 21 de março de 2016.

MOURA, J. S.; BARROS, R. M.; CALHEIROS, H. C.; FILHO, G. L. T.; DA SILVA, F. G. B. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos urbanos: o caso dos resíduos do restaurante e de poda de um campus universitário**. Em: 25. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

NÓBREGA, C. C., 1991. **Estudo e Avaliação de um Método Híbrido de Aeração Forçada para Compostagem em Leiras**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária – UFPB.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, MG; UFV, 2007.

SANTOS, A. S. F.; FREIRE, F. H. O.; COSTA, B. L. N. **Sacolas plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição**. *Polímeros*, 2012, vol.22, n.3, p.228-237. ISSN 0104-1428.

SOUZA, L. A., 2015. **Análise dos métodos de leira estática e de revolvimento manual na compostagem de resíduos orgânicos gerados em restaurante universitário**. Trabalho de Conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental - UNESP.

## 1.6. TRATAMENTO DE RESÍDUO DE ABATEDOURO E UTILIZAÇÃO COMO CONDICIONADOR DO SOLO

**SILVA, Jônatas Pedro da**

Titulação - Graduando

Local de trabalho – Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE)  
jpedro.agronomo@gmail.com

**PRAGANA, Rossanna Barbosa**

Titulação – Doutora

Local de trabalho – Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE)  
rossannapragana@yahoo.com.br

**JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz**

Titulação – Graduando

Local de trabalho – Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE)  
alexandremrfj@gmail.com

**SOUZA, Marcondes de Sá**

Titulação – Graduando

Local de trabalho – Bolsista de apoio acadêmico da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE)  
marcondessouza33@hotmail.com

### RESUMO

Os resíduos de abatedouro são altamente putrescíveis, sendo considerado um contaminante ambiental. O reaproveitamento de resíduos é uma solução para o problema de contaminação. Os objetivos desta pesquisa foram caracterizar o resíduo do abatedouro Municipal de Serra Talhada – PE; avaliar tratamentos para o resíduo e analisar seu efeito no solo, por meio do desenvolvimento de *Crotalaria juncea*, visando à utilização deste resíduo. Foi feita a caracterização do resíduo através da relação C/N e de análises microbiológicas para identificar sua sanidade. Considerando que as análises microbiológicas apresentaram coliformes, o resíduo foi tratado através da solarização e da vermicompostagem. Para avaliar o resíduo tratado foi instalado um experimento com a *Crotalaria juncea*. As técnicas vermicompostagem e solarização não promoveram a eliminação total dos patógenos, no entanto, a presença do resíduo tratado no solo não influenciou negativamente, pois a crotalaria se desenvolveu satisfatoriamente, indicando que o resíduo pode ter destino ambientalmente seguro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solarização, Vermicompostagem, Resíduo orgânico.



## 1. INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos orgânicos pode ocasionar sérios impactos ao meio ambiente, tendo como exemplo, a eutrofização dos corpos d'água, contaminação do solo, dentre outros impactos; sendo assim, torna-se importante o descarte de forma adequada desses resíduos. Nesse contexto, a utilização destes resíduos em atividades agrícolas consiste em um processo economicamente viável e sustentável, que atua auxiliando no sequestro de carbono pelo solo e sendo um meio de diminuir o volume de CO<sub>2</sub> na atmosfera, que tem como possíveis fontes a queima de combustíveis fósseis e as práticas agrícolas. Sendo assim, a disposição ou o descarte adequado de resíduos orgânicos pode devolver ao solo parte do carbono que lhe foi tirado (BEIGL et al., 2008; GIL et al., 2008; LANDGRAF et al., 2005).

Os resíduos de abatedouro contêm alto teor de carga orgânica, gordura, flutuações de pH, N<sub>2</sub>, P, e sal. Estes materiais são considerados altamente putrescíveis. Dessa forma, fica evidente o quão prejudicial é o descarte destes resíduos em margens de rios, principalmente os matadouros que estão localizados dentro de centros urbanos, porque expõe a população a um ambiente contaminado (FIGUEIRÊDO et al., 2007; VON SPERLING, 2005; BARROS et al., 2002). O reaproveitamento de resíduos é uma maneira eficaz de se combater o problema de contaminação. Resíduos orgânicos estabilizados podem ser utilizados como condicionadores do solo, uma vez que são fontes de matéria orgânica e nutrientes para o solo.

A incorporação de material orgânico é importante para a melhoria da qualidade do solo, pela liberação a curto e longo prazo de nutrientes e redução da perda de cátions e ânions do solo pela lixiviação. Estes fatores são controlados pela taxa de decomposição da matéria orgânica, que é resultante do efeito da temperatura, umidade e textura (BORTOLON et al., 2009); onde, considerando as condições climáticas locais, e de uma forma geral no Brasil, cujo clima é tropical, a decomposição da matéria orgânica é bastante rápida.

Resíduos orgânicos são materiais que podem fazer parte da composição de substratos para condução de cultivos de vegetais. Segundo Schmitz et al. (2002), a densidade, a porosidade, espaço de aeração e a retenção hídrica formam as principais propriedades físicas que compõem a caracterização de substratos.

Entretanto, a utilização dos resíduos no solo está atrelada a sua qualidade. Para que o resíduo possa ser utilizado como insumo deve estar isento de patógenos, evitando assim a contaminação do solo, das culturas e consequentemente do operador dos resíduos (PIRES; MATTLAZZO, 2008).

A intensificação da produção agrícola vinda após a segunda Guerra Mundial obrigou um uso exacerbado de fatores de produção, nomeadamente de pesticidas, para fazer face a um crescente ressurgimento de doenças e pragas causadoras de elevados prejuízos na produção agrícola. Assim, o uso exagerado e irresponsável de produtos químicos, como pesticidas, utilizados para fazer frente ao aparecimento de grande variedade de patologias, provocou, diversos graus de poluição além de uma progressiva ineficácia daqueles, bem como, prejuízos irremediáveis nos ecossistemas agrários e no

ambiente em geral. Cada vez, torna-se mais necessário e urgente a utilização de meios alternativos, não químicos, econômicos, eficazes, não poluentes e seguros, quer para o aplicador, quer para o ambiente, de forma mais rápida e prática na eliminação de organismos patogênicos (PINTO; MORAIS, 2014).

A solarização é uma alternativa não química no combate à fitopatógenos, utilizada para desinfecção do solo e substratos, que emprega apenas a radiação solar; a qual atua na eliminação de organismos patogênicos e também na melhoria físico-química do solo. Esta prática vem sendo desenvolvida e adaptada em vários países, tendo sido iniciado em Israel em 1976 (GHINI, 2014). Sendo comparada com outros processos de desinfecção, a solarização possui custos menores e é de fácil aplicação e manuseio não contendo riscos para quem conduz esse trabalho nem para o meio ambiente.

A vermicompostagem é outro processo que pode ser utilizado para desinfecção de resíduos orgânicos, e visa, principalmente, a reciclagem destes e a produção de adubo orgânico estabilizado. O produto final desse processo é conhecido como vermicomposto ou húmus de minhoca (AQUINO, 2014). De acordo com Silva et al. (2010), o resultado do processo de vermicompostagem é um produto de alta qualidade, pois durante o processo ocorre a redução de microrganismos patogênicos e a estabilização da matéria orgânica em temperatura do ambiente, além disto, promove o aumento da matéria orgânica quando incorporado ao solo. Fatores como a temperatura e a umidade interferem no desempenho deste processo. Segundo Aquino (2005), a umidade é um fator limitante dentro da atividade microbiana no processo da vermicompostagem, cujo ideal é que a umidade do substrato varie de 60% a 70%, o suficiente para que, ao se apertar uma amostra do substrato na mão, não exsude água.

Os objetivos desta pesquisa foram caracterizar o resíduo oriundo do abatedouro Municipal de Serra Talhada – PE; avaliar diferentes tipos de tratamentos impostos ao resíduo e analisar seu efeito como condicionador físico do solo, por meio do desenvolvimento de *Crotalaria juncea*, visando à utilização deste resíduo, que vem sendo acumulado às margens do Rio Pajeú, provocando impacto ambiental.

## 2.METODOLOGIA

O resíduo, foco do estudo, foi proveniente do abatedouro municipal de Serra Talhada que está localizado no bairro Bom Jesus, área urbana do município, que está situado no sertão central do Estado de Pernambuco, Brasil (Latitude: 7°59' S; Longitude: 38°15' O e Altitude: 431 m). Não há nenhum tipo de tratamento para os resíduos sólidos e líquidos gerados nesta atividade. Os efluentes líquidos juntamente com o sangue e esgoto sanitário são conduzidos por tubulação para o rio Pajeú. Os efluentes destinados às margens do rio Pajeú ocupam hoje uma área de aproximadamente 800 m<sup>2</sup> de extensão, que após a evaporação, acumulam resíduos sólidos orgânicos que formam uma camada com mais de 50 cm de profundidade.

A área de coleta do resíduo foi subdividida em sete parcelas, de onde foram coletadas amostras do resíduo sólido até a profundidade de 20 cm. As análises realizadas foram adotadas objetivando subsidiar a tomada de decisão quanto ao tratamento deste resíduo. A relação C/N visou qualificar a sua estabilidade, por serem orgânicos e as análises microbiológicas identificar a sanidade do resíduo. Abaixo segue a descrição das metodologias adotadas para o nitrogênio e carbono orgânico para determinar a relação C/N e a análise microbiológica no resíduo sólido.

O nitrogênio total foi determinado empregando-se o método Kjeldahl, da seguinte forma: uma alíquota de 100 mg de solo, foi transferida para um tubo de vidro na presença de 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e de 1 g de mistura catalítica (CuSO<sub>4</sub>:K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:Se em pó, na relação 2:4:8). Em seguida, os tubos foram acondicionados em bloco digestor, à temperatura mantida em 150 °C durante uma hora e trinta minutos, sendo a digestão concluída a 350 °C, após três horas. Iniciou-se, em seguida, a destilação com adição de 20 mL de NaOH 500 g L<sup>-1</sup>, recolhendo-se o destilado em erlenmeyer de 50 mL contendo 10 mL de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (20 g L<sup>-1</sup>), na presença de um indicador composto por verde de bromocresol (0,1 dag L<sup>-1</sup>) e vermelho de metila (0,1 dag L<sup>-1</sup>), procedendo-se então à titulação com HCL 0,01 N (EMBRAPA, 2009).

Para determinação do teor de carbono orgânico pelo método da mufla seguiu-se a metodologia proposta por Goldin (1987), com as seguintes modificações: secagem prévia das amostras em estufa a 105 °C, por um período de 24 h, seguido da acomodação dos cadinhos de cerâmica com as amostras em forno do tipo mufla e incinerados em uma temperatura de 550 °C, por 3 h. Posteriormente, o conjunto (cadinho+resíduos) foi acondicionado em dissecador para resfriar e, em seguida, pesado. O teor de matéria orgânica foi determinado em razão da perda de massa do resíduo incinerado, considerando-se o material perdido pela queima no intervalo de variação da temperatura de 105 °C a 550 °C, conforme a fórmula:  $MO (\%) = (P - (T - C) \times 100) / P$ , em que P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 105 °C; C = tara do cadinho (g); e T = peso da cinza + cadinho (g). O teor de CO foi estimado em função do teor de MO determinado pelo método da mufla, mediante o uso da seguinte equação:  $CO = 0,425 MO - 2,064$  (CARMO; SILVA, 2012).

Para as análises microbiológicas amostras de 25g do resíduo de cada parcela foram diluídas em 250 mL de água destilada de onde foi sucedida a diluição 10<sup>-1</sup> e a partir dela foram feitas as diluições 10<sup>-2</sup> e 10<sup>-3</sup>. Um mililitro de cada diluição foi inoculado em séries de três tubos contendo 9 ml de Caldo Lauril Sulfato de Sódio (LST), com tubos de Durham invertidos, para a realização do teste presuntivo. Os tubos foram inoculados a 35 °C por 24 a 48 horas para observar o crescimento com produção de gás.

Considerando que as análises microbiológicas apresentaram positividade quanto a coliformes fecais, foram instalados experimentos para o tratamento do resíduo, como a solarização e a vermicompostagem.

O experimento da solarização foi realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), no período de 20 de novembro a 19 de dezembro de 2013. A solarização consistiu na colocação de um filme plástico transparente sobre o resíduo úmido, coletado nas proximidades do matadouro, visando aumentar sua temperatura, durante o período pré estabelecido. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado (DIC)

com quatro repetições, organizadas casualmente através de um sorteio, sendo os tratamentos assim distribuídos, resíduo na profundidade de 5 cm com cobertura (5C) e 5 cm sem cobertura (5S), 10 cm com cobertura (10C) e 10 cm sem cobertura (10S), no período de solarização de 30 dias. No experimento foi colocado um filme plástico transparente sobre a superfície onde foi adicionado o resíduo e sobre as parcelas com a cobertura. Cada parcela solarizada apresentou as dimensões de 50 x 50 cm (Figura 1). As temperaturas do resíduo foram registradas com termômetro comum. Após o período de solarização foi coletada uma amostra de cada parcela e colocadas em sacos plásticos para análise microbiológica e química.

Figura 1 - Experimento da solarização



Fonte: próprio autor

O tratamento do resíduo do matadouro com a vermicompostagem foi desenvolvido na UFRPE/UAST. Foram utilizados três substratos, que corresponderam aos tratamentos, sendo o resíduo do matadouro e o esterco bovino curtido isolados e uma mistura destes materiais na proporção 1:1 de resíduo e esterco, que foram acondicionados em recipientes plásticos (garrafas pets). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 4 repetições.

Em cada recipiente foram colocados substratos suficientes para alimentar as minhocas pelo período do experimento, considerando que as minhocas se alimentam o equivalente ao seu próprio peso diariamente (Figura 2). Foram colocadas telas nos recipientes plásticos para evitar as fugas e a exposição das minhocas aos predadores. As minhocas utilizadas no experimento foram provenientes do minhocário da UAST, onde são criadas em cativeiros e são alimentadas com esterco bovino. A espécie escolhida para a realização do experimento foi a *Eisenia Foetida*, vulgarmente conhecida como a vermelha da Califórnia, pois segundo Bidone (1995) esta espécie apresenta uma fácil adaptação em cativeiro. Em cada recipiente foram colocadas 10 minhocas.

Durante a condução do experimento foi realizado o monitoramento diário da temperatura nos recipientes, utilizando-se termômetro comum, assim como, foram realizadas regas quando necessário, com a finalidade de manter a umidade nos recipientes entre 60 a 70%. Aos 20 dias decorridos após a montagem do experimento as minhocas e os casulos foram contados por meio do

processo de catação manual. O vermicomposto obtido foi ensacado para posterior análise microbiológica e química.

Figura 2 - Montagem do experimento da Vermicompostagem



Fonte: próprio autor

Para avaliar o resíduo tratado, como condicionador físico, foram misturadas amostras com o solo, realizadas as análises físicas das misturas e conduzido experimento para avaliar o efeito do resíduo no desenvolvimento da *Crotalaria juncea*. O resíduo foi utilizado como condicionador do solo, adotando-se as proporções equivalentes a 10, 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, estabelecendo assim os 4 tratamentos, que corresponderam a 100 g (T100), 200 g (T200), 300 g (T300) e 400 g (T400) do resíduo para cada 20 L (26 kg de solo/recipiente) de solo.

Após a incorporação do composto foram coletadas três amostras de cada tratamento, para caracterizar fisicamente cada mistura, através das seguintes análises: Capacidade de aeração (CA), Capacidade de recipiente (CR) na base de massa ( $\theta_m$ ) e de volume ( $\theta_v$ ), Densidade global (Dg) e Porosidade total efetiva (PTE), utilizando-se recipientes plásticos com capacidade para 200 cm<sup>3</sup> e com 12 cm de altura, contendo orifícios na base.

Para condução do experimento foram semeadas sete sementes por recipiente de *Crotalaria juncea*. Esta espécie foi adotada por ser adaptada as condições do Semiárido, por apresentar crescimento rápido e ser muito usada como adubo verde em rotação com diversas culturas e no enriquecimento do solo. As parcelas foram irrigadas diariamente. Após 52 dias do semeio foram avaliadas a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSR); massa seca total (MST) e a relação massa seca do sistema radicular com a massa seca da parte aérea (RRPA), das plantas de cada parcela. A massa seca da parte aérea e do sistema radicular foram obtidas através da secagem em estufa à 60 °C por 24 horas e pesagem em balança analítica.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (proporções do composto orgânico) e quatro repetições. Os resultados obtidos para os atributos

avaliados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos das fontes de variação, e foram feitas comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey a 5%.

### 3.RESULTADOS

Os resultados das análises do resíduo orgânico estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises para caracterização do resíduo sólido.

Parcelas	Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )	Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	C/N
1	30,21	220,88	7
2	31,85	255,40	8
3	44,98	251,57	6
4	42,77	226,30	5
5	23,88	286,99	12
6	26,07	298,73	11
7	27,56	288,37	10
<b>Média</b>	32,48	261,18	
<b>Desv. Padr.</b>	8,23	31,04	

Fonte: próprio autor

Observa-se na Tabela 1 que os teores de nitrogênio foram altos, o que torna este resíduo um bom insumo para adicionar nitrogênio ao solo. A relação C/N também foi favorável, pois indica que este resíduo se apresenta estabilizado, que pode atuar como um bom condicionador do solo promovendo melhoria nas suas propriedades físicas e químicas. Segundo Valente et al. (2009), um fertilizante orgânico deve apresentar as seguintes características: matéria orgânica total (mínimo de 40%), nitrogênio total (mínimo de 1%), pH (mínimo de 6,0), relação C/N (máximo de 18/1) e umidade (máximo de 50%).

Entretanto, as análises microbiológicas de todas as parcelas apresentaram positividade para Coliformes, o que o torna impróprio para ser utilizado no cultivo de hortaliças, por possibilitar a contaminação de alimentos com microrganismos patogênicos. Diante do exposto foi necessário utilizar técnicas para tratar o resíduo, tais como a solarização que utiliza a radiação solar como fonte de calor para eliminar os organismos patogênicos dos resíduos e a vermicompostagem, por ser uma importante ferramenta para reciclagem de resíduos orgânicos e que atua na diminuição da quantidade de patógenos.

O experimento com a vermicompostagem teve como objetivo esterilizar o resíduo, tornando-o apto a ser utilizado como condicionador de solo. Como pode ser observado na Tabela 2 o tratamento que apresentou o maior número de minhocas foi o do resíduo isolado, seguido da mistura dos resíduos. No tratamento com resíduo isolado também ocorreu à maior quantidade de ovos, indicando que o resíduo proporcionou uma boa condição para o desenvolvimento das minhocas.

Tabela 2 - Comportamento das minhocas em função dos substratos

<b>Tratamentos</b>	<b>Núm. Minhocas Adultas(média)</b>	<b>Núm. Minhocas Jovens(média)</b>	<b>Núm. De Ovos (média)</b>
<b>Resíduo</b>	7,25	0,5	11
<b>Esterco</b>	4,25	0,25	2,25
<b>Resíduo/Esterco</b>	6,25	0,5	9,25

Fonte: próprio autor

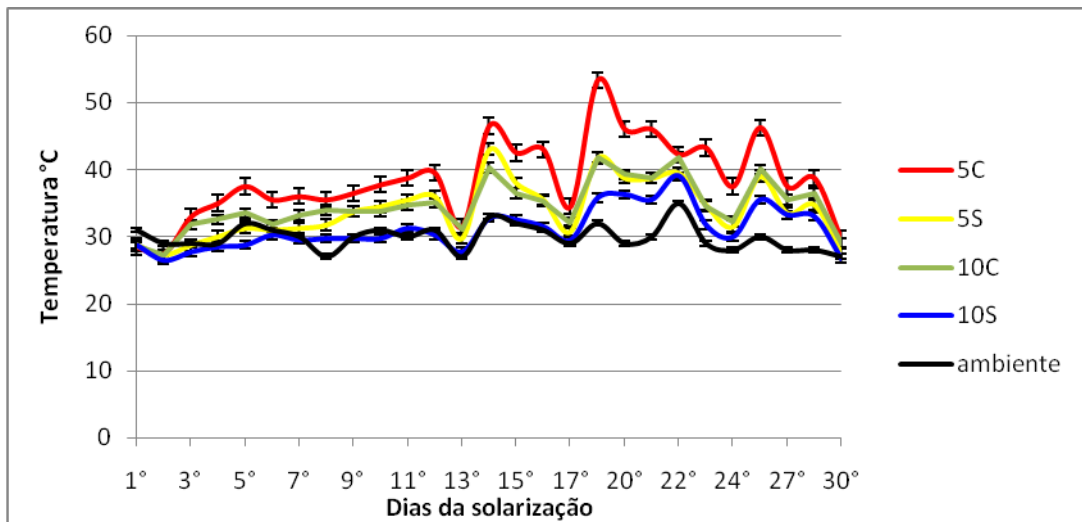
Segundo Aquino e Nogueira (2001), o processo de vermicompostagem pode proporcionar a redução do número de microrganismos patogênicos dos resíduos, em função da atividade das minhocas e dos microrganismos que habitam seu trato digestivo. Entretanto, os resultados quanto à esterilização do resíduo, mostraram que não foi eficiente a utilização das minhocas no tratamento, pois apresentou presença de agentes patogênicos nas análises microbiológicas.

Considerando que a solarização é uma técnica desenvolvida para a desinfestação de solos e substratos, em função do aumento da temperatura, observa-se na Figura 3 a variação da temperatura. O aquecimento que ocorre em ciclos repetidos diariamente é responsável pelo controle dos patógenos. Segundo Ghini et al. (2003), as temperaturas alcançadas durante o processo são letais a muitos patógenos, pragas e plantas daninhas.

As temperaturas dos tratamentos foram superiores a ambiente, sendo que os tratamentos com cobertura apresentaram temperaturas ainda maiores, chegando a valores superiores a 50 °C no tratamento 5C, que apresentou diferença significativa em relação aos demais, ao longo do experimento. Patrício et al. (2005) conseguiram eficiência no controle de patógenos com temperatura acima de 40 °C. Os resultados da solarização foram apresentados através das análises microbiológicas, onde mesmo alguns tratamentos atingindo temperatura acima de 50 °C, não ocorreu a eliminação total dos organismos patogênicos.

Na caracterização física da mistura do resíduo com o solo (substrato) observou-se que a proporção de composto orgânico em relação ao solo foi consideravelmente menor, por isto os resultados da densidade global dos substratos evidenciaram a presença do solo, e as proporções do composto imprimiram diferenças sutis entre os tratamentos, com a menor densidade ocorrendo no tratamento T200 (Tabela 3), porém, na comparação entre as médias, com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, não houve diferença significativa entre os tratamentos com o solo, havendo apenas diferença significativa entre as médias dos tratamentos com solo em comparação ao composto (Testemunha).

Figura 3 - Variação da temperatura ao longo do processo de solarização



Fonte: próprio autor

A densidade do composto se aproximou da  $D_g$  de  $0,32 \text{ g cm}^{-3}$  encontrada por Rodrigues et al. (1995) para um composto com pó de coco. A porosidade total efetiva (P<sub>Te</sub>) foi bem maior no composto, que apresentou 71,58% de poros, valor este explicável pelo fato do composto orgânico apresentar uma granulometria menos fina que os demais tratamentos. As diferentes proporções de composto no solo não interferiram na variação deste parâmetro, porque os valores ficaram muito próximos, reduzindo assim a possibilidade de haver diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 3 - Valores médios referentes a caracterização física dos substratos quanto a Densidade global ( $D_g$ ), Porosidade Total efetiva (P<sub>Te</sub>), Capacidade de aeração (CA), Capacidade de Recipiente na base de massa (CR  $\theta_m$ ) e Capacidade de Recipiente na base de volume (CR  $\theta_v$ ).

Tratamentos	$D_g$ ( $\text{g cm}^{-3}$ )	P <sub>Te</sub> (%)	CA (%)	CR $\theta_m$ ( $\text{g g}^{-1}$ )	CR $\theta_v$ ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )
<b>T100</b>	1,37b	29,43b	0,63b	21,06b	28,80b
<b>T200</b>	1,26b	30,08b	1,10b	22,99b	28,98b
<b>T300</b>	1,33b	30,12b	0,63b	22,19b	29,49b
<b>T400</b>	1,33b	30,56b	1,02b	22,14b	29,54b
<b>Composto</b>	0,46a	71,58a	12,23a	128,52a	59,35a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: próprio autor.

A capacidade de aeração (CA) de um substrato é definida como a porcentagem do volume total que contem ar no substrato. O composto apresentou uma CA alta porque é formado por partículas mais grosseiras, que proporcionam macroporos favorecendo a aeração. Nos demais tratamentos a predominância do solo promoveu poros menores, portanto, baixa CA, quando comparada com o composto, sendo isto claramente confirmado pelo teste de comparação de



médias. Considerando que o composto apresentou uma maior porosidade total em relação aos outros tratamentos, este resultado refletiu no valor da sua capacidade de aeração, tendo ambos os parâmetros apresentado diferença significativa entre o composto e os tratamentos.

A Capacidade de Recipiente (CR) representa a quantidade de água retida por um substrato num recipiente, após o mesmo ter sido saturado e drenado livremente por gravidade. A grande área de superfície e as cargas negativas da matéria orgânica do composto incrementam a capacidade de retenção de água deste tratamento (BRAÍDA et al., 2011). Os tratamentos com o solo apresentaram pequenas diferenças entre si, não ocorrendo diferença significativa, diferente do composto que apresentou uma maior capacidade de armazenar água, proporcionando diferença significativa entre os tratamentos com solo.

Os resultados dos tratamentos em relação ao experimento com a *Crotalária* podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Médias dos valores referentes à massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR), da massa seca total (MST) e relação massa seca do sistema radicular com a massa seca da parte aérea (RRPA) de *Crotalária*, expressas em g, em função dos tratamentos.

TRATAMENTOS	MSPA	MSSR	MST	RRPA
	----- g -----			
<b>T100</b>	58,13a	15,80a	73,93a	0,27a
<b>T200</b>	56,63a	15,25a	71,88a	0,27a
<b>T300</b>	54,38a	16,50a	70,88a	0,30a
<b>T400</b>	63,93a	21,20a	85,13a	0,33a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: próprio autor

Observa-se que o tratamento que proporcionou o maior desenvolvimento das plantas foi o T400, pois apresentou os maiores resultados para os quatro parâmetros analisados (MSPA, MSSR, MST e RRPA). Este tratamento consistiu na maior proporção de composto orgânico (40 Mg ha<sup>-1</sup>), porém não houve diferença significativa quanto a comparação de médias entre os tratamentos.

De acordo com Figliola (1993), resíduo orgânico proporciona melhoria nas propriedades químicas e físicas do solo devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes e retenção de umidade. Segundo Lepsch (2010) os Cambissolos do sertão apresentam alta fertilidade, portanto, as diferentes proporções de composto orgânico não influíram na nutrição da *Crotalária juncea*, que encontrou nutriente suficiente no solo, assim como, também não interferiram significativamente nas características físicas do solo, por este motivo não houve diferença significativa dos tratamentos, no crescimento da *Crotalária*, no entanto, a presença do resíduo tratado no solo não influenciou negativamente, pois a cultura se desenvolveu satisfatoriamente, indicando que o resíduo pode ter outros destinos como a utilização em áreas degradadas e/ou de reflorestamento, onde o resíduo não estará em contato direto com culturas alimentícias.

## 4. CONCLUSÕES

O resíduo apresentou boas características para ser utilizado com condicionador físico e químico do solo, entretanto apresentou positividade para patógenos. Os tratamentos com a solarização e a vermicompostagem não foram suficientes para eliminar totalmente os patógenos, no entanto, os testes para o desenvolvimento da crotalaria apresentaram resultados positivos, indicando que este resíduo pode ser utilizado em recuperação de solos degradados e/ou em áreas de reflorestamento.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, A. M.; NOGUEIRA, E. M. **Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 10p. 2001. (Embrapa Agrobiologia, Documentos, 147).
- AQUINO, A. M. de. **Aspectos práticos da vermicompostagem**. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. N. de (Ed.). Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 423-432, 2005.
- AQUINO, A.M. Aspectos Práticos da Vermicompostagem. Disponível em: <<http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/AgrobCap17ID-O05FQRCn3R.pdf>>. Acesso em: 08 de abril de 2016.
- BARROS, F. G.; DEL NERY, V.; DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; GIANOTTI, E. P. **Modificação da população microbiana de uma lagoa facultativa tratando efluente líquido de abatedouro de frango**. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2002.
- BEIGL, P.; LEBERSORGER, S.; SALHOFER, S. **Modelling municipal solid waste generation: A review**. Waste Management, v. 28, n. 1, p. 200-214, 2008.
- BIDONE, F. R. A. **A Vermicompostagem dos resíduos sólidos de cortume, brutos e previamente lixiviados, utilizando compostos de lixo orgânico urbano como substrato**. 1995. 294 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 1995.
- BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. **Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa: v. 33, n. 6, p. 1635-1646, 2009.
- BRAÍDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. **Matéria orgânica e seu efeito na física do solo**. In: FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 222-227, 2011.
- CARMO, D. L. do & SILVA, C. A. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1211-1220, 2012.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF. p. 627, 2009.

FERREIRA, A. L. **Adubo Orgânico 100% Vegetal**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materiais/Newsletter.asp?data=28/12/2013&secao=Agrotemas>> . Acesso em: 10 de abril de 2016.

FIGLIOLA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Análise de sementes**. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLA, M. B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, p. 137-174, 1993.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.

GIL, M. V.; CARBALLO, M. T.; CALVO, L. F. **Fertilization of maize with compost from cattle manure supplemented with additional mineral nutrients**. Waste Management, v. 28, n. 8, p. 1432-1440, 2008.

GHINI, R. **Solarização do Solo**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Ghini\\_solarizacaoID-VArAMJxNVp.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Ghini_solarizacaoID-VArAMJxNVp.pdf)>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

GHINI, R.; PATRÍCIO, F. R. A.; SOUZA, M. D.; SINIGAGLIA, C.; BARROS, B. C.; LOPES, M. E. B. M.; TESSARIOLI NETO, J.; CANTARELLA, H. **Efeito da solarização sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas de solos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 1, p. 71-79, 2003.

GOLDIN, A. **Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils**. Communications in Soil Science & Plant Analysis, v. 18, p. 1111-1116, 1987.

LANDGRAF, M. D.; MESSIAS, R. A.; REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental da vermicompostagem: vantagens e aplicações**. 1ª ed., Rima: São Carlos, 2005.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 216p, 2010.

PATRÍCIO, F. R. A.; ALMEIDA, I. M. G.; SANTOS, A. S.; CABRAL, O.; TESSARIOLI NETO, J.; SINIGAGLIA, C.; LUÍS O. S.; BERIAM, L. O. S.; RODRIGUES NETO, J. **Avaliação da Solarização do Solo para o Controle de *Ralstonia solanacearum***. F Fitopatologia Brasileira, v. 30, n. 5, p. 475-481, 2005.

PINTO, A. F. M. A.; MORAIS, A. F. P. **Solarização do Solo um Contributo para a sua Aplicabilidade em Cabo Verde**. Disponível em: <[http://www.ipv.pt/millennium/esf8\\_solo.htm](http://www.ipv.pt/millennium/esf8_solo.htm)>. Acesso em: 08 de abril de 2016.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 2008.

RODRIGUES, J. J. V.; PEREIRA, A. R.; RAMOS, C. M. C. **Características Físicas de substratos hortícolas**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25. 1995, Viçosa. O solo nos grandes domínios morfo-climáticos no Brasil e desenvolvimento sustentado: resumos expandidos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 189, 1995.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. **Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes**. Ciência Rural, v. 32, p. 937-944, 2002.

SILVA, P. R. D.; LANDGRAF, M. D.; ZOZOLOTTO, T. C.; REZENDE, M. O. O.; PELATTI, I. **Estudo preliminar do vermicomposto produzido a partir de lodo de esgoto doméstico e solo**. Eclética Química, São Paulo: v. 35, n. 3, p. 61-67, 2010.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, Ed. 3, p. 452, UFMG, 2005.

## **1.7. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NUMA MICROEMPRESA DE TECELAGEM**

**PINHEIRO, Fernanda Carvalho**

Titulação - Graduada em Engenharia Química  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
nandacpinheiro@gmail.com

**COELHO, Antônio Carlos Duarte**

Titulação – Doutor  
Local de trabalho – Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco  
(DEQ/UFPE)  
coelho@ufpe.br

**SILVA FILHO, Crescêncio Andrade**

Titulação – Mestrando  
Local de trabalho – Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN/NE  
candrade@cnen.gov.br

### **RESUMO**

O presente trabalho propôs a implementação de práticas de Produção Mais Limpa, visando identificar e reduzir os impactos negativos provocados pela geração de resíduos em uma microempresa de tecelagem, bem como identificar pontos de melhoria em relação aos processos e às condições de trabalho. Propondo soluções simples, sem custos e que trouxessem benefícios para a empresa e seus funcionários. Uma avaliação financeira também foi realizada, estimando uma economia superior a 30%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produção mais limpa, tecnologias limpas, indústria têxtil.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil tem sido apontada como um segmento de grande importância para a economia brasileira. Segundo dados coletados pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções (ABIT), há mais de 30 mil empresas em atividade no Brasil, que geraram um faturamento de US\$ 55,4 bilhões no ano de 2014, colaborando para a permanência do Brasil como o país com o quarto maior parque produtivo de confecção e o quinto maior parque produtivo têxtil do mundo (ABIT, 2015; KROEFF & TEIXEIRA, 2014).

No Brasil observa-se uma grande heterogeneidade das empresas no setor, seja em relação ao porte, ao modelo de produção ou ao produto final ofertado. Existem empresas altamente tecnológicas com mais de 2000 funcionários até microempresas com menos de 5 funcionários. A sua grande maioria está concentrada no Sul (52,2%) e Sudeste (28,3%) do país, apresentando o Nordeste a participação de 15,6% (ABIT, 2015; BEZERRA, 2014).

Em 2010, a produção brasileira não conseguiu suprir toda a demanda do mercado interno, ou seja, parte dos produtos têxteis foram importados. Demonstrando que as empresas atuais podem aumentar sua produtividade ou haver o surgimento de novas. Porém devido à competição com produtores estrangeiros, há a necessidade de um diferencial competitivo, seja em relação ao preço, à qualidade e questões como uma produção sustentável. É preciso, também, preocupar-se com a necessidade das empresas crescerem de forma ordenada, com maturidade em relação às tecnologias, aos processos e à consciência do impacto ambiental que suas atividades podem causar (ABIT, 2015).

Estudos, como "*Cleaner production in Pakistan's leather and textile sectors*" (ORTOLANO *et al*, 2014), "*Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey*" (ALKAYA & DEMIRER, 2014), demonstram que neste tipo de indústria existem diversos processos produtivos que precisam utilizar grandes quantidades de diferentes substâncias químicas, matérias primas, energia e água. Além disso, grande quantidade de resíduos são produzidos e causam significativos riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Os principais impactos ambientais causados pelo setor são provenientes da geração de efluentes, da mudança de coloração, da presença de odores, bem como da geração de resíduos, ruídos e vibrações (ALKAYA & DEMIRER, 2014; COMITÊ RIO 2016, 2014).

Devido às variações que podem haver dentro do processo, também ocorrem mudanças quanto à caracterização dos efluentes, o que dificulta na consolidação das informações. Os setores produtivos de tinturaria, estampa e engomagem/desengomagem são os principais geradores de efluentes com concentrações de carga orgânica por matéria-prima ou produto. Nestes setores, diversos tipos de corantes ou anilinas e auxiliares químicos ao serem processados geram um efluente líquido com características específicas, que necessitam de tratamento característico para atender a legislação ambiental (COMITÊ RIO 2016, 2014).

Durante muito tempo as indústrias não se preocupavam com a destinação dada aos resíduos gerados, mas isso tem mudado. Além das entidades ambientais, a sociedade também passou a

exercer pressão sob as empresas, a medida que passaram a ter maior consciência da necessidade de cuidar do meio ambiente (BARBOSA, 2012). Apesar de existir desde a década de 90, um conceito que tem ganho destaque é o de Produção Mais Limpa (P+L), definido como:

A aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente. (CETESB & PNUMA, 2005, p. 7)

O mesmo pode ser aplicado aos processos produtivos, produtos e diferentes serviços disponibilizados à sociedade. Nos países em desenvolvimento algumas práticas de P+L consistem em conservar e economizar as matérias-primas, água e energia ao longo de todo o processo industrial, prevenir a geração de resíduos através da substituição das matérias-primas que contenham uma grande carga de contaminantes, além da criação de suportes administrativos que permitam gerenciar integralmente os resíduos. Muitas das medidas e do processo de redução da contaminação são baseados nos princípios de redução, reciclagem e reutilização, tratamento e disposição final (UNIDO, 2016).

Ao implementar a P+L percebe-se melhoria da eficiência no uso dos insumos de produção bem como nos rendimentos, conseqüentemente há redução dos custos, melhoria na lucratividade e também na possibilidade de competir com melhores preços em mercados nacionais e internacionais, além de contribuir para a redução do impacto ambiental e melhoria da imagem da empresa (ALKAYA & DEMIRER, 2014; AEP, 2011; BASTIAN & ROCCO, 2009).

Apesar de tantas vantagens, diversas empresas ainda relutam quanto a implementação do programa por acreditarem que a otimização de processos implica na necessidade de investimentos financeiros e tecnológicos elevados. Sendo importante a divulgação do conceito de P+L e demonstrar como neste trabalho que sem apresentar nenhum investimento tecnológico inicial é possível observar resultados econômicos significativos mesmo para uma microempresa de tecelagem.

## **2.METODOLOGIA**

A metodologia baseou-se no Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Série P+L (BASTIAN & ROCCO, 2009) e compreendeu as etapas de planejamento e organização, pré-avaliação, avaliação e avaliação financeira.

### **2.1 Planejamento e Organização**

Esta etapa foi realizada através de uma visita técnica que permitiu conhecer a dinâmica do processo produtivo, identificar as matérias-primas, insumos e equipamentos envolvidos no processo, bem como as condições de trabalho. A partir da visita definiu-se como seria desenvolvido o trabalho e as áreas mais relevantes para atuação: tecelagem, apliques, bordado, produção de tinta, pintura e secagem.

## 2.2 Pré-avaliação

A partir das informações coletadas foram montados fluxogramas identificando as entradas (matérias-primas, produtos auxiliares, energia, água, etc.), os processos a que eram submetidos e as saídas resultantes (produtos e resíduos).

## 2.3 Avaliação

A terceira etapa consistiu na quantificação dos insumos e resíduos gerados, bem como na estimativa da quantidade de resíduos gerados ao longo de um ano, realizados a partir de balanços de massas descritos no tópico seguinte. Nesta etapa também foi conduzida uma avaliação de causas, além da identificação dos pontos de melhoria, bem como a seleção das medidas que poderiam ser implementadas.

### 2.3.1 Determinação das equações do balanço de massa

A massa de resíduos gerados ( $M_{\text{Resíduos}}$ ) foi calculada a partir da quantidade inicial de matéria-prima alimentada ( $M_{\text{MPA}}$ ), menos a massa do produto produzido ( $M_{\text{PP}}$ ), como descrito na Equação 1:

$$M_{\text{Resíduos}} = M_{\text{MPA}} - M_{\text{PP}} \quad (1)$$

Quanto a determinação do rendimento do tear ( $R_{\text{Tear}}$ ) calculou-se em função da quantidade de resíduos gerados, como mostrado na Equação 2.

$$R_{\text{Equip.}} = 100 - \left[ \frac{M_{\text{Resíduos}}}{M_{\text{MPA}}} \right] \times 100 \quad (2)$$

Para determinar a quantidade de um resíduo específico gerado, foi realizado o cálculo da sua fração mássica ( $u_{\text{Res.i}}$ ), através da Equação 3, multiplicando este pela massa de resíduo gerado ao longo do ano ( $M_{\text{ResíduoAnual}}$ ), como demonstrado na Equação 4.

$$u_{\text{Res.i}} = \frac{M_i}{(M_{\text{Resíduo}})} \quad (3)$$

$$M_{\text{Res.iAnual}} = (M_{\text{Resíduo}})_{\text{Anual}} \times u_{\text{Res.i}} \quad (4)$$

Os dados foram obtidos através da realização de pesagens, outras informações foram diretamente fornecidas pelo gerente.



## **2.4 Avaliação financeira**

A avaliação financeira, foi realizada com o objetivo de estimar a economia a ser alcançada com as medidas propostas. Os preços dos produtos/resíduos para compra ou venda foram determinados a partir de pesquisas no site Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2016).

## **3.RESULTADOS**

### **3.1 Planejamento e Organização**

São diversos os produtos produzidos pela empresa, em teares industriais, podemos citar redes, mantas, tapetes, jogos americanos e cortinas, podem também apresentar variações como a presença ou não de pintura, ser ou não bordado, etc. Estas variações no produto causam alterações na sequência das etapas do processo produtivo. Por esta razão foi definida que a pré-avaliação seria conduzida com base nos processos e não no tipo de produto final. A partir das informações coletadas, deu-se prosseguimento para a pré-avaliação.

### **3.2 Pré-avaliação**

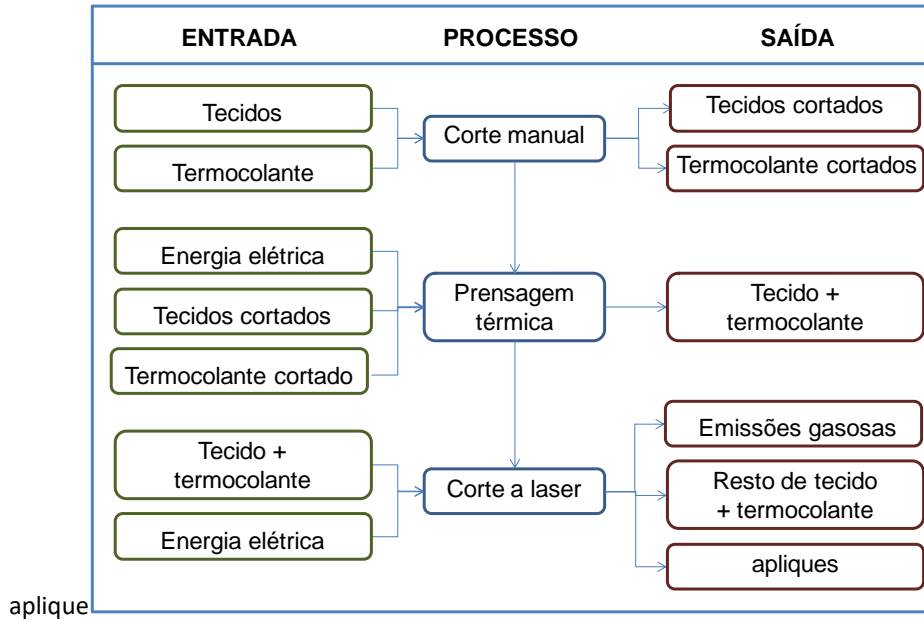
#### ***3.2.1 Processo da produção da tecelagem***

Neste processo os fios de algodão são alimentados em teares industriais onde a produção da tecelagem é realizada. Os principais resíduos gerados são o pelo e as buchas, provenientes do fio. Observou-se também que o pelo por ser leve e fino pode ser muito prejudicial para os funcionários causando problemas respiratórios. No local há também um elevado ruído, proveniente dos teares. Com relação aos funcionários percebeu-se a não utilização de máscaras de proteção contra o pelo ou protetores auriculares.

#### ***3.2.2 Processo de produção dos apliques***

Nesta etapa são utilizados tecidos e termocolantes, que após cortados são prensados e aderidos, um ao outro, pelo uso da prensa térmica. Após a prensagem o material pode ser estocado ou seguir para a máquina laser, onde são cortados os apliques nos formatos desejados. A seguir é possível observar na Figura 1 o fluxograma do processo descrito.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção de



Fonte: Do autor, 2015.

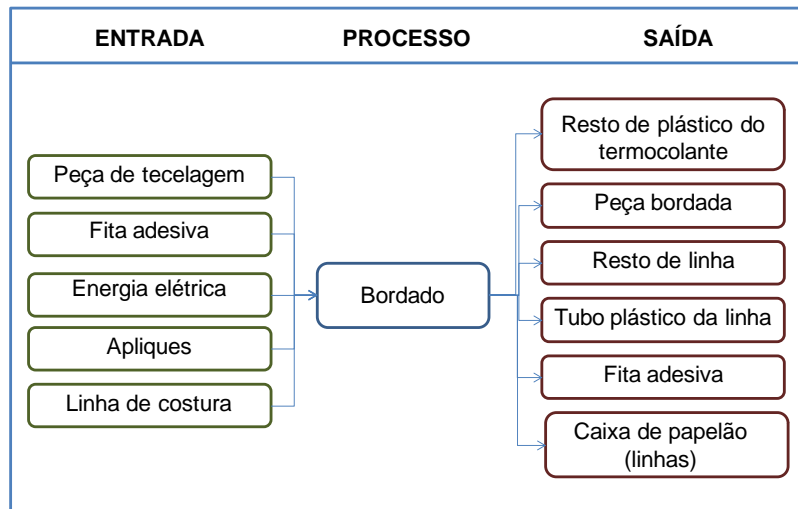
Quanto aos pontos de melhoria, constatou-se que a empresa não possuía um cronograma pré-definido do que seria produzido, o que dificultava na previsão da quantidade de matéria-prima necessária. Existindo o risco de paralisação da produção de produtos aplicados por falta de tecidos e/ou termocolantes. Constatou-se também que parte do termocolante e tecidos não eram utilizados, pois, a máquina *laser* não conseguia cortá-los completamente e fazê-lo manualmente seria inviável. Como consequência a destinação final dada era a queima.

### 3.2.3 Processo de produção das peças bordadas

Nesta área, são produzidas as peças bordadas. As peças de tecelagem são colocadas na máquina de bordado, responsável por bordar o desenho onde os apliques serão colocados, e manualmente os funcionários colocam os apliques no local designado nas peças, posteriormente a máquina passa uma costura nos apliques com a função fixá-los, bem como, dar o acabamento. Com o objetivo de visualizar melhor o processo envolvido nesta área foi montado o fluxograma da Figura 2.

Quanto aos pontos de melhoria foi constatado que não havia uma programação em relação às peças e aos desenhos bordados a serem feitos. Ocorrendo as mesmas consequências citadas na produção de apliques. Existia também a necessidade de realização de testes quando há desenhos novos a serem bordados. O teste prévio permitia a verificação de possíveis problemas, que acarretariam em peças com acabamento de má qualidade. Porém para a realização deste teste, ocorria a paralisação completa de uma máquina de bordado, perdendo produtividade. Com relação aos resíduos gerados observou-se a presença aparas, embalagens plásticas e tubos plásticos de linha, sendo a maioria composto por plásticos retirados dos termocolantes para a colagem dos apliques nas peças.

Figura 2. Fluxograma da área de bordado



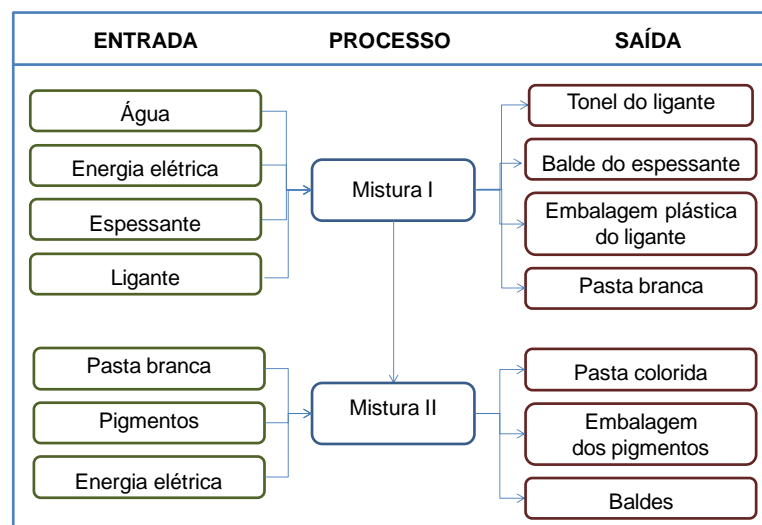
Fonte: Do autor, 2015.

### 3.2.4 Processo de produção de tinta

A produção inicia-se com a fabricação da pasta branca, misturando-se 40 kg de água, 10 kg de ligante e 1 kg ou 1,5 kg de espessante, a quantidade deste último componente irá variar de acordo com a qualidade apresentada. Todas as matérias-primas são misturadas utilizando um misturador e armazenadas em baldes ou tonéis. Após esta etapa utilizando um misturador é realizada a homogeneização da pasta branca com os pigmentos pré-definidos, obtendo-se a tinta.

Na Figura 3, adiante, observa-se o fluxograma elaborado referente à produção de tinta/pasta colorida.

Figura 3. Fluxograma da área de produção de tinta



Fonte: Do autor, 2015.

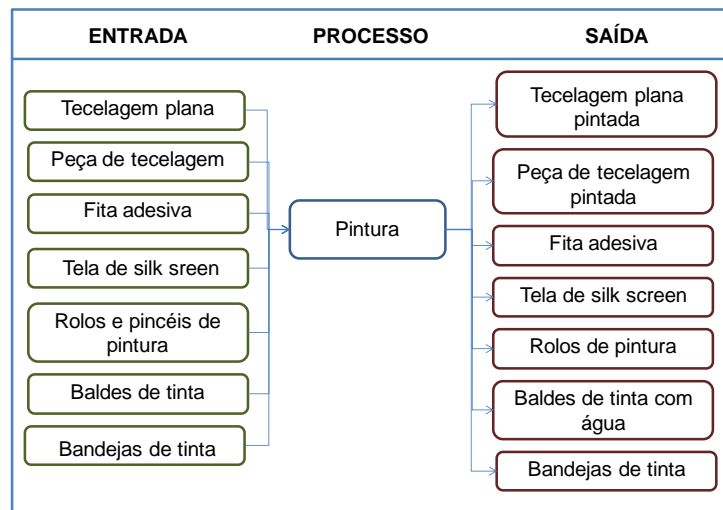
Em relação às melhorias constatou-se que as medições das quantidades de pigmentos a serem adicionados na pasta branca eram muito rudimentares, de maneira a dificultar uma padronização das cores. Existiam alguns procedimentos descrevendo como deviam ser produzidas as tintas, mas poderia ocorrer variações tendo em vista a falta de precisão quanto à quantidade de matéria-prima, bem como diferença de operador para operador em se tratando da percepção da cor da tinta.

Outro ponto identificado é a não utilização de máscaras, aventais ou luvas de maneira a proteger os funcionários quanto ao mal cheiro e possíveis problemas de saúde, devido ao contato com os produtos. Quanto aos resíduos gerados, observa-se que a maioria são embalagens plásticas e de papelão. Além destes havia a geração de água residual provenientes da limpeza das ferramentas de produção, do misturador, dos baldes, etc.

### 3.2.5 Processo de pintura e secagem

O processo de pintura era manual, com o uso de rolos e pincéis. As peças de tecelagem são dispostas em grandes mesas e fixadas com o uso da fita adesiva para a realização da pintura, podendo também haver a utilização de telas *silk screen*. Na Figura 4, a seguir, é possível observar o fluxograma do processo.

Figura 42. Fluxograma do processo de pintura



Fonte: Do autor, 2015.

Com relação aos resíduos nesta etapa observou-se a geração de águas residuais provenientes da limpeza dos acessórios (rolos, pincéis, tela de *silk screen*) e dos recipientes utilizados na área da pintura e dos baldes de tinta. Tendo em vista que a produção de tinta por semana é de cerca de 10 a 13 baldes de 20 L, tem-se que a quantidade de água gasta, neste período, para enchê-los varia de 200 L a 260 L. Após a limpeza, esta água corre em direção ao riacho.

### 3.3 Avaliação

A seguir encontram-se os resultados dos balanços de massa realizados, para os processos descritos.

#### 3.3.1 Processo de produção da tecelagem

A gerência da empresa estimou que a perda em massa de fio pela geração de bucha e pelo é em torno de 2%, ou seja, o rendimento do tear é de 98%. Informando-se a quantidade de fio que é alimentado nesses processos durante o período de um ano é possível calcular, a partir da Equação 2, a massa de pelo e bucha que são gerados anualmente, cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados referentes a produção de um ano

Produção da tecelagem	Quantidade	Unidade
$R_{\text{tear}}$	98	%
$(M_{\text{Pelo}}+M_{\text{Bucha}})$	528	Kg
$u_{\text{Pelo}}$	0,7	-
$M_{\text{PeloAnual}}$	369,6	Kg
$M_{\text{BuchaAnual}}$	158,4	Kg

Fonte: Do autor, 2015

A geração do pelo e da bucha era proveniente do atrito que o fio sofria no processo de tecimento. As buchas já eram reaproveitadas no processo. Porém com relação ao pelo, a sugestão foi a substituição de uma parte das fibras de poliéster, comprada para enchimento em alguns produtos, em função do pelo gerado, desta forma haveria uma economia de 12,2 reais por quilo.

#### 3.3.2 Processo de produção dos apliques

Nesta etapa a quantidade de resíduo gerado no uso da máquina *laser* ( $R_{ML}$ ), foi calculado através da Equação 2. Porém foi observado que o rendimento da máquina variava de acordo com o desenho cortado. Desenhos menores apresentaram menor rendimento por haver um maior espaçamento entre si, perdendo maior área de tecido. Os maiores desenhos ocupam maior área do tecido, e o espaçamento entre cada um deles também será menor, havendo um menor desperdício. Calculou-se o rendimento em cada caso e obteve-se uma média, cujo valor foi de cerca de 68%.

Através das Equações 3 e 4, respectivamente, determinou-se a fração mássica equivalente a quantidade de resíduo gerado nesta etapa, igual a 0,32 e a massa anual gerada de termocolante e tecido igual a 501,78 kg/ano. Observou-se com a prática que a quantidade de resíduos gerados nesta etapa dependia do tamanho do tecido e dos desenhos a serem cortados. Podendo em algumas situações, a depender do tamanho do tecido restante, haver o seu reaproveitamento. Caso não fosse possível, a empresa realizava o descarte do resíduo em lixo comum. Uma solução proposta foi a

revenda dos resíduos para cooperativas que trabalhem com bordado manualmente e possam aproveitá-los de maneira mais eficiente.

### 3.3.3 Processo de bordado

No processo de bordado a maior quantidade de resíduo gerado foi o filme plástico proveniente do termocolante, retirado para a colocação do aplique na peça a ser bordada. Inicialmente obteve-se a fração mássica correspondente ao plástico presente no aplique, determinando-se a massa do aplique e a massa do plástico de termocolante, pela Equação 3, cujo valor foi igual a 0,33.

Além desta informação foi determinada que a massa de plástico durante o período de um ano foi de 332,7 kg. Estando este valor relacionada com a quantidade de apliques utilizados. O resíduo foi gerado para realizar de forma prática e rápida a colagem dos apliques nas peças a serem bordadas. Todos os termocolantes que foram adquiridos para a utilização não apresentavam informações a respeito do fabricante ou em relação ao produto.

Recomendou-se portanto a troca e a procura de termocolante com identificação, pois, caso apresentassem alguma ineficiência quanto a colagem seria possível trocar juntamente ao fabricante ou à loja onde foi adquirido com maior facilidade. Considerando-se o termocolante específico para colagem e *patchwork* em tecidos, o mesmo seria identificado como um termofilme feito a base de poliamida. Uma solução para a destinação destes resíduos seria a revenda para recicladoras.

### 3.3.4 Processo de produção de tinta e pintura

A quantidade de tinta produzida ao longo do período de um ano foi determinado pela soma das massas das matérias-primas utilizadas, sendo produzidos por semana cerca de 51 kg de tinta. Ou seja 2.652 kg de tinta por ano.

Como a produção de tinta varia entre 10 a 13 baldes de 20 L por semana, o volume de água utilizada apenas no enchimento desses baldes ( $V_{\text{ÁguaRes.}}$ ), ao longo de um ano, pela Equação 5 a seguir.

$$V_{\text{ÁguaRes.}} = \left( \frac{n^{\circ} \text{ semanas}}{1 \text{ ano}} \right) \times \left( \frac{n^{\circ} \text{ baldes}}{1 \text{ semana}} \right) \times V_{\text{balde}} \quad (5)$$

Obtendo, assim, por ano 13.520 L de água. Observou-se que esta quantidade era utilizada apenas no enchimento dos baldes, porém o gasto na etapa de limpeza deve ser ainda maior, devido a necessitar enxaguar com água limpa.

Outros resíduos são as embalagens dos espessantes, ligantes e pigmentos. Tomando como base a quantidade de pasta branca produzida ao longo de um ano determinou-se a quantidade de embalagens de espessante e ligantes a serem consideradas como resíduos futuros, como sendo 4 baldes plásticos e 11 barricas de papelão (1,0m x 0,60cm).

Outros resíduos gerados são restos de ligantes, espessantes e pigmentos, bem como as suas respectivas embalagens, além da água residual proveniente da limpeza dos baldes de tinta. A

quantidade de água residual apesar de não ser tão elevada ainda poderia causar problemas ao meio ambiente, devido a composição das matérias-primas utilizadas na produção da tinta, devendo-se tomar cuidados tanto quanto com a disposição dos resíduos dessas matérias-primas.

Segundo recomendações presentes nas FISPQ's das matérias-primas, deve-se evitar que os mesmos entrem em esgoto ou qualquer fonte de água. Os recipientes deveriam ser enviados para recuperadores licenciados ou autorizados por órgão ambientais, também não devendo ser descartados em esgotos, aterros sanitários ou cursos d'água.

Na empresa não havia um tratamento da água residual, porém devido a quantidade de água ser muito baixa por mês sugeriu-se a construção de um tanque onde a água residual deveria ser armazenada para evaporar. Com base na composição concluiu-se que após o processo de evaporação haveria a formação de um lodo orgânico. Este poderia ser destinado para empresas que utilizam como matéria-prima para produtos cerâmicos, por exemplo. Desta maneira além de contribuir para a redução da poluição do riacho, evita-se maiores complicações com órgãos ambientais.

Quanto as embalagens, apesar da quantidade relativamente pequena, era importante fazer a sua devida destinação, de maneira a serem repassadas ou vendidas para reciclagem.

### 3.4 Avaliação financeira

A partir das medidas propostas e das informações obtidas na literatura, considerando que as condições da empresa permanecerão as mesmas ao longo de um ano, encontra-se apresentada na Tabela 2, a economia estimada que a empresa terá com adoção das soluções propostas.

Tabela 2. Dados referentes a produção de um ano

Quant.	Unidade	Custos	Total (R\$)
369,60	(kg/ano)	Fibras de poliéster	6.283,2
1533,23	(kg/ano)	Tecido mais termocolante	57.955,98
		Custo Total	64.239,18
Quant.	Unidade	Economia substituição/venda	Total (R\$)
369,60	(kg/ano)	Pelo	4.509,12
501,78	(kg/ano)	Resíduo tecido mais termocolante	18.967,41
4	unidades	Baldes de 20L	23,6
11	unidades	Barrica de papelão	220
		Economia Total	23.720,13

Fonte: Do autor, 2015.

Acima podemos observar que com a venda e o reaproveitamento de alguns materiais, parte do valor inicial gasto, cerca de 37%, com a compra de fibras de poliéster e de tecido mais termocolante seria recuperado. O dinheiro então obtido, deveria ser utilizado para a realização de investimentos na empresa como por exemplo, a construção de um tanque de evaporação para armazenamento da água proveniente da limpeza dos baldes de tinta, equipamentos de proteção para os funcionários que trabalham diretamente com o manuseio da tinta e suas matérias-primas, além de isolamento da área do tear e a compra de protetores auriculares que apresentam elevados ruídos, de maneira a evitar ações ambientais e trabalhista.

## 4. CONCLUSÕES

Na empresa em questão identificou-se que os resíduos de valor mais significativo foram o pelo, proveniente da etapa de tecelagem, e as sobras dos apliques. Estes que ao longo de um ano, poderiam produzir juntos a economia de cerca de 23.500 reais. Demonstrando que com mudanças simples visando a prática de redução, reutilização através do devido aproveitamento dos resíduos é possível ter um bom retorno financeiro, sem que houvesse necessariamente algum investimento por parte do empresário. Após conhecer a empresa também pontuou-se a importância de juntamente com o trabalho de P+L, haver a implementação de um sistema de gestão da qualidade de maneira que possam gerir os recursos necessários, os procedimentos operacionais, as responsabilidades estabelecidas, bem como ter as informações sobre a empresa e seus processos coletadas e avaliadas, visando um maior controle organizacional e a garantia da qualidade dos seus produtos finais.

## REFERÊNCIAS

- ABIT, 2015. **O poder da moda**. São Paulo, Brasil. <[http://www.abit.org.br/conteudo/links/Poder\\_moda-cartilhax.pdf](http://www.abit.org.br/conteudo/links/Poder_moda-cartilhax.pdf)>. 28 Mai. 2016.
- AEP, 2011. **Manual de Produção Mais Limpa para a Indústria Têxtil**, Portugal. <<http://benchmarkae.aeportugal.pt/Downloads/Resultados/Manual%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20mais%20Limpa%20-%20Ind%C3%BAstria%20T%C3%A4xtil.pdf>>. 05 Jun. 2015.
- ALKAYA, E., DEMIRER, G.N., 2014. Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. **Journal of Cleaner Production** 65, 595-603.
- BARBOSA, P.P., 2012. **Avaliação de impactos ambientais da cadeia têxtil do algodão no espaço urbano-industrial: uma avaliação da aplicação do ciclo de vida**. Maringá, Brasil. <[www.peu.uem.br/Discertacoes/PriscilaPasti.pdf](http://www.peu.uem.br/Discertacoes/PriscilaPasti.pdf)>. 03 Nov. 2014.
- BASTIAN, E.Y.O., ROCCO, J.L.S., 2009. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil: Série P+L**. <[http://www.sinditextilsp.org.br/guia\\_p%2Bl.pdf](http://www.sinditextilsp.org.br/guia_p%2Bl.pdf)>. 10 Ago. 2015.
- BEZERRA, F.D. Análise retrospectiva e prospectiva do setor têxtil no Brasil e no Nordeste. **Relatório Técnico do ETENE**, n.3., 2014.



<[http://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/iis\\_ano8\\_n03\\_2014\\_textil.pdf/d9c9bcdc-38ac-4991-bf84-d25669d9c818](http://www.bnb.gov.br/documents/88765/89729/iis_ano8_n03_2014_textil.pdf/d9c9bcdc-38ac-4991-bf84-d25669d9c818)>. 10 Mai. 2015.

CETESB; PNUMA. **A produção mais limpa e o consumo sustentável na América Latina e Caribe**. São Paulo. SP, 2005. 100p. <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/documentos/pl\\_portugues.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/pl_portugues.pdf)>. 5 Out. 2015.

COMITÊ RIO 2016, 2014. **Guia de sustentabilidade para produtos têxteis**. Rio de Janeiro, Brasil. <<http://portaldesuprimentos.rio2016.com>>. 30 Out. 2015.

FIESP, **Bolsa de Resíduos**. São Paulo, Brasil. <<http://apps2.fiesp.com.br/bolsa/index.asp>>. 30 Mai. 2015.

KROEFF, S.M.T., TEIXEIRA, F.G., 2012 Industrial Textile Brazilian context and the Prospecting For Scientific Research. In: **1st International Congress of Fashion and Design**, Portugal. <[https://modafeevale.files.wordpress.com/.../cimode\\_original\\_samira.pdf](https://modafeevale.files.wordpress.com/.../cimode_original_samira.pdf)> 15 Ago. 2014.

ORTOLANO, L., SANCHES-TRIANA, E., AFZAL, J., ALI, C.L., REBELLÓN, S.A., 2014. Cleaner production in Pakistan's leather and textile sectors. **Journal of Cleaner Production** 68, 121-129.

UNIDO, 2016. **Cleaner Production**. <<http://www.unido.org/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/cleaner-production.html>> 26 Mai. 2

## **Capítulo 2: Resíduos Eletroeletrônicos**

## ABERTURA

O Século XX marcou a história pelo inédito e acelerado avanço tecnológico em todos os campos das necessidades humanas. O que se observou ao final deste período foi não somente o suprimento, mas também a criação de novas necessidades e equipamentos sem os quais, atualmente, não nos consideramos capazes de desempenhar as atividades diárias. A velocidade de inovação atingida no novo milênio faz com que os equipamentos eletroeletrônicos se tornem obsoletos em um espaço de tempo cada vez mais curto, o que tem como consequência o aumento do descarte destes produtos sem qualquer planejamento. A composição dos resíduos eletroeletrônicos varia amplamente de acordo com a categoria, apresentando tanto materiais que podem ser reciclados, de alto valor comercial (principalmente metais nobres), quanto um elevado potencial de contaminação.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Nº 12.305/2010) determina em seu artigo 33º que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, devem estruturar e implementar seus próprios sistemas de logística reversa. Entretanto o que se observa na prática é a quase inexistência de cadeias voltadas para esta finalidade devido à falta de acordo entre as partes citadas. Tal fato culmina no descarte inadequado de resíduos perigosos e perdas de ordem econômica pela não aproveitamento do potencial de reciclagem. Surgem assim iniciativas pontuais de instituições públicas e privadas que buscam minimizar o descarte inadequado e incentivar a reciclagem.

Os artigos contidos neste bloco apresentam diagnósticos referentes ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos em instituições públicas e privadas. São trazidos também estudos de caso para o recolhimento destes resíduos em municípios do estado de Pernambuco. Ao final, um alerta para os perigos relativos ao descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos domésticos

## 2.1.GERENCIAMENTO DO LIXO ELETRÔNICO POR INSTITUIÇÕES PÚBLICAS FEDERAIS NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ-AM

**ALMEIDA, Fernanda Lemos de**

Estudante do curso Técnico de Nível Médio em Informática, Bolsista Pibic Jr.  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Humaitá (IFAM)  
felemos2@hotmail.com

**RORIZ, Pedro Augusto Costa**

Mestre em Ciências de Florestas Tropicais  
Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Humaitá (IFAM)  
pedro.roriz@ifam.edu.br

**SOARES, Ricardo Loureiro**

Mestrando em Ciências da Educação (Tecnologia Educativa) - Universidade do Minho, Portugal  
Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Humaitá (IFAM)  
ricardols@ifam.edu.br

### RESUMO

Lixo eletrônico é todo material em desuso produzido pelo descarte de equipamentos, peças ou dispositivos eletroeletrônicos como computadores, celulares e eletrodomésticos. Sem a disposição correta, esse resíduo pode causar danos ambientais e à saúde humana devido a sua composição com diferentes tipos de materiais e metais pesados. Tendo em vista que o descarte dos resíduos sólidos no município de Humaitá-AM é feito no lixão da cidade e que as unidades locais das instituições públicas federais tem responsabilidades socioambientais, o trabalho teve como objetivo conhecer os processos de descarte de lixo eletrônico nas organizações públicas federais de Humaitá. Para obter os resultados, foi aplicado questionário em dez instituições. Através dos dados levantados foi possível compreender que a maioria das instituições tem problemas com a destinação final desse resíduo e ficam sem alternativas para fazê-la. Os resultados ainda apontaram para um conhecimento mediano dos entrevistados sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixo Eletrônico, e-lixo, Humaitá-AM.

## 1. INTRODUÇÃO

Lixo eletrônico é todo resíduo material produzido pelo descarte de equipamentos eletrônicos obsoletos como televisores, rádios, telefones celulares, eletrodomésticos, todos os equipamentos de microinformática, vídeos, filmadoras, ferramentas elétricas, DVD'S, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos e tantos outros produtos concebidos para facilitar a vida moderna (RODRIGUES, 2012; DAMASCENO et al., 2015). Este tipo de resíduo tem aumentado muito uma vez que o desenvolvimento tecnológico contínuo reduz a vida útil de equipamentos eletrônicos (DAMASCENO et al., 2015) em um processo denominado obsolescência planejada (BARTL, 2014).

Ao tornar-se resíduo, o eletrônico deve ser direcionado à reciclagem, reutilização ou, se não houver condições para tais processos, deve ser descartado de forma que não prejudique o meio ambiente onde será inserido. Apesar de grande parte dos metais utilizados nos componentes eletrônicos poder ser reutilizado e gerar bom retorno econômico (MAZZOLI et al., 2013), há dificuldade na reciclagem de eletrônicos devido a sua complexidade (NNORO e OSIBANJO, 2008).

Os eletrônicos descartados de forma incorreta representam o tipo de resíduo sólido que mais cresce no mundo. Um dos problemas do manejo dessa variação de resíduos está nas substâncias tóxicas não biodegradáveis em sua composição que quando expostas a céu aberto ou despejadas diretamente no solo podem poluir o solo, o ar, os lençóis freáticos e causar prejuízos à saúde humana (KIDDEE et al., 2013). O lixo eletrônico é um problema de responsabilidade das empresas, do governo, da sociedade e das instituições de ensino em seus diversos segmentos, que devem assumir o compromisso quanto ao ciclo completo desses equipamentos (BEIRIZ, 2005).

No intuito de preservar o meio ambiente, promover e exigir formas corretas de descarte de resíduos sólidos, foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), abordando soluções para o descarte de lixo eletrônico, que em seu art. 33, estabelece que é de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, a estruturação e implementação de sistemas de logística reversa para esses produtos. Esse sistema é baseado na ideia de estender a responsabilidade do produtor, de acordo com o princípio do direito ambiental internacional do "poluidor pagador" (KIBERT, 2004). O agente gerador do resíduo (ou poluição) torna-se responsável por ele.

A logística reversa consiste em atividades relacionadas com os fluxos de entrada de materiais ou suprimentos e, de saída de produtos. Segundo LEITE (2000) é a área da logística empresarial que visa equacionar os aspectos logísticos do retorno dos bens ao ciclo produtivo ou de negócios, por meio da multiplicidade de canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valores econômico, ecológico, legal e de localização. Muitas empresas vêm praticando a Logística Reversa, obrigadas por legislações ambientais ou pressões de organizações ambientalistas (ROGERS E TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Em instituições públicas brasileiras, estudos mostram que nem sempre há uma forma de gestão adequada para o lixo eletrônico. Muitas vezes é armazenado (OLIVEIRA e EL-DEIR, 2011;

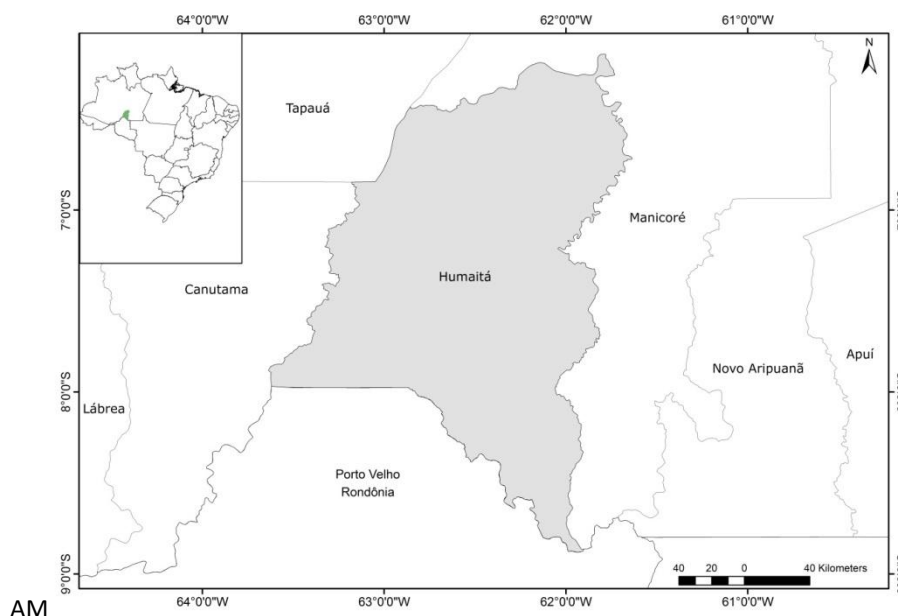
RIBEIRO et al., 2014) ou doado (OLIVEIRA E NEGREIROS, 2010; BISCAINO, 2012), não garantindo a continuidade da responsabilidade ambiental e efetiva solução do problema.

No município de Humaitá – AM, o processo de descarte final dos resíduos sólidos tem como destino o “Lixão de Humaitá”, onde são despejados diretamente no solo e expostos a céu aberto. Isso ocorre, pois o município ainda não implementou maneiras ou conta com empresas responsáveis pela coleta seletiva obrigatória, nem dispõe de um aterro sanitário, como prevê a PNRS. Considerando os possíveis impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e a necessidade de instituições públicas apresentarem planos e ações de responsabilidade socioambiental, o presente trabalho buscou identificar e conhecer os processos de descarte de lixo eletrônico nas organizações públicas federais do município de Humaitá, como parte do projeto de Pibic Jr. intitulado “Lixo eletrônico no município de Humaitá: características, disposição e conscientização da comunidade”, desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *Campus* Humaitá.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Humaitá que está localizada na região sul do estado do Amazonas, fazendo limites com os municípios de Tapauá - AM, Canutama - AM, Manicoré - AM e Porto Velho – RO (Figura 1). Possui área de 33.121,557 Km<sup>2</sup> e população estimada em mais de 50.000 habitantes (IBGE, 2015).

Figura 3 - Limites políticos do município de Humaitá -



Fonte: Próprio autor

Como instrumento de pesquisa foi utilizado um questionário, aplicado durante o período de 25/02/2016 a 15/03/2016, a servidores que atuam nas unidades locais de todas as instituições federais do município de Humaitá: 54º Batalhão de Infantaria de Selva - Exército Brasileiro; Agência

da Receita Federal do Brasil; IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas); INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária); FUNAI (Fundação Nacional do Índio) - Coordenação Regional do Madeira; DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte); IFAM (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas) - *Campus* Humaitá; IBAMA; (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis); ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação Da biodiversidade; IEAA/UFAM – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas. O questionário foi utilizado como método direto de obtenção dos resultados acerca da frequência com que são adquiridos novos equipamentos eletrônicos para as instituições e qual a destinação final desses resíduos eletrônicos.

Para responder às questões, foi selecionado, quando a unidade dispunha, do funcionário responsável pelo almoxarifado ou setor equivalente de controle de patrimônio. Quando não havia setor competente, as questões foram direcionadas ao representante maior dessa unidade ou outro indicado por ele.

O questionário foi composto de seis questões sendo cinco objetivas (Questões de 1 a 5) e uma discursiva:

1 - Qual é o seu conhecimento sobre lixo eletrônico?

2 - Com que frequência são comprados novos aparelhos eletrônicos para a instituição?

3 - Como é realizada a coleta ou o descarte de lixo eletrônico em sua instituição?

4 - Nos últimos três anos quantas vezes trocou de: Computador; Monitor; Notebook/Netbook; Impressora; Teclado; Nobreak; Mouse; Modem; Pen drive; Fonte de energia; Aparelho de som; Aparelho eletrônico; HD externo; outros.

5 - Você conhece Política Nacional de Resíduos Sólidos?

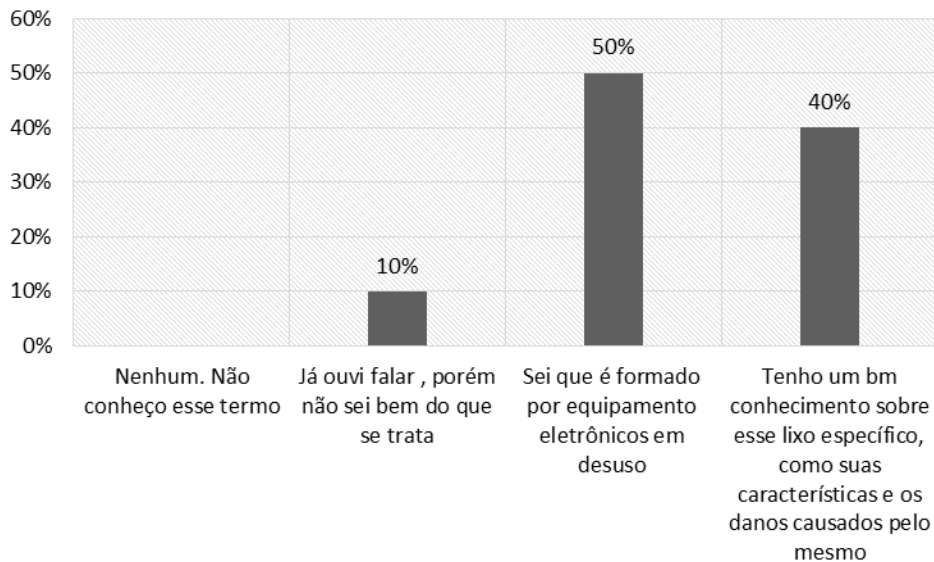
6 - Qual sua opinião sobre o lixo eletrônico em relação as providências que são exercidas na presente instituição?

Os dados foram analisados e apresentados na forma de gráficos e tabelas.

### **3.RESULTADOS**

Após a aplicação do questionário nas instituições federais foram obtidos os seguintes resultados:

Figura 4 - Respostas à 1ª questão: Qual o seu conhecimento sobre lixo eletrônico?



Fonte: Próprio autor

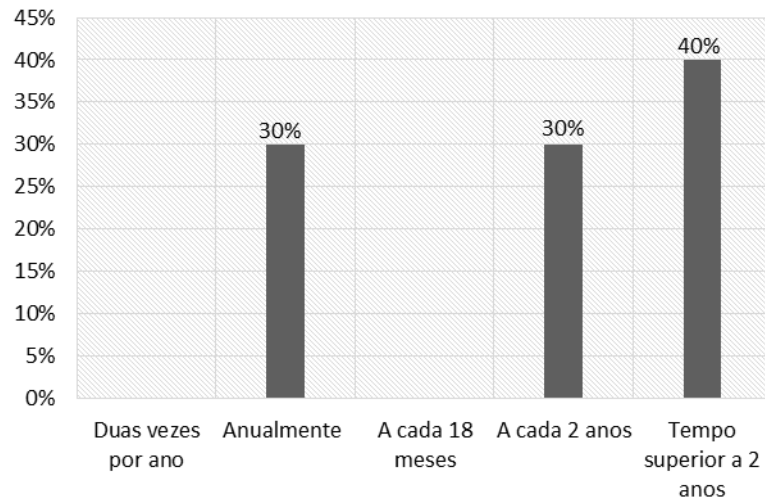
Com as respostas à primeira questão observa-se que o lixo eletrônico é conhecido em um nível básico e sintático tendo em vista que apenas 40% dos questionados, tem conhecimento claro sobre o tema (Figura 2). Ainda, foi notória durante a entrevista, a surpresa e curiosidade demonstradas pelos funcionários, ao deparar-se com o termo. Essa informação retrata ainda o desconhecimento de parte da população, sobre os danos causados pelo lixo eletrônico (SVTC, 2006) e sobre o potencial negativo, para o meio ambiente e conseqüentemente para o ser humano, do aumento no uso de equipamentos eletrônicos (BHUTTA, et al., 2011). Esse resultado demonstra que há necessidade de maior divulgação das políticas ambientais, mesmo no setor público, para que servidores possam atuar de forma responsável não só no ambiente de trabalho, mas também em sua comunidade.

A compra de equipamentos varia de instituição para instituição (Figura 3), pois cada uma segue suas devidas normas e necessidades. Instituições que foram implantadas recentemente fizeram apenas uma compra de aparelhos. Já unidades mais antigas, compram equipamentos eletrônicos com certa periodicidade. Porém, em apenas 30% dos casos, as compras são realizadas anualmente, sendo que, em algumas das instituições pesquisadas, a compra de novos equipamentos é realizada por departamento ou setor.

Em relação aos procedimentos para descarte do lixo eletrônico (Figura 4), a maioria das instituições (60%) faz o seu armazenamento em lugares específicos ou mesmo, em lugares improvisados de forma desorganizada (Figura 5). Isso ocorre pelo fato das unidades locais de cada instituição não possuírem autonomia para realizar o descarte do lixo eletrônico, pois os mesmos devem obedecer às normas de gestão patrimonial (BRASIL, 1988) que em muitos casos fica a cargo do órgão superior (sede) de cada instituição. A mesma condição de armazenamento é retratada por Oliveira e El-Deir (2011), na Universidade Federal Rural de Pernambuco, e Ribeiro et al. (2014) no Instituto Federal Fluminense.



Figura 5 - Respostas à 2ª questão: Com que frequência são comprados novos aparelhos eletrônicos para a instituição?

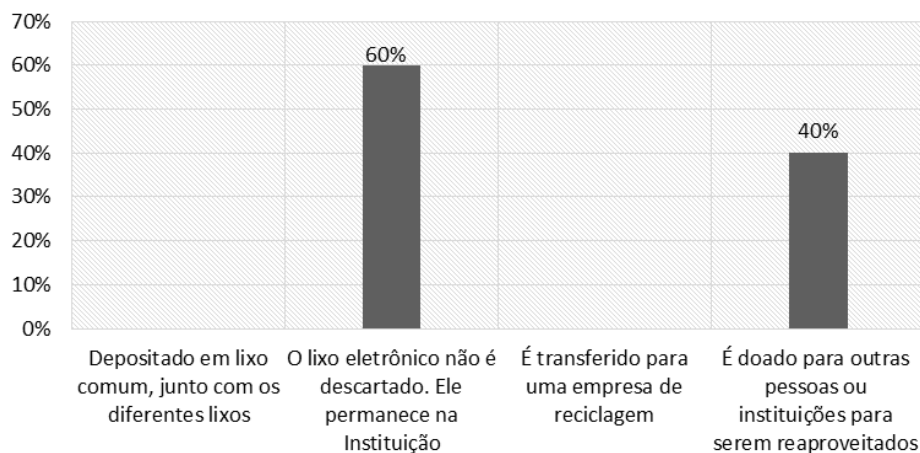


Fonte: Próprio autor

As outras instituições (40%) possuem autonomia para fazer doações que são realizadas para outras instituições do município. A doação é uma ferramenta para se desfazer dos equipamentos eletrônicos obsoletos, porém, não soluciona o problema daqueles com defeito. O ato de doação transfere a responsabilidade do descarte final para o receptor que deve ter responsabilidade socioambiental e agir de acordo com a legislação (BISCAINO, 2012), pois, de outra forma, não resolve o problema da disposição dos resíduos eletrônicos, apenas adia sua ida para o lixão.

Apenas uma instituição informou que possui como prática o conserto e a reutilização de peças e demais materiais oriundos do lixo eletrônico restando assim, muito pouco para o descarte. A prática de reutilização de peças é apontada como essencial na gestão do lixo eletrônico (BABU, et al., 2007), sendo a primeira alternativa antes da doação e descarte para reciclagem (RIBEIRO et al., 2014).

Figura 6 - Respostas à 3ª questão: Como é realizada a coleta ou o descarte de lixo eletrônico em sua instituição?



Fonte: Próprio autor

Figura 7 - Armazenamento do lixo eletrônico



Fonte: Próprio autor

Para entender a frequência com que são comprados novos aparelhos eletrônicos, na 4ª questão, foi apresentada uma tabela para o funcionário apontar quantas vezes foi feita a troca de determinados equipamentos eletrônicos no período de três anos. Pelos resultados do Quadro 1 entende-se que em geral, as trocas ocorrem no máximo uma vez a cada três anos.

A frequência na troca dos equipamentos citados varia para cada instituição levando em consideração o tamanho da unidade local, especificidades do trabalho e políticas internas, de acordo com as seguintes condições:

Quantidade de setores e funcionários que utilizam esses equipamentos; manutenção de máquinas que tem programas específicos e não é possível realizar a troca de dados desses programas para computadores atuais por não suportarem sistemas operacionais ultrapassados; facilidades e rapidez de processamento de equipamentos atuais; equipamentos que devem ser adquiridos pelos próprios servidores (pen drive, HD externo, teclado, mouse); conserto de peças por parte da instituição ou pelo responsável pela utilização do equipamento.

Pode-se observar que parte das trocas se dá por equipamentos que se tornam ultrapassados ou obsoletos e isso, acontece cada vez mais rápido em uma política de produção denominada obsolescência planejada que faz com que produtos consumidos (principalmente eletroeletrônicos) tenham pouca durabilidade pelo lançamento de novas tecnologias ou pelo próprio tempo limitado de vida útil (BARTL, 2014).

Na quinta questão, questionados sobre seu conhecimento acerca da Política Nacional de Resíduos Sólidos, 40% dos servidores afirmaram conhecer a política (Figura 6). Após apontarem seu

nível de conhecimento, a maioria dos funcionários, independente do grau de conhecimento, fez observações e comentários sobre a situação de suas instituições em relação às questões anteriores e ao debate sobre o lixo eletrônico, concluindo que o município de Humaitá encontra-se a margem dessa política e que a carência da mesma deveria ser um fato de maior preocupação por parte do governo e da comunidade.

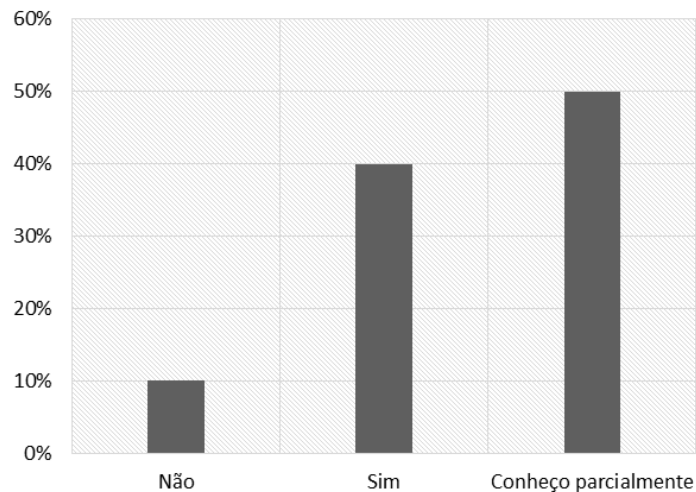
Quadro 3- Frequência com que são comprados novos equipamentos eletrônicos

	NENHUMA VEZ (OU NÃO POSSUI O APARELHO)	1 VEZ	2 VEZES	3 VEZES OU MAIS
Computador	<b>40%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>	
Monitor	<b>50%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	
Notebook/Netbook	<b>70%</b>	<b>30%</b>		
Impressora	<b>70%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	
Teclado	<b>50%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	
Nobreak	<b>40%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>	
Mouse	<b>40%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>	
Modem	<b>60%</b>	<b>30%</b>	<b>10%</b>	
Pen drive	<b>50%</b>	<b>40%</b>	<b>10%</b>	
Fonte de energia	<b>60%</b>	<b>40%</b>		
Aparelho de som	<b>80%</b>	<b>20%</b>		
Aparelho telefônico	<b>70%</b>	<b>30%</b>		
HD externo	<b>80%</b>	<b>20%</b>		
Switch	<b>90%</b>	<b>10%</b>		
Projetor multimídia	<b>90%</b>	<b>10%</b>		
Acess point	<b>90%</b>	<b>10%</b>		
Câmera de vigilância	<b>90%</b>	<b>10%</b>		
Aparelho GPS	<b>90%</b>	<b>10%</b>		

Fonte: Próprio autor

Na última questão (Qual sua opinião sobre o lixo eletrônico em relação às providências que são exercidas na presente instituição?), constatou-se que mesmo com o empenho por parte das unidades locais, em manter o descarte de lixo eletrônico o mais correto possível, não há muito o que fazer, tendo em vista as informações explanadas sobre as consequências que o descarte incorreto do lixo eletrônico causa no meio ambiente e na sociedade.

Figura 8 - Respostas à 5ª questão: Você conhece a Política Nacional de Resíduos Sólidos?



Fonte: Próprio autor

Ao decorrer de cada relato e debate sobre o lixo eletrônico, todos os questionados concluíram e comentaram sobre a falta de estrutura e meios necessários para o reaproveitamento de lixo eletrônico no município de Humaitá. Diante dessa falha e de não se ter uma estimativa exata do tempo que levará para que esse problema seja reconhecido e solucionado, foram apontadas por alguns funcionários, soluções temporárias e acessíveis como parcerias entre empresas de reciclagem de outros municípios vizinhos, que proporcionem o recolhimento e descarte correto do lixo, assim como leilões que abrangeriam toda a comunidade local.

Como resposta e uma possível solução para o futuro ou já existente acúmulo de lixo eletrônico, um funcionário apresentou sua opinião de que, um dos principais fatores para o excesso de produção de lixo em todo mundo, seja nas residências, empresas ou instituições, é o consumismo. Acrescentou ainda que a globalização e a ciência fizeram que, principalmente os eletrônicos, ganhassem uma popularidade e evolução constante e rápida, causando uma aglomeração de equipamento em desuso. Tudo isso, devido a estratégia de algumas grandes empresas de equipamento elétricos e eletrônicos que ao lançarem seus novos produtos, ressaltam suas “inovações”, para que os consumidores, venham a se desfazer dos eletrônicos antigos e adquirir o produto atualizado. Mas, com um pouco de atenção, é possível notar que ao comparar um novo modelo de um mesmo produto com o seu antecessor, são encontradas poucas utilidades novas e, que esse processo de atualização de equipamentos eletrônicos torna a população consumidora responsável pela constante produção de lixo eletrônico. Esse mesmo discurso é corroborado por Leonard (2011) que demonstra como os produtos são fabricados para se tornarem obsoletos e incentivarem o consumismo.

Alternativas para a disposição do lixo eletrônico em pequenas cidades devem partir da própria comunidade, sem esperar pelo poder público para solucionar o problema (LUNDGREN, 2012), principalmente em locais que não apresentam forte governança para reforçar e fazer valer a legislação (HICKSet al., 2005). A criação de cooperativas para a reciclagem pode promover a geração de renda e propiciar uma destinação correta aos resíduos (LUNDGREN, 2012).

Ao término da aplicação do questionário nas instituições federais do município de Humaitá, constatou-se que, por parte das unidades locais, há preocupação com a disposição do lixo eletrônico e que as mesmas, utilizam métodos cabíveis, dentro de suas possibilidades, para dar a melhor destinação possível a esse tipo de resíduo. Uma vez que o município não conta com alternativas mais adequadas para o descarte, a solução encontrada para a maioria é armazenar, até que surjam melhores opções.

#### 4. CONCLUSÕES

Através da aplicação de questionários nas unidades locais das instituições públicas federais do município de Humaitá foi possível verificar que a região ainda não conta com alternativas eficientes para a disposição e descarte do lixo eletrônico. As instituições muitas vezes ficam reféns de suas unidades gestoras (sede), esperando alternativas ou mesmo o recolhimento do material em desuso. Os motivos que levam a comprar novos produtos eletrônicos e sua periodicidade variam para cada instituição. Os servidores questionados, em geral, apresentam conhecimento mediano sobre a Política Nacional de Resíduos sólidos e sobre o que de fato é o lixo eletrônico.

Esses resultados demonstram que apesar da legislação ser específica sobre a utilização de logística reversa e estudos enfatizarem os cuidados que se deve ter com o lixo eletrônico na prática ainda não há alternativas eficientes e tangíveis para sua correta disposição, pelo menos para as unidades locais de instituições públicas federais do município de Humaitá. Nesse sentido, a legislação ainda precisa evoluir para facilitar e incentivar a distribuição de equipamentos eletrônicos em desuso para terceiros, que possam dar aplicação aos mesmos, mas as alternativas devem ser criadas localmente, sem esperar que as soluções venham de níveis hierárquicos superiores.

#### REFERÊNCIAS

- BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. **Electrical and electronic waste: a global environmental problem.** Waste Management & Research, v. 25, n. 4, p. 307-318, 2007.
- BARTL, A. **Moving from recycling to waste prevention: a review of barriers and enables.** Waste Management & Research, v. 32, n. 9, p. 3-18, 2014.
- BEIRIZ, F. A. S. **Gestão ecológica de resíduos eletrônicos: Proposta de modelo conceitual de gestão.** 2005, 129 p. Dissertação, Mestrado em Sistemas de Gestão. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.
- BHUTTA, M. K. S.; OMAR, A.; YANG, X. **Electronic Waste: A Growing Concern in Today's Environment.** Economics Research International, v. 2011, 8 P., 2011.

BISCAINO, M. J. N. **A problemática do descarte do resíduo eletrônico no setor público gaúcho**. 2012, 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização em Gestão Pública. Universidade Aberta do Brasil, Porto Alegre, 2012.

BRASIL. Instrução Normativa nº 205 de 08 de abril de 1988. I.N. com o objetivo de racionalizar com minimização de custos o uso de material no âmbito do SISG através de técnicas modernas que atualizam e enriquecem essa gestão com as desejáveis condições de operacionalidade, no emprego do material nas diversas atividades. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 11 abr. 1988.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 ago. 2010.

DAMASCENO, O. I. C.; REIS, C.; REIS, E. L.; BELLATO, C. R.; FIDÊNCIO, P. H. Assessment of bioavailability of heavy metals after vermicomposting in the presence of electronic waste. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 39, p.1786-1795, 2015.

HICKS, C.; DIETMAR, R.; EUGSTERB, M. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China: Legislative and market responses. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 25, p. 459–471, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Site eletrônico**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=130170&search=amazonas|humaita>> Acesso: 01/05/2016.

KIBERT, N. C. Extended producer responsibility: a tool for achieving sustainable development. **Journal of Land Use & Environmental Law**, v.19, n. 2, p. 503–523, 2004.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. **Electronic waste management approaches: An overview**. Waste Management, n. 33, p. 1237-1250, 2013.

LEITE, P. R. **Canais de distribuição reversos: fatores de influência sobre as quantidades recicladas de materiais**. In: Anais do III SIMPOI– Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2000. **Anais**, São Paulo, 2000.

LEONARD, A. **A História Das Coisas - da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos**. Editora Zahar, 2011. 304 p.

LUNDGREN, K. **The global impact of e-waste: Addressing the challenge**. International labour organization, Geneva, 71 p. 2012.

MAZZOLI, M. D.; DOMICIANO, G. C.; VIEIRA, R. **Lixo Tecnológico/Eletrônico: um breve histórico do problema e possíveis soluções no caso brasileiro**. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e Saneamento, Salvador, 2013. **Anais**, Salvador, 2013.

NNOROM, I. C.; OSIBANJO, O. **Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries**. Resources, Conservation & Recycling, n. 52, p. 843-858, 2008.

OLIVEIRA, B. M. C.; EL-DEIR, S. G. **Gestão do lixo eletrônico na Universidade Federal Rural de Pernambuco**. In: **Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e Saneamento, Londrina, 2011. **Anais**, Londrina, 2011.

OLIVEIRA, S.; NEGREIROS, J. **Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM Campus Manaus Centro**. In: Anais do II Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica, CEFET-MG, Belo Horizonte, 2010. **Anais**, Belo Horizonte, 2010.

RIBEIRO, T. G. S.; SANTOS, A. R. R.; ERTHAL JÚNIOR, M. **Gerenciamento dos resíduos provenientes do setor de tecnologia da informação do Instituto Federal Fluminense**. In: Anais do XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, **Anais**, 2014.

RODRIGUES, A. C. **Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas**. 2012, 246 p. Tese Doutorado em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reverse Logistics Executive Council. Reno: University of Nevada, 1998.

SVTC (Silicon Valley Toxics Coalition). **Just say no to e-waste: background document on hazards and waste from computers, Silicon Valley Toxics Coalition**, 2006. Disponível em: <[http://cmase-dev2.uark.edu/\\_resources/pdf/ewaste/just\\_say\\_no\\_ewaste\\_backgrounder.pdf](http://cmase-dev2.uark.edu/_resources/pdf/ewaste/just_say_no_ewaste_backgrounder.pdf)>. Acesso em: 01/05/2016.

## **2.2.GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DO CENTRO ADMINISTRATIVO DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS – SUAPE**

**BEZERRA, Ana Paula Xavier de Gondra**

Mestranda

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Citar/UFRPE)  
anapaula.gondra@gmail.com

**ZAPONI, José Roberto Carvalho**

Mestre em Tecnologia Ambiental

Coordenador de Educação Ambiental e Responsabilidade Socioambiental do Complexo Portuário Governador Eraldo Gueiros - Suape  
robertozaponi@gmail.com

**MOTA, Adriane Mendes Vieira**

Mestre em Biologia Animal

Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU)  
adrianemendes@yahoo.com.br

**Holanda, Romildo Morant de**

Doutor

Citar/UFRPE  
romildomorant@gmail.com

### **RESUMO**

Os Resíduos Eletroeletrônicos (REEE) podem impactar significativamente meio ambiente devido ao grau de periculosidade associado ao seu descarte inapropriado. Por isso, as empresas vêm sendo cobradas a adotar posturas mais proativas visando atender as legislações. O objetivo deste trabalho é estudar a efetivação da gestão dos REEE no Centro Administrativo do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – SUAPE/PE. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico e campo (entrevistas e observações). Como resultado, verificou-se que a gestão dos REEE é realizada por setores diferentes (Coordenadoria de Meio Ambiente e Administrativa), o que acarreta em processos distintos de destinação (doações e leilões) atendendo a legislação. Relacionado às atividades de sensibilização, existe o Programa de Educação Ambiental, porém o tema REEE ainda não foi abordado. Conclui-se que o gerenciamento dos REEE encontra-se no processo de implantação, com alguns pontos para ser revistos e estruturados, por exemplo, o armazenamento que não possui um local definido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Eletroeletrônicos, Gerenciamento de resíduos, Logística Reversa.

### **1.INTRODUÇÃO**



O avanço da inovação tecnológica nos últimos 20 anos contribuiu para a produção de inúmeros equipamentos em larga escala com variadas utilidades, propiciando um aumento na quantidade e diversidade de equipamentos eletroeletrônicos. Muitos desses produtos são criados para suprir as necessidades da humanidade e a cada ano vem adquirindo atualizações e inovações com intuito de facilitar o cotidiano da população, proporcionando conforto e praticidade para executar suas atividades.

Em contrapartida, com o desenvolvimento tecnológico pautado em uma sociedade de consumo marcado por uma necessidade criada pela mídia, impulsionando o consumidor a adquirir, os aparelhos são disponibilizados e substituídos com uma frequência cada vez maior. Isto propiciou maior velocidade na obsolescência dos equipamentos eletroeletrônicos trazendo grandes problemas ao meio ambiente.

Vale ressaltar que o descarte inadequado ou o aterramento e incineração sem tratamento prévio dos REEE resulta em contaminação da água, do solo ou do ar, devido à emissão de substâncias prejudiciais a saúde da população e ao ambiente (SILVA; PIMENTA; CAMPOS, 2013). Segundo Xavier et al. (2010), a rapidez de obsolescência desses materiais aumenta progressivamente e muitas vezes eles tornam-se “ultrapassados” antes mesmo de saírem das lojas, o que representa um grande problema para empresas, sociedade e meio ambiente.

Os produtos eletrônicos, que, à primeira vista, são equipamentos inofensivos, de uso normal e confeccionados para nos trazerem comodidade e conforto, podem gerar graves danos (econômicos, sociais, ambientais) devido ao seu descarte incorreto e a falta de controle desse tipo de produto (ANDRADE; FONSECA; MATTOS, 2010).

Assim, o descarte de resíduos originados de EEE (Equipamentos Eletroeletrônicos), também chamado como ‘lixo digital’ deve ser feito da forma menos agressiva, e, sempre que possível, procura-se reciclar o material a fim de evitar grandes desastres ambientais (DULLIUS, 2015).

Conhecer o perfil da geração e o descarte dos REEE, nos âmbitos local, regional e nacional, é de essencial para o planejamento e implantação da logística reversa, assim como para a concepção de um sistema de gestão eficaz, que minimize os prejuízos ambientais, sociais e econômicos decorrentes do descarte, tratamento e disposição final inadequado (RODRIGUES; GUNTHER; BOSCOV, 2015).

No que diz respeito à legislação, no Brasil, foi sancionada a lei nº 12.305 que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e que define, entre outras coisas, que resíduos como pilhas, lâmpadas e eletrônicos devem ser retirados de circulação pelos próprios fabricantes, de acordo com o princípio da logística reversa (BRASIL, 2010).

É importante destacar que a logística reversa propõe ao consumidor a devolução dos produtos e suas embalagens, em fim de vida útil, ao local onde os adquiriu e este por sua vez deverá acondicioná-lo de forma apropriada e devolvê-lo ao fabricante para que seja dada uma destinação ambientalmente correto.

Devido a isso, as empresas vêm sendo cobradas a adotar posturas proativas visando atender as legislações ambientais mediante a incorporação dos fatores ambientais nas metas, políticas e estratégias da empresa.

Dentre os diversos setores da empresa, atualmente, há necessidade de uma área específica que cuide da Responsabilidade Socioambiental da organização, a qual estuda, entre outros enfoques, formas de desenvolver-se socialmente e ambientalmente (BOSSE, 2011).

Neste contexto de Sustentabilidade, lembrando que a sustentabilidade implica em um modelo ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável, a empresa Suape desenvolve os Programas Ambientais – (PA's) com seus respectivos Programas Básicos Ambientais (PBA's), promovendo conseqüentemente o fortalecimento da gestão ambiental empresarial, gerenciamento das suas atividades próprias, bem como as relacionadas com as demais indústrias instaladas no Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – Suape – (CIPS) e, ainda, harmoniza essas atividades com as peculiaridades inerentes às diversas áreas que compõem o complexo.

Com isso, o objetivo deste trabalho consistiu em analisar a eficiência do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos com foco no modelo de logística reversa do Centro Administrativo do Complexo Industrial Portuário Eraldo Gueiros – Suape/PE.

## **2.METODOLOGIA**

### **2.1. Área de Estudo**

Situado a 40 km da cidade do Recife, numa região de pouca densidade populacional, o Complexo de Suape localiza-se no litoral Sul do Estado de Pernambuco, entre a foz dos rios Ipojuca e Massangana. É entrecortado pelo Rio Tatuoca e fica situado dentro dos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho (SUAPE, 2014). Possui como território estratégico os seguintes municípios: Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes, Escada, Moreno, Sirinhaém, Ribeirão e Rio Formoso (NOVO PLANO DIRETOR DE SUAPE, 2011).

A empresa Suape, para atuação de suas atividades, possui as seguintes instalações e unidades: Centro Administrativo de Suape, CETREINO (Centro de Treinamento), Autoridade Portuária, Núcleo de Educação Ambiental de Suape, Torre de Controle, Centro de Treinamento Engenheiro Francisco C. E. de Vasconcelos e Novo Prédio Sede (Latitude Suape). A empresa possui em torno de 309 colaboradores entre funcionários efetivos, cargos comissionados e estagiários (RELATÓRIO TÉCNICO PRÊMIO TOP SOCIOAMBIENTAL E DE RH, 2013).

O Centro Administrativo de Suape, local do estudo desta pesquisa, é o espaço principal da administração do CIPS, composto por aproximadamente 60 salas divididas em escritórios, recepção, agência bancária, espaço de convivência, copa, lanchonete/restaurante, sanitários e estacionamento (RELATÓRIO TÉCNICO PRÊMIO TOP SOCIOAMBIENTAL E DE RH, 2013). Além disso, o Centro Administrativo é responsável em administrar os resíduos gerados pelos prédios da instituição, tendo setores específicos para isso.

## 2.2. Levantamento de dados

O levantamento dos dados constituiu na realização de pesquisas tanto de cunho teórico como em atividades de campo (*visita in loco*). Essa caracterização foi realizada por meio de uma visita técnica ao Centro Administrativo de Suape realizada no mês de junho do ano de 2014.

A grande parte dessas pesquisas exploratórias pode ser classificada como pesquisa bibliográfica e estudos de caso, e envolvem os seguintes pontos: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007 *apud* GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Assim, foi realizado o levantamento dos REEE por meio de um questionário pré-estruturado com perguntas abertas e fechadas, aplicado com os responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos (Setores de Meio Ambiente e Administrativo) a fim de levantar e caracterizar os resíduos eletroeletrônicos gerados na empresa e o tipo de destinação. Os questionários têm em comum o fato de ser uma aferição na base do lápis e papel, destinada a obter respostas que forneçam dados para pesquisa (WORTHEN, 2004).

A técnica de observação foi aplicada junto às entrevistas, sendo norteadas por um *checklist* de observação com base nas determinações e proibições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), que instituem diretrizes quanto ao tratamento e destinação final de resíduos sólidos. A observação é um método essencial para quase todas as avaliações, abrangendo no mínimo visitas ao local (WORTHEN, 2004).

Dessa maneira, observaram-se quais os equipamentos eletroeletrônicos obsoletos descartados pela empresa e classificados baseados nos conceitos adotados pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2013) que propôs uma classificação dos Equipamentos Elétricos Eletrônicos (EEE) em quatro segmentos distintos (linha branca, linha marrom, linha azul, linha verde) com objetivo de facilitar a identificação dos mesmos, quanto ao tipo e promovendo o melhor monitoramento, quanto os aspectos legais relativos, de periculosidade, ao seu gerenciamento e a destinação adequada para cada tipo de categoria.

## 3.RESULTADOS

Foi constatado que a administração de Suape é responsável pela gestão dos resíduos sólidos gerados pelo Centro Administrativo, Centro de Treinamento (CETREINO), guaritas, postos de controle, cais público e prédios públicos prestadores de serviços, como Corpo de Bombeiros e os escritórios da Anvisa e da Receita Federal (SUAPE, 2016). Foram identificados dois departamentos responsáveis por gerenciar os resíduos eletroeletrônicos, os quais são: a Coordenadoria de Meio Ambiente e a Coordenadoria Administrativa.

Já as empresas instaladas no Complexo Industrial Portuário de Suape são responsáveis pelo seu próprio Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), conforme o estatuto de Suape e leis ambientais.

Segundo Rodrigues, Gunther e Boscov (2015), os REEE de origem institucional em sua maioria são representados por computadores, substituídos em períodos relativamente regulares, seguindo um tempo médio de obsolescência. No caso de Suape foi verificada a existência de equipamentos da linha branca, marrom, azul e verde (Quadro 1), assim como pilhas, baterias e lâmpadas que não se enquadram em nenhuma dessas categorias. Após a vida útil desses equipamentos, eles se tornam REEE.

Quadro 1 – Identificação dos equipamentos eletroeletrônicos existentes em Suape.

<b>Classificação</b>	<b>Equipamentos</b>
<b>Linha Branca</b>	Refrigeradores e Congeladores; Condicionadores de ar
<b>Linha Marrom</b>	Monitores e Televisores de tubo, Plasma, LCD e LED; Equipamentos de Áudio
<b>Linha Azul</b>	Batedeiras; Liquidificadores; Cafeteiras
<b>Linhas Verde</b>	Computadores; Acessórios de Informática; Telefones Celulares/Fixos

Fonte: Próprio Autor.

Para melhor verificar a eficácia da gestão dos REEE, será dividido em duas seções para apresentar inicialmente como a coordenação administrativa atua na instituição, logo após será descrito os processos adotados pela Coordenação de Meio Ambiente. Por último, são analisadas as principais consequências da atuação desses setores.

### **3.1. Coordenação Administrativa**

Os equipamentos identificados são patrimônio do Estado e antes de realizar qualquer tipo de destinação final é realizada a baixa patrimonial com a Coordenação Administrativa. Baixa patrimonial é o procedimento de exclusão dos bens ativos permanentes da empresa Suape.

Os REEE identificados em maior número em Suape foram os da linha verde (computadores, acessórios de informática, telefones celulares/fixos). Estes possuem a vida útil curta, são equipamentos de pequeno porte e grande diversidade de componentes. Dentre os componentes alguns podem ser considerados perigosos, por isso deve-se ter um planejamento adequado para a destinação.

Verificou-se que a coordenadoria Administrativa depois da baixa patrimonial fica responsável em destinar os resíduos originados dos equipamentos das linhas branca, marrom e azul (Quadro 2). Esse setor executa esse gerenciamento a partir do decreto nº 39.036/ 2013 que dispõe sobre as normas gerais relativas ao leilão, realizado pela Secretaria de Administração do Estado, para a alienação de bens inservíveis, apreendidos ou abandonado (PERNAMBUCO, 2013).

Quadro 2 – Descrição do processo de destinação final do REEE em Suape.

<b>Processos</b>	<b>Coordenadoria Administrativa</b>
<b>Legislação</b>	Decreto Estadual nº 39.036, de 2 de janeiro de 2013.
<b>Análise dos equipamentos para verificar se é um REEE</b>	Por meio de decreto descrito acima que determina que o produto vire REEE se o orçamento para reparo for superior a 50% do valor venal.
<b>Triagem</b>	Contagem
<b>Armazenamento</b>	Estocadas em sala
<b>Destinação</b>	Leilão

Fonte: Próprio Autor.

Nos leilões realizados entre os anos de 2012 a 2014 foram vendidos os equipamentos obsoletos, tais como: ar-condicionado, bebedouros, televisões de plasma e de tubo, conjunto de gerador e ploter. A prática de leilões de patrimônio público obsoleto é um método previsto na lei de licitações, que aponta dois caminhos para o que não serve mais a qualquer instância do poder público: doação para instituições sem fins lucrativos ou venda através de leilões público.

Os leilões de REEE proporcionam o ingresso de recursos financeiros aos cofres públicos. Todavia, os valores financeiros obtidos podem ser considerados insignificantes quando comparados ao orçamento da instituição e aos gastos com investimentos em novas tecnologias (SANTOS; NASCIMENTO; NEUTZLING, 2014).

Diferentemente do que ocorre em Suape, segundo Reidler (2012) afirma que na USP após a identificação dos REEE é realizado a baixa patrimonial dos produtos e cada unidade da organização tem autonomia de definir a destinação dos seus bens inservíveis incluindo os REEE.

De acordo com o estudo de Santos, Nascimento e Neutzling (2014), as organizações que arrematam estes lotes, na sua grande maioria têm como atividade a própria reutilização dos

componentes, que são retirados dos REEE leiloados: Na grande maioria dos casos os lotes são arrematados por empresas do ramo de sucatas, mas pessoas físicas também se mostram interessados em alguns lotes.

### 3.2. Coordenadoria de Meio Ambiente

Verificou-se que o setor de Meio Ambiente gerencia os equipamentos da linha verde. Dessa maneira, os REEE são gerenciados baseado na Lei Estadual 13.047/2006 que dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação da coleta seletiva de lixo nos condomínios residenciais e comerciais, nos estabelecimentos comerciais e industriais e órgãos públicos federais, estaduais e municipais no âmbito do Estado (PERNAMBUCO, 2006). Seus procedimentos até chegar a destinação pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Descrição do processo de destinação final do REEE em Suape.

<b>Processos</b>	<b>Coordenadoria Meio Ambiente</b>
<b>Legislação</b>	Lei Estadual 13.047, de 26 de junho de 2006.
<b>Análise dos equipamentos para verificar se é um REEE</b>	O setor de informática verifica se o equipamento não possui mais condições de uso.
<b>Triagem</b>	Pesagem
<b>Armazenamento</b>	Arquivo geral de Suape
<b>Destinação</b>	Doação para associação de catadores

Fonte: Próprio Autor.

O equipamento só é considerado REEE quando não possui mais nenhuma opção de reutilização na instituição. E então, o setor de informática comunica ao setor de meio ambiente para que o mesmo faça o procedimento necessário para destinação do REEE.

No Setor de meio ambiente foram realizadas duas doação para associação de catadores, onde foram doados os seguintes equipamentos: aparelhos de CPU, monitores, impressoras, scanners, vários componentes eletrônicos (mouses, teclados e etc)

As Associações de Catadores de material reciclável costumam realizar a coleta de REEE juntamente com outros tipos de material, e é frequente que afirmem não saber como coletá-los de maneira apropriada. Com o suporte de estruturas locais de recebimento de material, poderiam ajudar na coleta de REEE. Entretanto, como se trata de resíduo perigoso, é necessário que os catadores sejam capacitados e utilizem os devidos equipamentos de proteção para transportar esse tipo de material (ABDI, 2013).

Em um estudo realizado em sete cooperativas no município de Belo Horizonte verificou-se esses locais recebem todo tipo de equipamento eletrônico e que a quantidade recebida é muito variável. No entanto, quando questionados sobre o conhecimento do que é considerado um REEE foi notada certa dificuldade na descrição de exemplos de REEE demonstrando falta de conhecimento sobre o assunto (FRANCO; LANGE, 2011).

Outra forma indicada para destinação são projetos de inclusão digital, assim acontece no Câmpus Porto Alegre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS - Câmpus Porto Alegre), com a realização do projeto de extensão “Reaproveitamento dos Resíduos Eletrônicos do IFRS - Câmpus Porto

Alegre onde realizam a recuperação de equipamentos eletrônicos obsoletos ou danificados, bem como o reaproveitamento de suas peças (GONSALES; TOLFO; BUCHMANN, 2015).

Verificou-se que o serviço de gerenciamento dos demais resíduos de Suape é realizado por uma empresa terceirizada, contratada por Suape, que não contempla a questão dos REEE em seu contrato, tratando-se somente dos papeis, plásticos, vidro, metal, orgânico e lâmpadas fluorescentes. Dos resíduos coletados, alguns são encaminhados para associação de catadores, empresas de destinação e outros para o CTR (Central de Triagem de Resíduos) Candeias.

Quanto aos pontos de coleta de materiais, verificou-se que o nos prédios administrados pelo Centro Administrativo de Suape possui coletores para papeis (resíduo de maior produção – entre o ano de 2010 a 2013 foram recolhidos 8.973,01 Kg de papel) dispostos nas salas e para os demais tipos de resíduos (Vidro, papel, plástico e metal) existem coletores na entrada principal do prédio (RELATÓRIO DO PRÊMIO BENCHMARKING BRASIL, 2014). Não foi verificada a presença de coletores específicos de REEE no ano em foi realizado essa pesquisa.

Seguindo as diretrizes do PGRS de Suape, a Central de Triagem de Resíduos Sólidos – CTRS foi construída em atendimento às recomendações da ANVISA no que se refere às boas práticas sanitárias (CIRILO et al., 2013). Os resíduos após serem coletados nos locais de armazenamento temporário são encaminhados para Central de Triagem de Resíduos de Suape, um prédio localizado na área portuária (Figura 1).

Figura 1 – Central de Triagem de Resíduos de Suape. – CTRS.



Fonte: Projeto Pedagogia Ambiental/Suape (2014).

Numa central de resíduos do município de Santana do Parnaíba, a Fundação Alphaville e Poder Público inserem na central de triagem, catadores que trabalhavam em lixões (SECRETARIA EXECUTIVA DA REDE NOSSA SÃO PAULO, 2013), o que não é o caso da Suape que os funcionários da empresa terceirizada são responsáveis pelo gerenciamento. Verifica-se que o local possui uma baia específica para os resíduos perigosos onde são armazenados as lâmpadas fluorescentes e os resíduos de embarcações (ex: ferro, fio de cobre, lata de tinta de navio e etc.) que são colocados nesse local por não existir espaço definido para eles.

Já os REEE são colocados no espaço de arquivo geral, local este que não possui espaço adequado para armazenamento, pois são colocados juntos com documentos da empresa. Segundo o Instituto Butantan (2013), recomenda-se que os equipamentos eletroeletrônicos devem ser segregados separadamente dos outros grupos de resíduos e acondicionamento em caixas de papelão identificadas, contendo o nome do equipamento, a quantidade e o local de origem.

A coleta de REEE pode acontecer em pontos fixos, ou então acompanhando temporariamente campanhas de coleta de materiais, esperando juntar certa quantidade. A coleta de REEE deve seguir uma série de precauções em relação ao tratamento e manipulação de materiais, e contar com espaço suficientemente flexível para abrigar um tipo de material cujo volume pode variar bastante de acordo com múltiplas variáveis (ABDI, 2013). Suape atualmente possui um acervo de equipamentos que já são considerados REEE esperando a destinação adequada. Nesse sentido, o setor de Meio Ambiente está com dificuldades de achar uma empresa, Ong (Organização Não Governamental) ou Associação que possua a certificação necessária para atender a legislações pertinentes e a garantia da destinação correta dos REEE doados.

Na análise realizada do ano de 2014, no Centro Administrativo de Suape não foi identificada e registrada a coleta de pilhas e baterias de forma seletiva que possibilitasse a destinação correta desse tipo de resíduo. Porém, foi informado que serão implantados nos prédios Administrativos de Suape 06 coletores de pilhas e baterias. Segundo Costa (2013) para pilhas e baterias, os recipientes coletores devem ser resistentes, em razão do peso do material a ser depositado. Portanto, as caixas devem seguir os padrões especificados pelas autoridades no assunto, tais como a ABNT e devem ser de materiais não condutores de eletricidade.

No porto do Rio de Janeiro, foi verificado que as Pilhas e Baterias possui depósitos corretos para descarte destes itens com posterior triagem para envio ao fornecedor responsável pela correta destinação (MURTA; MAIA, 2013) Verifica-se que ainda não são destinados os cartuchos que são das impressoras patrimônio de Suape. Os resíduos de cartuchos devem ser tratados, separados e acondicionados adequadamente para o transporte até sua destinação final (LEME; MARTINS; BRANDÃO, 2012).

A venda de cartuchos aos chamados recicladores não é aconselhável, pois, na maioria dos casos, eles não são reciclados, são simplesmente lavados ou aspirados e reabastecidos. O que pode comprometer a saúde de quem realiza esse tipo de procedimento devido à composição e o poder poluente. O destino desse tipo de resíduos dentro da Universidade de São Paulo - USP ocorre pelos setores de informática ou almoxarifado da Unidade que fica responsável pelo envio do material ao Programa Recicl@tesc (LEME; MARTINS; BRANDÃO, 2012). De acordo com a Associação Brasileira de



Recondicionadores de Cartuchos de Impressoras (ABRECI) (2016), as empresas localizadas no Estado de São Paulo necessitam da obtenção do Certificado de provação para Destinação de Resíduos Industriais (CADRI) – emitidos pela CETESB, para o transporte desse resíduo.

### 3.3. Consequências dos procedimentos dos setores

Para o recolhimento de materiais de pequeno porte (acessórios, pilhas, etc.) é importante adequações de como será armazenado na Central de Triagem para que não ocorra nenhum tipo de contaminação. Nesses casos, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos utiliza a logística reversa como instrumento de desenvolvimento econômico e social para destinar corretamente os REEE; com intuito de facilitar a coleta, a restituição dos resíduos aos seus geradores, para que sejam tratados ou reaproveitados em novos produtos (SEMAS, 2012).

O que pode verificar que a falta de padronização no sistema de gestão e a forma como atualmente é destinada demonstra que a logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos não está garantida. Quando ocorrem leilões, não têm como afirmar que as empresas que arrematam esses “produtos” irão utilizar todos os componentes e se houver sobra de equipamentos não se sabe se o destino será adequado, ou seja, não há controle se os REEE irão retornar ao ciclo de produção e se não irão impactar o meio ambiente.

Na pesquisa de Silva, Pimenta e Campos (2015), verificou-se que um fator inibidor para o desenvolvimento de ações de gerenciamento de resíduos em empresas privadas é a postura da instituição que não considerara importante o desenvolvimento de ações com os clientes. O que não é caso de Suape, tendo em vista que não necessita de ter uma boa relação com o cliente para solucionar a sua problemática dos REEE.

Desta forma, após a descrição e discussão das consequências à sustentabilidade das práticas desses setores, o quadro 4 apresenta uma síntese destas consequências analisadas:

Quadro 4 – Síntese das consequências dos procedimentos dos setores responsáveis pelo REEE da empresa Suape.

Setores	Procedimento de descarte	Consequências		
		Ambiental	Social	Econômica
Coordenadoria Administrativa	Leilão	Ausência de controle sobre o destino dos REEE após o leilão.	- Reutilização de componentes; - Estímulo de geração de empregos; - Reutilização e reciclagem dos	Ingresso de receita com leilão dos REEE

			REEE para produção de outros produtos	
			- Inclusão social e a geração de empregos - Estímulo à cadeia reversa dos REEE - Reutilização e reciclagem dos REEE para produção de outros produtos	Sem custo
Coordenadoria de Meio Ambiente	Doação	Apesar de emitir certificado de destinação, falta controle sobre o destino dos REEE após a doação.		
	Empresa terceirizada (CTR Candeias)	- Não contaminação do meio ambiente; - Estímulo à reciclagem e a recuperação dos materiais dos REEE	- Estímulo à cadeia reversa dos REEE; - Geração de empregos	Custos com o descarte dos REEE

Fonte: SANTOS; NASCIMENTO; NEUTZLING (2014). Adaptada.

#### 4. CONCLUSÕES

Mediante os resultados da pesquisa, conclui-se que o gerenciamento dos REEE em Suape existe algumas lacunas, como por exemplo, o local de armazenamento dos REEE que ainda não está atendendo aos padrões estabelecidos pelas normas podendo provocar contaminações do ambiente. É importante a inserção dos cartuchos no sistema de gerenciamento, pois ocorre de forma inadequada.

A criação dos ecos pontos (papa pilhas, baterias e equipamentos eletrônicos portáteis) é uma boa iniciativa da empresa Suape, porém a estrutura de armazenamento dos produtos precisa ser adaptada para receber esses resíduos de forma adequada para não prejudicar o meio ambiente.

Portanto, constata-se que o procedimento de gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos ainda é algo que ocorre de forma inicial e que deve ser complementado com a inserção de métodos de controles externos e que possibilitem a logística reversa.

Conclui-se que a forma de destinação que empresa pratica possui alguns pontos fortes e fracos do ponto de vista ambiental, social e econômico, porém nem todas garantem que o meio ambiente seja preservado. Mas as melhorias no gerenciamento dos REEE são possíveis, porém requer um investimento, principalmente, na questão de ações de sensibilização voltadas à temática.

## REFERÊNCIAS

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos – Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** 179f. 2013. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1367253180.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1367253180.pdf)>. Acesso em: abril de 2016.
- ANDRADE, R.G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e Destino dos Resíduos Eletrônicos de Informática nas Instituições de Ensino Superior de Natal-RN. **Revista HOLOS**, Ano 26, v 2., 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECONDICIONADORES DE CARTUCHOS PARA IMPRESSORAS (ABRECI). **Destinação de resíduos – CADRI.** Disponível em: <<http://abraci.org.br/?page=associacao>>. Acesso em: abril de 2016.
- BOSSE, N. T. **Um estudo da Responsabilidade socioambiental através da prática da logística reversa fomentada pelo Instituto Vonpar. Porto Alegre.** 77f. 2011. Monografia (Bacharel em Administração) – Departamento de Ciências Administrativas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BRASIL. (2010) **Lei 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: maio de 2016.
- CIRILO, A. M.; OLIVEIRA, L. R.; BEZERRA, A. P. X. G.; PEREIRA, S. V.; ZAPONI, J. R. C. **Coleta Seletiva de Papel em Suape: Uma Questão de Responsabilidade Socioambiental através da Educação Ambiental.** In: I Colóquio de Tecnologia Ambiental e Biodiversidade - III Encontro de Pós Graduação do ITEP OS, 2013, Recife. Livro de Resumo, 2013. ISBN - 978.85.64942.44.8.
- COSTA, Y. N. P. **Análise Ambiental acerca dos Resíduos Eletroeletrônicos: uma revisão da literatura.** Recife, 2013. 35f. Monografia (Engenharia Ambiental) – Centro Universitário Mauricio de Nassau.
- DULLIUS, T. L. **Análise da Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos em Assistências Técnicas na Cidade de Lajedo – RS,** 2015. 97f. Monografia (Engenharia Ambiental) - CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES.
- 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.
- INSTITUTO BUTANTAN. Guia Prático: **Descarte de Resíduos no Instituto Butantan.** 2013. São Paulo. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/210987656/Guia-Pratico-Descarte-Residuos-Final>>. Acesso em: abril de 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. [organizado por] **Métodos de pesquisa. Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS.** – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GONSALES, A. D.; TOLFO, C. S.; BUCHMANN, E. G. **Reaproveitamento dos Resíduos Eletrônicos do IFRS Câmpus Porto Alegre.** Viver IFRS, ano 3, n 3, 2015.

LEME; P. S.; MARTINS, J. L. G.; BRANDAO, D. **Guia pratico para minimização e gerenciamento de resíduos. USP - São Carlos.** 80 f. 2012.

MURTA, A. L. S.; MAIA, D. Diretrizes Básicas para o Fluxo Reverso de Resíduos do Porto Do Rio De Janeiro. **Sustainable Business Internacional Journal – SBIJ**, n 31, 2013.

NOVO PLANO DIRETOR DE SUAPE - 2030. 2011.

PERNAMBUCO (2013). DECRETO Nº 39.036, DE 2 DE JANEIRO DE 2013. Dispõe sobre as normas gerais relativas ao leilão, realizado pela Secretaria de Administração do Estado, para a alienação de bens inservíveis, apreendidos ou abandonados. Disponível em: <<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=6&numero=39036&complemento=0&ano=2013&tipo=&url=>>. Acesso em: maio de 2016.

PERNAMBUCO (2006). **LEI Nº 13.047**, DE 26 DE JUNHO DE 2006. Dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação da coleta seletiva de lixo nos condomínios residenciais e comerciais, nos estabelecimentos comerciais e industriais e órgãos públicos federais, estaduais e municipais no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Disponível em: <<http://legis.alepe.pe.gov.br/arquivoTexto.aspx?tiponorma=1&numero=13047&complemento=0&ano=2006&tipo=>>. Acesso em: maio de 2016.

REIDLER, N. M. V. L. **Resíduos de Equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para gestão integrada.** 210f. 2012. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública – São Paulo.

RELATÓRIO TÉCNICO PRÊMIO TOP SOCIOAMBIENTAL E DE RH, ADVB PE/2013.

Programa de Educação Ambiental Suape- Projeto Pedagogia Ambiental - Evolução e Avanços 2010 -2012. 2013. 64p.

RELATÓRIO DO PRÊMIO BENCHMARKING BRASIL. Programa de Educação Ambiental/PEA – Projeto Pedagogia Ambiental/PPA 2010 a 2013. 2014.

RODRIGUES, A. C.; GUNTHER, W. M. R.; BOSCOV, M. 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.

SANTOS, C. A. F.DOS; NASCIMENTO, L. F. M. DO; NEUTZLING, D. M. A Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e as Consequências para a Sustentabilidade: As Práticas de Descarte dos Usuários Organizacionais. *Revista Capital Científico – Eletrônica (RCCe)* - Paraná., v 12, n.1, p. 78-96, 2014.

SECRETARIA EXECUTIVA DA REDE NOSSA SÃO PAULO. Guia para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros de forma efetiva e inclusiva. 2013. Disponível em: <<http://www.cidadessustentaveis.org.br/residuos>>. Acesso em: abril de 2016.

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco**. 303 f. 2012.

SILVA, L. A. A.; PIMENTA, H. C. D.; CAMPOS, L. M. S.. Logística Reversa dos Resíduos Eletrônicos do Setor de Informática: Realidade, Perspectivas e Desafios na Cidade do Natal-RN. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.13, n. 2, p. 544-576, 2013.

SUAPE. Porto de Suape – origem e localização Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/institucional/institucional.php>> Acesso em abril de 2016.

WORTHEN, B. R et al. In: STAKE, R. E. Coleta, **Análise e Interpretações de Informações Qualitativas. Avaliação de Programas: concepções e práticas**. São Paulo: Editora Gente, 2004. 730p.

XAVIER, L. H.; LUCENA, L. C.; COSTA, M. D.; XAVIER, V. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: Mapeamento da Logística Reversa de Computadores e Componentes no Brasil. In: 3º Simpósio Ibero-americano de Ingeniería de Residuos, 2010, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

## 2.3. DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DE INSTITUIÇÕES BANCÁRIAS NO MUNICÍPIO DE ARACAJU (SE)

**DANTAS, José Henrique Leal**

Graduando  
Grupo de Resíduos Sólidos do Instituto Federal de Sergipe  
jlealdantas@gmail.com

**SOUZA, Taisa Barros de**

Graduanda  
Grupo de Resíduos Sólidos do Instituto Federal de Sergipe  
taisaverde@gmail.com

**VITORINO, Kelma M. Nobre**

Doutora  
Grupo de Resíduos Sólidos do Instituto Federal de Sergipe  
kelma.v@uol.com.br

**MOREIRA, Flávia Dantas**

Mestre  
Grupo de Resíduos Sólidos do Instituto Federal de Sergipe  
flaviaifs@yahoo.com.br

### RESUMO

O trabalho analisou as formas de descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), a existência de políticas ambientais em instituições bancárias e a investigação sobre a existência de uma logística reversa de pós-consumo, no município de Aracaju-SE, visando o cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os bancos são considerados potenciais geradores deste tipo de resíduo, pois tem como principais instrumentos de trabalho itens eletrônicos e de informática, que apresentam alto risco de contaminação ambiental, se descartados incorretamente. Foi realizada a pesquisa bibliográfica e trabalho de campo. Como resultado, destacou-se a presença de políticas ambientais nas agências e o conhecimento dos entrevistados com relação à legislação ambiental em vigor, entretanto, considera-se incipientes a verificação de procedimentos específicos para o recolhimento de equipamentos eletroeletrônicos, necessitando assim, um alinhamento da conduta das instituições bancárias com o que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com relação aos REEE.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Ambiental, Logística Reversa, Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos tempos, principalmente após a revolução industrial, aceleraram os processos de produção e processamento de dados pelas indústrias e setores de bens e serviços, dentre estes encontra-se o setor de bancos. Atualmente grande parte desses serviços são realizados por computadores e seus periféricos, sendo estes equipamentos de tecnologia essenciais à manutenção da velocidade de processamento de dados dentro deste setor que alcança proporções globais.

De acordo com a Febraban (2015), o setor bancário no Brasil no ano de 2014 investiu 21,5 bilhões de reais na área de tecnologia da informação (TI) que foram destinados à modernização dos parques e manutenção da infraestrutura instalada, sendo este valor referente a 18% do total de investimentos em TI, pelas indústrias do país. A Tecnologia da Informação (TI) pode ser compreendida segundo Resende (2002, p.43) como “o conjunto dos recursos tecnológicos e computacionais para guarda de dados, geração e uso da informação e de conhecimentos”.

Além da preocupação com a qualidade dos serviços prestados as empresas têm se preocupado com a questão ambiental e como isso interfere direta ou indiretamente em seu relacionamento com seus clientes. Nos últimos anos, devido aos grandes desastres ambientais ocorridos e a crescente poluição e comprometimento dos recursos naturais ao redor do globo, as questões ambientais estão sendo tratadas com mais relevância e seriedade pela sociedade. Com isto os termos “sustentável” ou “ecologicamente correto” estão sendo cada vez mais adotados e empregados nas campanhas de publicidade das mais diversas empresas, a fim de oferecerem um serviço diferenciado aos seus consumidores. Com a otimização de suas estruturas tecnológicas os bancos têm transmitidos aos seus clientes uma imagem de sustentabilidade seja ela por exemplo, pela redução no uso do papel, ou pelo incentivo e investimentos em projetos socioambientais.

Entretanto, com o grande consumo de equipamentos tecnológicos por este setor, é natural ocorrer uma maior geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e a má gestão desse tipo de resíduo pode gerar impactos negativos ao meio ambiente.

O impacto ambiental é definido como qualquer alteração no meio ambiente natural ou em algum de seus elementos motivadas por ações ou atividades antrópicas, que devem ser qualificadas em positivas ou negativas, de maior ou menor proporção (FIORILLO, 2013).

Os REEE são citados na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no capítulo que trata da responsabilidade compartilhada dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. A Lei Federal estabelece o sistema de logística reversa (SLR) como uma ferramenta de gestão para os mesmos (BRASIL, 2010).

Tanto a gestão de resíduos como a Logística Reversa são partes integrantes da gestão ambiental. Porém, a gestão de resíduos apresenta especificidades que impactam diretamente a operacionalização dos Sistema de Logística Reversa (SLR). Por isso, um conhecimento aprofundado

das questões relativas à gestão de resíduos é fundamental. Os riscos envolvidos na gestão de resíduos são aspectos chaves para definição da importância e até mesmo do custo de um SLR (XAVIER, 2013).

Em pesquisa no comércio de Aracaju, em lojas especializadas em equipamentos de informática, verificou-se que a preocupação por parte das empresas desse segmento em relação à destinação correta dos equipamentos eletroeletrônicos ainda está longe do ideal, mesmo com as legislações vigentes nas diferentes esferas, as atividades voltadas para essa questão são incipientes. Ressalta-se ainda o interesse de parte dos consumidores pelo descarte dos equipamentos pós-consumo (SILVA *et al*, 2015).

Segundo SANT'ANNA *et al* (2015), no Brasil, apesar do elevado volume de geração dos REEE e da existência da PNRS, não existe um mercado articulado de logística reversa no País.

O presente trabalho buscou identificar os mecanismos de gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) adotados por instituições bancárias tanto do setor público como privado, tendo como área de estudo, a cidade de Aracaju (SE). Como objetivos específicos destaca-se a identificação dos tipos de REEE gerados e formas de destinação adotadas pelas agências bancárias e análise da política de gestão de REEE das instituições bancárias estudadas.

Esta pesquisa tem por finalidade analisar alternativas adotadas para a gestão dos REEE, visando contribuir para a criação de um diagnóstico do atual cenário desta problemática.

## 2.METODOLOGIA

A pesquisa tem caráter exploratório e descritivo, ao apresentar como principal finalidade a identificação de mecanismos de gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em agências bancárias. A partir da coleta de dados, tendo como área de estudo, a cidade de Aracaju-SE, espera-se compreender a gestão de REEE adotada.

O estudo foi realizado de forma indutiva, partindo-se da realidade local para a formulação de hipóteses explicativas e de propostas visando à gestão adequada dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Dentro dos procedimentos metodológicos adotou-se:

- Identificação e seleção das principais instituições bancárias atuantes na cidade de Aracaju (SE) aqui identificadas como A, B, C, D, E, F.

- Levantamento de referências observando o tema proposto da pesquisa;

- Coleta e sistematização dos dados;

- Análise dos dados coletados.



### **2.1. Identificação e seleção das principais instituições bancárias atuantes na cidade de Aracaju (SE)**

A identificação das instituições bancárias para o estudo foi efetuada com base na observação da área de estudo por parte dos pesquisadores. Como critério de seleção foram analisadas e selecionadas as principais agências que apresentaram porte tecnológico para serem consideradas potenciais geradores de REEE. Foram selecionadas 6 agências, sendo duas caracterizadas como públicas federal de economia mista, uma caracterizada como pública estadual, e três caracterizadas como privadas.

### **2.2. Levantamento de referências**

No primeiro momento foi realizado o levantamento de artigos relevantes abordando as práticas de gestão de REEE pelos demais segmentos da cadeia de computadores, indústrias, comércio e consumidores em Aracaju.

Foram realizados, levantamento e análise das políticas de resíduos sólidos com foco em REEE, tanto no âmbito nacional, quanto no âmbito do Estado de Sergipe. Sendo analisada na legislação vigente, a abordagem do conceito e identificados os resíduos contemplados na logística reversa e responsabilidade pós-consumo. Focou-se na importância das Leis estudadas e no desenvolvimento dos sistemas de logística reversa. Também foi realizada pesquisa com relação às práticas de sustentabilidade adotadas pelas instituições bancárias selecionadas para pesquisa e análise de dados sobre o uso de EEE em seus relatórios anuais. Bem como uso de referências de trabalhos relacionados ao tema “gestão de REEE em instituições bancárias”.

### **2.3 Coleta e sistematização dos dados primários**

Como primeira etapa da coleta de dados primários houve aplicação de entrevista semiestruturada aos responsáveis pela gestão de Tecnologia da Informação, bem como os responsáveis pela gestão de Resíduos Sólidos das agências bancárias, com o objetivo de verificar sobre a gestão de REEE pós-consumo. Assim, elaborou-se um questionário como subsídio para a realização das entrevistas. Este modelo visou promover liberdade de resposta pelos respondentes-chave, observando cuidadosamente para que não haja, por parte do entrevistador, qualquer forma de indução ao entrevistado.

A entrevista seguiu algumas recomendações sugeridas por Dantas (2005) como: “as questões deverão ser claras e objetivas, evitar palavras confusas ou termos técnicos e perguntas negativas”. Na elaboração das perguntas houve o cuidado para não direcionar as respostas e também que não fosse refletida a opinião dos pesquisadores segundo recomendado em Guimarães (2014). No primeiro momento durante abordagem para a entrega dos questionários, os gestores, foram informados de que havia um documento a ser assinado, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), esclarecendo sobre a pesquisa e sua decisão de contribuir.

## 3.RESULTADOS

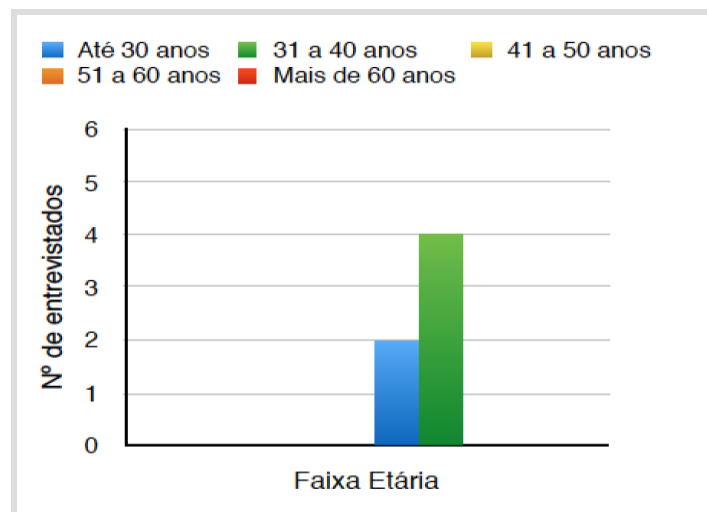
### 3.1 Perfil dos entrevistados

A seguir são apresentados resultados parciais relativos ao perfil dos entrevistados e ao final é realizada uma análise dos mesmos.

#### 3.1.1 Faixa etária e Escolaridade

Um terço dos entrevistados apresentaram idades de até 30 anos, os outros dois terços apresentaram idade entre 31 e 40 anos. Este dado demonstra um equilíbrio, nota-se que a faixa etária, média é de 30 a 40 anos (Figura 1). Apesar da maioria dos entrevistados ter acima de 31 anos, 50% dos entrevistados estão com ensino superior incompleto, e os outros possuem ensino superior concluído.

Figura 1- Faixa Etária dos Entrevistados



Fonte: Produção própria dos autores, 2016.

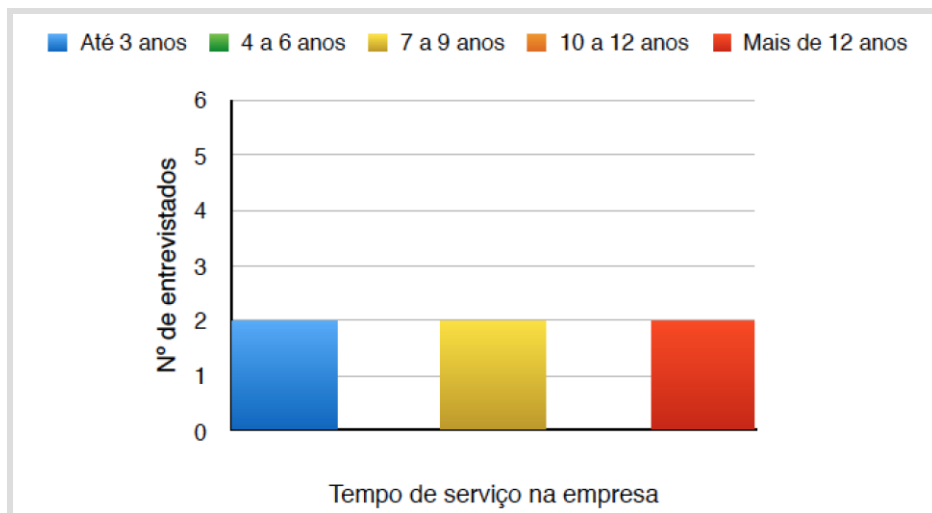
#### 3.1.2 Cargos dos entrevistados

Dois dos entrevistados identificaram-se como “Gerente”, os demais como “Gerente de Infraestrutura de TI”, “Gerente Comercial”, “Assessor”, um gerente identificou-se como “Economiário”. A maioria dos entrevistados indicados pela instituição para responderem sobre a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos ocupavam uma gerência, demonstrando a indicação de cargos estratégicos dentro das instituições.

#### 3.1.3 Tempo de serviço na empresa

Nota-se uma grande diferença no tempo de serviço dentro da empresa por parte dos entrevistados (Figura 2).

Figura 2- Tempo de Serviço dos Entrevistados

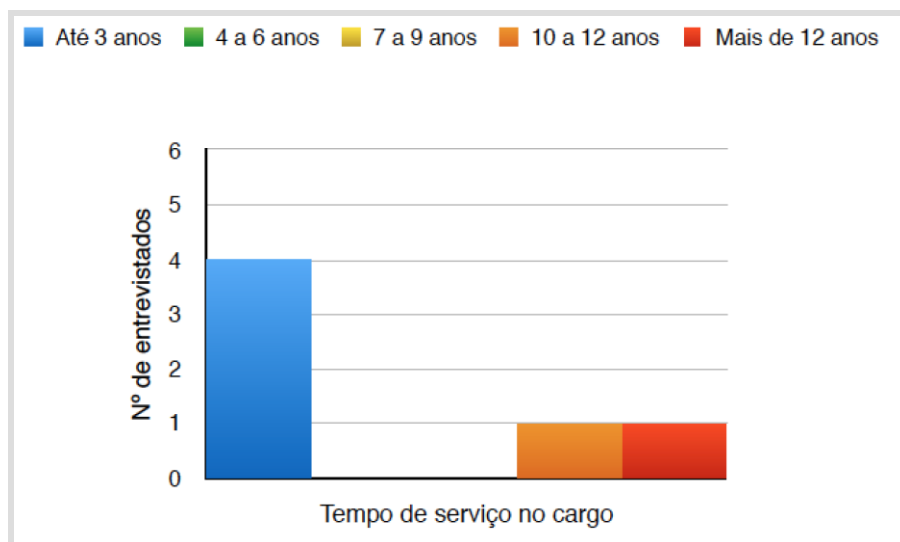


Fonte: Produção própria dos autores, 2016.

### 3.1.4 Tempo de serviço no cargo

Quatro dos entrevistados apresentam até 3 anos de tempo de serviço nos cargos ao qual se identificaram, um entrevistado apresentou 10 a 12 anos e um entrevistado apresentou mais de 12 anos (Figura 3).

Figura 3- Tempo de Serviço no Cargo dos Entrevistados



Fonte: Produção própria dos autores, 2016.

Os dados observados na pesquisa traçam o perfil dos candidatos como adultos com idade média entre 30 e 40 anos, ocupando cargos gerenciais. Com relação ao tempo de empresa, os entrevistados mostraram uma grande diversidade de tempo dentro da empresa, variando entre 3

anos e 12 anos, entretanto os cargos gerenciais foram em sua maior parte ocupados em até 3 anos. Com relação à escolaridade destaca-se que metade dos entrevistados não concluíram o ensino superior.

### 3.2 Gestão dos REEE

O questionário buscou diagnosticar a situação dessas organizações com relação à logística reversa e gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos pós uso. A análise das respostas (Quadro 1) demonstrou resultados complexos, pois apesar de todos os entrevistados pontuarem ter conhecimento a respeito do que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos a maioria não soube responder se suas agências promovem o descarte correto desses resíduos, demonstrando assim uma situação comum dentro do cenário brasileiro, a existência de leis consolidadas que determinam normas para determinada situação, mas não são cumpridas.

Quadro 1: Perguntas feitas aos entrevistados e respectivas respostas contabilizadas

Perguntas	1	2	3	4
10 Os equipamentos de informática desinstalados nesta agência bancária ficam guardados ou armazenados no depósito de materiais ou almoxarifado.	1	1	1	2
11 Os equipamentos de informática desinstalados são descaracterizados e enviados a sucatas locais.	1	1	3	
12 Os equipamentos de informática desinstalados são vendidos a pessoas físicas ou jurídicas.		1	4	
13 Os equipamentos de informática desinstalados são doados à organizações não governamentais (ONG`s)		3	1	1
14 Os equipamentos de informática desinstalados vão para o lixo comum (Coleta publica).			5	
15 Os equipamentos de informática desinstalados são recolhidos pelo banco e enviados a centros de reciclagem adequados.	2	2		1
16 Recebo orientações do Banco sobre como devo proceder para descartar os equipamentos de informática obsoletos que foram desinstalados.	5			
17 Essa instituição possui um controle interno sobre REEE.	2			3

Fonte: Produção própria dos autores, 2016

Sobre o envio desse tipo de resíduos a sucatas locais metade afirmam não adotarem tal prática, entretanto duas das instituições costumam enviar para sucatas locais e outra, sequer soube responder. Tratando-se de uma situação preocupante, pois estes locais provavelmente não possuem licenciamento ambiental e nem condições adequadas de trabalho. Destinando os resíduos a empresas terceirizadas, demonstrando uma falta de integração das instituições a uma prática sócio ambiental adequada, visto que a destinação dos REEE poderia ser direcionada a cooperativas operantes na cidade.

Quatro agências informaram não saber se possuem um controle interno sobre a gestão de REEE. 2 informaram haver esse controle. Com relação a possibilidade da realização de um convênio entre instituição bancária e cooperativas dos REEE gerados, metade dos entrevistados responderam que possuem essa prática, no que diz respeito a comercialização desse material pós uso. Não havendo a prática da doação. Os dados obtidos demonstram que com relação às destinações dos REEE, após o consumo, a totalidade dos entrevistados afirmam que esses materiais não vão para o lixo comum.

Quanto ao recolhimento correto, os dados apontam que 2 das instituições sempre destinam os seus equipamentos eletroeletrônicos após a obsolescência a centros de reciclagem adequados. Os centros de reciclagem adequados são aqueles que possuem capacitação técnica para correta operação, armazenagem e destinação dos resíduos que estão trabalhando. Cinco entrevistados informaram que recebem orientações do Banco com relação ao descarte desses resíduos, o que evidencia que essas informações precisam ser passadas de forma mais consistente, uma vez que a maior parte dos entrevistados dizem receber esse tipo de orientação, deveriam estar cientes da existência ou não de um controle interno relacionado aos REEE produzidos.

Verificou-se que quatro dos entrevistados pontuaram não saber a respeito da existência de um controle interno de REEE. Portanto, caso o descarte realizado nas agências bancárias estudadas fosse feito de forma sistêmica e voltado às normas estabelecidas na PNRS, a destinação adequada desse material resultaria numa boa oportunidade de solidificar a sustentabilidade econômica, que dentre seus conceitos, prega a adoção de práticas voltadas para um melhor aproveitamento dos resíduos gerados através da redução, reaproveitamento e reciclagem, assim gerando uma redução de custos e criando um benefício econômico e ambiental (SEBRAE, 2016).

Quando comparados os resultados da pesquisa com os dados obtidos em um estudo semelhante, realizado por Andrade (2014) com o objetivo principal de verificar a existência de canais de logística reversa de pós-consumo, aplicados aos equipamentos eletrônicos de informática, em quatro agências bancárias, de instituições distintas, na cidade de Campina Grande-PB, percebe-se um resultado distinto do encontrado nesta pesquisa, já que naquele estudo o autor conclui que “pôde-se verificar nas organizações pesquisadas a existência de mecanismos de logística reversa de pós-consumo, aplicada aos equipamentos eletrônicos de informática.”

Pode-se ressaltar que a forma de gerenciamento dos REEE nas agências bancárias do país se dá de forma diversificada a depender da região onde se localizam estas. Mas ao analisar os últimos relatórios anuais nacionais das instituições bancárias que foram estudadas em Aracaju-se.

Percebe-se que em todos eles existem a divulgação de práticas voltadas para a redução dos impactos socioambientais, através de ações que visam eficiência energética, destinação adequada de resíduos, emissões de gases de efeito estufa e práticas de compras gerenciadas de forma permanente, buscando melhorias que vão da redução de custos ao controle sistemático das agressões ao meio ambiente. Entretanto através a observação dos dados obtidos por esta pesquisa, observou-se a ausência de uma gestão efetiva dos REEE nas agências bancárias ao menos da região do município de Aracaju.

#### 4. CONCLUSÕES

O trabalho apresentou uma avaliação sobre o grau de conhecimentos dos entrevistados com relação à legislação ambiental em vigor e a verificação da existência de procedimentos específicos para o recolhimento de equipamentos eletroeletrônicos de acordo com orientações do Banco, o que pode demonstrar uma consciência com relação à responsabilidade da empresa pela destinação destes resíduos.

Das 6, 2 não sabem. E 4 enviam seus REEE para centros de reciclagem adequados, demonstrando uma deficiência no que diz respeito a ações que visem o comprometimento com a destinação final desses materiais que segundo a PNRS é de responsabilidade também do consumidor final.

Algumas empresas estudadas utilizam as sucatas locais para o descarte desses equipamentos, após a descaracterização dos mesmos, uma prática que pode comprometer o meio ambiente, considerando que muitas sucatas aproveitam os componentes que tem valor comercial e descartam aleatoriamente o que não lhes serve, o que pode gerar um impacto ambiental, devido ao fato de alguns dos materiais que compõem equipamentos eletroeletrônicos apresentam potencial de contaminação.

Portanto, com os resultados da pesquisa ficou evidente a necessidade de alinhamento da conduta das instituições bancárias com o que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com relação aos REEE, no qual seria possível a volta desse produto ao ciclo produtivo e a certeza da destinação final adequada para os REEE.

#### REFERÊNCIAS

ANDRADE, Marcos Antonio. **Logística reversa de pós-consumo de equipamentos de Informática em agências bancárias de Campina Grande-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba. 2014.

BRASIL. **Lei Nº 12.305** de 02 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

DANTAS, R. A. **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica**. 2ed. São Paulo: Pini, 2005.

FEBRABAN. aponta consolidação dos meios digitais para as transações financeiras no Brasil em 2014. Disponível em: [https://www.febraban.org.br/Noticias1.asp?id\\_texto=2626](https://www.febraban.org.br/Noticias1.asp?id_texto=2626). Acesso em 17 de Junho de 2015.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 14. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

GUIMARÃES, B. M. **Devolução de computadores pós-consumo no Brasil - Estudo de caso em Aracaju, SE, Brasil**. Instituto Federal de Sergipe, 2014.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, T. M.; BRITO, M. J. de. **A Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil e no Mundo: O Desafio da Desartculação dos Atores**. Revista Sustentabilidade em Debate – Brasília-DF, v. 6, n. 2, p. 88-105, mai/ago 2015.

SILVA, L. S. da; VITORINO, K. M. N.; SANTOS, C. dos. **Logística Inversa de Computadoras y Componentes en el Comercio de Aracaju**. VI REDISA. Costa Rica. 2015.

RESENDE, D. A. **Tecnologia da informação integrada à inteligência empresarial: alinhamento estratégico e análise da prática nas organizações**. São Paulo: Atlas, 2002.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. **Sustentabilidade: desafios e vantagens**. <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/portal/site/Sustentabilidade/menuitem.98c8ec93a7cfda8f73042f20a27fe1ca/vgnnextoid=f39f249ae28e5310VgnVCM1000002af71eacRCRD>. Acesso em 3 de março de 2016.

XAVIER, L. Helena; CÔRREA, H. L. **Sistemas de Logística Reversa: Criando Cadeias de Suprimento**. São Paulo: Atlas, 2013.

## **2.4.IMPLEMENTAÇÃO DE UM PONTO DE COLETA DE RECEBIMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NO MUNICÍPIO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO/PE**

**CABRAL, Rodrigo Ferreira de Deus**

Estudante do curso Técnico em Logística

Pesquisador do Ambisoft – Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), *campus* Cabo de Santo Agostinho  
rcabral756@gmail.com

**MEDEIROS, Lays Maria da Silva**

Estudante do curso Técnico em Logística

Pesquisadora do Ambisoft – Tecnologia e Gestão Ambiental do IFPE, *campus* Cabo de Santo Agostinho  
laysmedeiros34@gmail.com

**PAZ, Diogo Henrique Fernandes da**

MestrePesquisador-líder do Ambisoft – Tecnologia e Gestão Ambiental do IFPE, *campus* Cabo de Santo Agostinho  
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

**FREIRE, José Mário de Lima**

Mestre

Pesquisador do Ambisoft – Tecnologia e Gestão Ambiental do IFPE, *campus* Cabo de Santo Agostinho  
jmario.freire@cabo.ifpe.edu.br

### **RESUMO**

A crescente demanda populacional e a grande oferta tecnológica têm colocado em desuso os aparelhos eletroeletrônicos cada vez mais rápido, ocasionando em grandes volumes de resíduos. Dessa forma, foi implementado no IFPE, *campus* Cabo de Santo Agostinho, um ponto de recebimento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Para isso, foram aplicados questionários junto à comunidade para verificar o nível de conhecimento das pessoas sobre os REEE e conhecimento sobre a importância do descarte correto desses equipamentos. Posteriormente, realizou-se campanhas de arrecadação junto às comunidades interna e externa do *campus*. Verificou-se que os equipamentos mais utilizados pelos moradores são os celulares, e que o tempo médio de vida útil dos equipamentos é de 3 anos, tendo como maior motivo de troca o fato de se tornar um modelo ultrapassado. Ao fim do projeto, foram arrecadados ao todo 1.039 equipamentos e acessórios eletroeletrônicos, que tiveram sua destinação adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** reciclagem, educação, gestão ambiental, logística empresarial.



## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao grande avanço tecnológico, a acessibilidade das pessoas aos equipamentos eletroeletrônicos está sendo mais fácil atualmente, gerando uma grande discussão de como descartar de forma adequada esses equipamentos. A crescente demanda populacional e a grande oferta tecnológica têm colocado em desuso os aparelhos eletroeletrônicos cada vez mais rápido, ocasionando em grandes volumes de resíduos sólidos e conseqüentemente agravando os impactos ao meio ambiente e à saúde humana (JUVITO et al., 2013).

Com a crescente demanda da população por novas tecnologias, além do aumento do poder de compra da população brasileira, o estímulo a compra a crédito e o dólar desvalorizado deixa os equipamentos eletrônicos mais baratos, assim, fica fácil suscitar um incentivo para fabricação e criação dos mais diversos produtos. Esses são os principais motivos que levaram a este crescimento vertiginoso. De acordo com a Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM, 2009), o país gera aproximadamente 679.000 toneladas de REEE por ano entre celulares, TVs, computadores, geladeiras, máquinas de lavar roupa e outros. Para 2030 estima-se uma geração de 2,2 milhões de toneladas de REEE para serem gerenciados adequadamente (CASTRO et al., 2013).

A geração de resíduos perigosos na cadeia de equipamentos eletroeletrônicos é agravada pelo alto nível de toxicidade dos materiais que os compõem, e é resultado direto da redução do ciclo de vida útil e aumento de consumo desses produtos. Alguns fatores colaboram com o aumento na geração de REEE, como (XAVIER et al., 2011):

1. Obsolescência induzida: consiste na substituição de produtos ainda em condições de uso por modelos com melhor desempenho ou design mais atraente;
2. Obsolescência programada: caracteriza-se pela redução do ciclo de vida do produto com função da aplicação de estruturas ou materiais menos resistentes e com menor ciclo de vida.

Com o acúmulo dos REEE nos lixões, ocasionam-se danos à saúde pública e ao meio ambiente, por conter metais pesados, que são altamente nocivos a saúde, como mercúrio, cádmio e chumbo. Dessa forma, provoca-se doenças como osteoporose, câncer de próstata e de pulmão e anemia (TANAUE et al., 2015). Esses resíduos, quando estão bem armazenados, não causam nenhum mal a saúde, porém quando são descartados irregularmente, estando expostos às intempéries no processo de degradação, e quando há contato direto com as pessoas, podem ocasionar várias doenças e poluir o meio ambiente.

Isso se torna um problema para os gestores, de como tratar esses resíduos sem gerar danos ambientais. Desta forma, o Poder Público empenha esforços no desenvolvimento de legislações pertinentes à empresa. Por sua vez, são impelidas a definir seu posicionamento no que tange à logística reversa dos diversos resíduos que geram (GUARNIERI, 2013). Após cerca de 21 anos no Congresso Nacional para ser então sancionada, a lei 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), traz como medida de gestão reduzir os impactos ambientais causados pelo uso exacerbado desses equipamentos que estão cada vez mais obsoletos, integrando-se com a

Resolução nº 257/1999 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que foi alterada pela Resolução nº 401/2008, estabelecendo critérios máximos de chumbo, mercúrio e cádmio para pilhas e baterias.

Um dos instrumentos mais relevantes considerados na PNRS foi a obrigatoriedade da estruturação e implementação de sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, por parte dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Dessa forma, está prevista a gestão compartilhada dos resíduos pós-consumo, instituindo também a responsabilidade compartilhada entre sociedade, governo e setor produtivo pelo ciclo de vida dos produtos. O artigo 33 da PNRS inclui os resíduos eletroeletrônicos e seus componentes como objeto da obrigatoriedade da logística reversa (BRASIL, 2010).

De acordo com Barreto e Alencar (2013), em relação aos comerciantes e distribuidores a responsabilidade se traduz no dever de informar os clientes e consumidores no que tange à logística reversa e sobre os locais onde poderão ser depositados os REE e de que forma esses resíduos serão valorizados. Os importadores de equipamentos eletroeletrônicos também são responsabilizados legalmente pelos REEE. Nesse sentido, segundo Silva *et al.* (2013), a logística reversa se apresenta como alternativa para contornar o acúmulo de resíduos sólidos em aterros, diminuindo a inadequada disposição final e reintroduzindo o material passível de reuso/reciclagem no ciclo produtivo. Se todas as empresas tivessem como política um plano de logística reversa, principalmente no setor de eletroeletrônicos, logo haveriam poucas áreas poluídas e manutenção da qualidade da saúde pública. Para que isso se torne viável, é necessária a participação da comunidade na triagem, coleta e destinação adequada dos REE gerado nas residências.

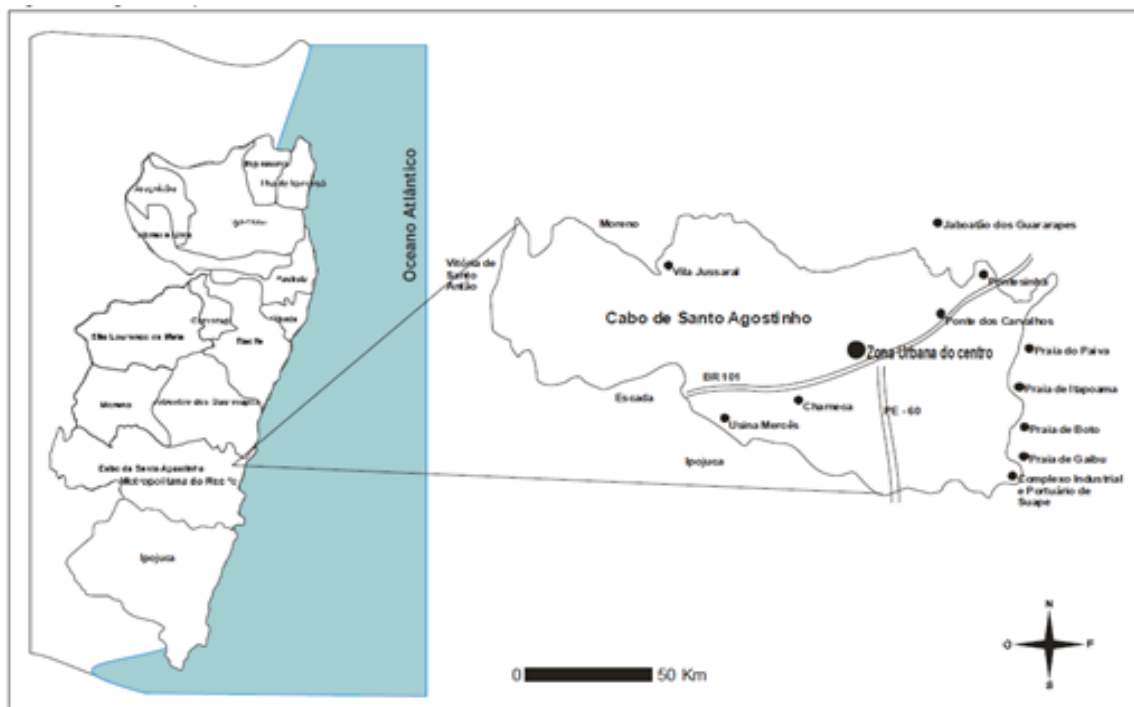
Nesse contexto, entende-se que o sistema de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável, e possui importantes instrumentos como a educação ambiental que, juntos, contribuem para uma gestão adequada dos resíduos (JAHN *et al.*, 2013). Através da utilização das ferramentas de educação ambiental, também previsto na PNRS, será possível melhorar o desempenho da logística reversa. Dessa forma, o objetivo deste artigo é estruturar um sistema de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos no IFPE campus Cabo de Santo Agostinho, a partir da percepção dos moradores da região e comunidade acadêmica.

## 2.METODOLOGIA

Situado na porção sul da Região Metropolitana do Recife, nas coordenadas geográficas de Latitude 8°17' 15" S e Longitude 35° 02' 00" W, distando 30 km da capital, o município do Cabo de Santo Agostinho é um município litorâneo, com a linha da costa voltada para o leste e limita – se ao norte com Moreno e Jaboatão dos Guararapes; ao sul de Ipojuca e Escada; e a oeste com Vitória de Santo Antão (Figura 1). Seu Território, com 451,0 km<sup>2</sup> corresponde a aproximadamente 16,22 do território da RMR, área bem superior á área média de 197,2 km dos 14 municípios metropolitanos. (PREFEITURA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO, 2015). O município está dividido em quatro Distritos:

Cabo, Jussara, Ponte dos Carvalhos, Santo Agostinho (praias); e seis povoados: Pirapama, Usina Bom Jesus, Vila da Liberdade, Utinga de Cima e Compesa-Gurjaú.

Figura 1 - Localização do município do Cabo de Santo Agostinho, PE



Fonte: Bernardo (2006)

Embora os seus distritos centrais Cabo e Ponte dos Carvalhos, estejam estruturados por importante malha rodoferroviária metropolitana, constituindo a principal centralidade urbana microrregião de Suape, (a chamada centralidade da Nucleação Sul Metropolitana), o município mantém traços do seu tradicional perfil rural, um amplo território explorado pela agroindústria da cana-de-açúcar, também referenciado com a Zona da Mata Sul do Estado.

De acordo com Bernardo (2006), em relação à divisão político-administrativa, dos quatro distritos do município, Cabo Sede, Ponte dos Carvalhos, Santo Agostinho e Jussara, a Sede é a área mais importante politicamente. Desempenha a função de centro de decisão e poder, agregado os órgãos institucionais e dando suporte aos distritos nos serviços mais especializados. É lá também onde se concentram os maiores problemas urbanos, com maior contingente populacional (60,3%), cuja maioria, com nível de renda muito baixo, vive em condições precárias de habitabilidade.

Para a análise do comportamento socioambiental, foram aplicados questionários junto à comunidade do município do Cabo de Santo Agostinho, para analisar o nível de conhecimento das pessoas sobre o REEE, e conhecimento sobre a importância do descarte correto desses equipamentos. O presente trabalho foi realizado em um período de oito meses, compreendido entre Março e Outubro de 2015.

Primeiramente, foi realizado um levantamento de dados, por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental, com o intuito de buscar informações em artigos científicos, manuais,

sites oficiais e outros, que tem a função de complementar o conhecimento, dentro do tema da pesquisa.

Posteriormente, foram aplicados 110 questionários semiestruturados e entrevista, composto por 7 questões abertas e 4 fechadas, aos moradores do centro do Cabo de Santo Agostinho, com o objetivo de identificar a percepção de cada morador sobre o manuseio dos resíduos eletroeletrônicos. Os pontos levantados pelo questionário envolviam a problemática do que fazer com o resíduo e se o morador sabe da importância do descarte correto desse material. Do total dos questionários, foram entrevistados 46 Homens (idade média de 33 anos) e 64 mulheres (idade média de 41 anos).

Após análise dos resultados do questionário foram realizadas campanhas de conscientização junto à comunidade interna do IFPE na primeira etapa do projeto (Figura 2). As palestras foram realizadas junto às turmas dos cursos técnicos em Meio Ambiente e Logística. A palestra foi expositiva, apresentando os resultados parciais do projeto, servindo também como divulgação do projeto.

Figura 2 - Palestras realizadas junto à comunidade interna.



Fonte: Os autores (2015)

Posteriormente, foi realizada uma gincana de arrecadação de REEE durante a I Semana de Meio Ambiente do IFPE, evento promovido pela Coordenação do curso Técnico em Meio Ambiente do IFPE *campus* Cabo de Santo Agostinho (Figura 3). Nesta gincana, além dos demais resíduos recicláveis, arrecadou-se pilhas e baterias junto à comunidade externa do IFPE. Os materiais foram recolhidos em residências dos municípios do Cabo, Ipojuca, Escada e Ribeirão.

Para facilitar a entrega de materiais, foi instalado um Ponto de Entrega Voluntária (PEV) no bloco administrativo e na sala dos professores. Outras campanhas de arrecadação foram realizadas nas salas de aula, e todo o material arrecadado foi triado, pesado e destinado de forma adequada, sendo entregue ao Centro Marista Circuito Jovem - Recife (CRC Marista), instituição que recebe resíduos eletroeletrônicos para reaproveitamento e utilizado em atividades de ensino e pesquisa.

Figura 3 - Arrecadação de eletroeletrônicos durante semana de meio ambiente.



Fonte: Os autores (2015)

Figura 4 – Ponto de Entrega Voluntária de resíduos eletroeletrônicos no IFPE, Campus Cabo.



Fonte: Os autores (2015)

### 3.RESULTADOS

Durante as campanhas de conscientização acerca do gerenciamento adequado dos REEE, foram abordados temas como geração de REEE, impactos ambientais do descarte inadequado, alternativas de gerenciamento e logística reversa. Também foram apresentados os resultados parciais do projeto.

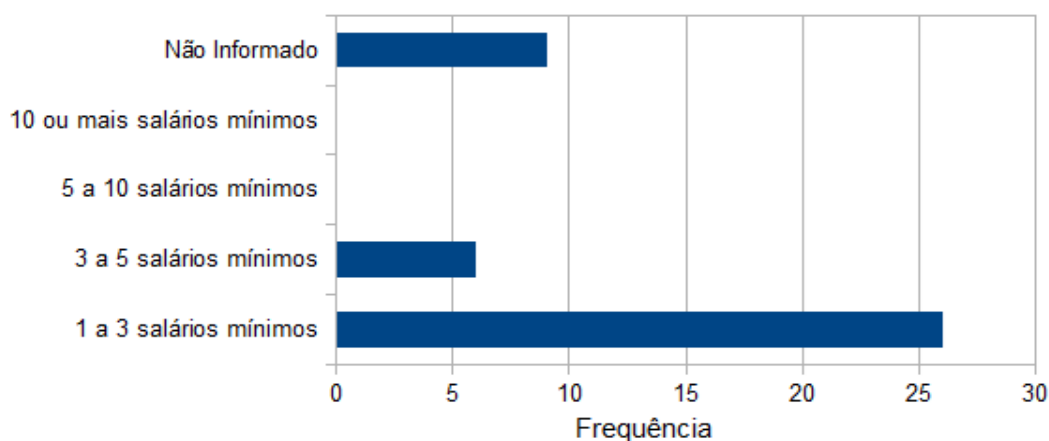
As entrevistas foram realizadas junto aos moradores, selecionados de forma aleatória, de alguns bairros do centro do município do Cabo de Santo Agostinho: Destilaria, Trapiche, Santo Inácio, Vila Roca, Cohab, Centro, Pau Santo, Garapu e Vila Social. A escolha desses bairros se deu pela proximidade ao IFPE, campus Cabo de Santo Agostinho, onde foi instalado um ponto de entrega

voluntária para recebimento de REEE A partir do levantamento dos aspectos socioeconômicos, pode-se avaliar a relação de renda e escolaridade com a forma de gerenciamento dos resíduos eletrônicos.

Identificou-se que a maioria das pessoas possui escolaridade até o Ensino Médio Completo (48%) e Ensino Superior Completo (12%), e com 7% com Ensino Fundamental Completo. Em relação à renda média familiar, 57,5% ganha de 1 a 3 salários mínimos, e 8% de 3 a 5 salários mínimos, conforme mostra a Figura 5. Em relação à profissão, 40% dos moradores são aposentados, com uma idade média de 61 anos. Das pessoas entrevistadas, o tempo de moradia no bairro variou de 19 anos a 89 anos, com uma média de 37 anos.

Quanto à quantidade de moradores nas residências, a variação foi de 1 a 7 moradores, com uma média de 3,7 moradores. Verificou-se que a renda média familiar varia bastante de acordo com o bairro.

Figura 5 - Renda média familiar dos entrevistados.



Fonte: os autores (2015) Em relação à quantidade de equipamentos eletroeletrônicos presente nas casas, 100% dos domicílios possuem televisão, seguido de 98% com celular, 32% com notebook, 59% com computador, e 48% com Tablet. Porém, segundo os entrevistados, os equipamentos mais utilizados são os celulares (90%). A Tabela 1 apresenta a quantidade total de equipamentos existentes nos 110 domicílios entrevistados.

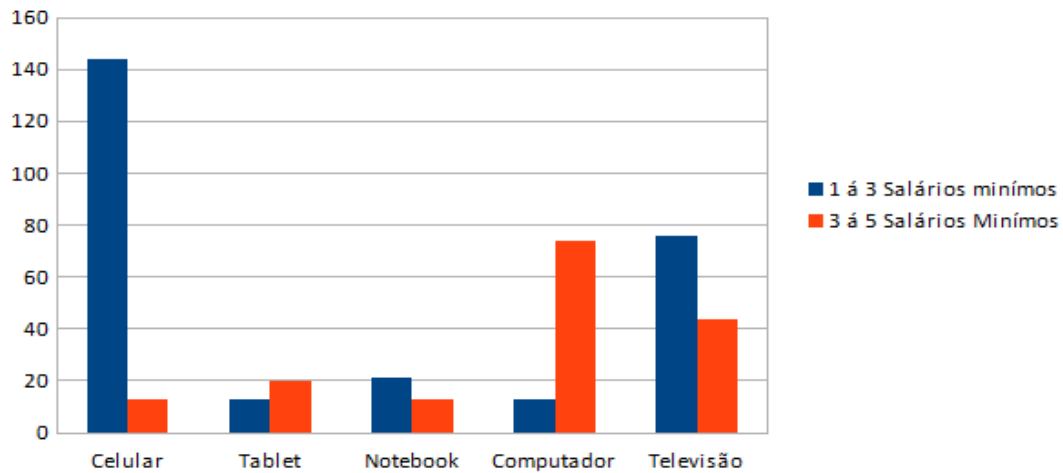
Tabela 1 - Quantidade total de equipamentos nos domicílios entrevistados.

Equipamentos	Frequência	Porcentagem (%)
<b>Celular</b>	283	51,0
<b>Tablet</b>	33	5,9
<b>Notebook</b>	58	10,5
<b>Computador</b>	36	6,5
<b>Televisão</b>	145	26,1
<b>Total</b>	555	100,0

Fonte: Os autores (2015)

Ao correlacionar a quantidade de equipamentos com a renda média familiar, obteve-se que a média da quantidade de celulares para quem recebe 1 a 3 salários mínimos foi de 2,7 celulares, enquanto que para quem recebe 3 a 5 salários mínimos a média foi de 3,3 celulares. Para os notebooks, a média foi de 1 e 2 notebooks, respectivamente. Para a televisão, a média pra quem recebe 1 a 3 salários mínimos foi de 1,8, e para quem recebe 3 a 5 salários mínimos, a média foi de 2,4 televisões. Dessa forma, identificou-se que a renda está totalmente relacionada ao consumo de equipamentos eletroeletrônicos (Figura 6).

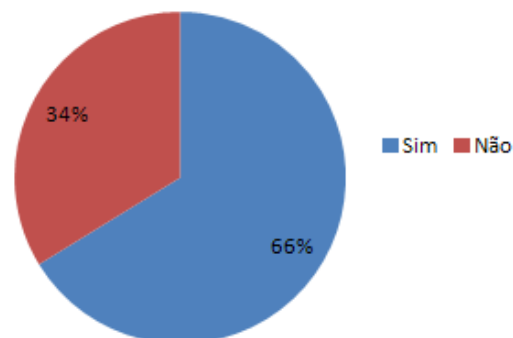
Figura 6 - Relação entre a quantidade de equipamentos e a renda média familiar dos domicílios entrevistados.



Fonte: os autores (2015)

Identificou-se também que 34% dos entrevistados não sabem sobre a importância do gerenciamento adequado dos equipamentos eletroeletrônicos e apenas um entrevistado conhece uma empresa que trabalha com o gerenciamento dos resíduos. Esse fato ficou evidenciado ao identificar que 49% dos moradores descartam os equipamentos no lixo comum, e 39% acumulam em casa (Figura 7).

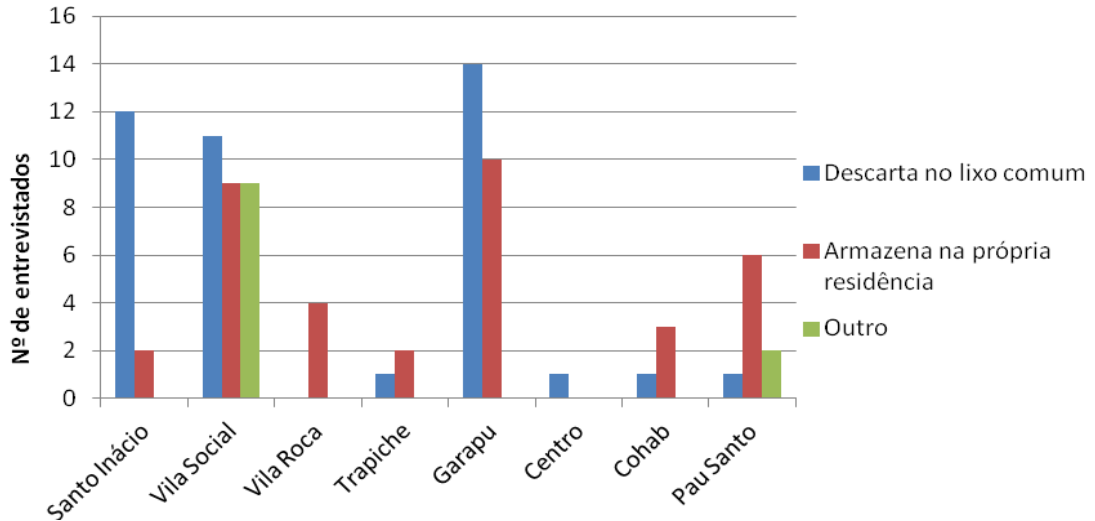
Figura 7 - Conhecimento dos entrevistados acerca do gerenciamento correto dos REEE.



Fonte: os autores (2015)

Realizando-se uma análise por bairro, verificou-se há uma diferença significativa entre os bairros em relação às formas de descarte dos REE, conforme apresenta a Figura 8. Nos bairros de Santo Inácio e Destilaria, a grande maioria dos entrevistados descartam os REEE no lixo comum, enquanto que nos demais bairros a maioria guarda em sua residência.

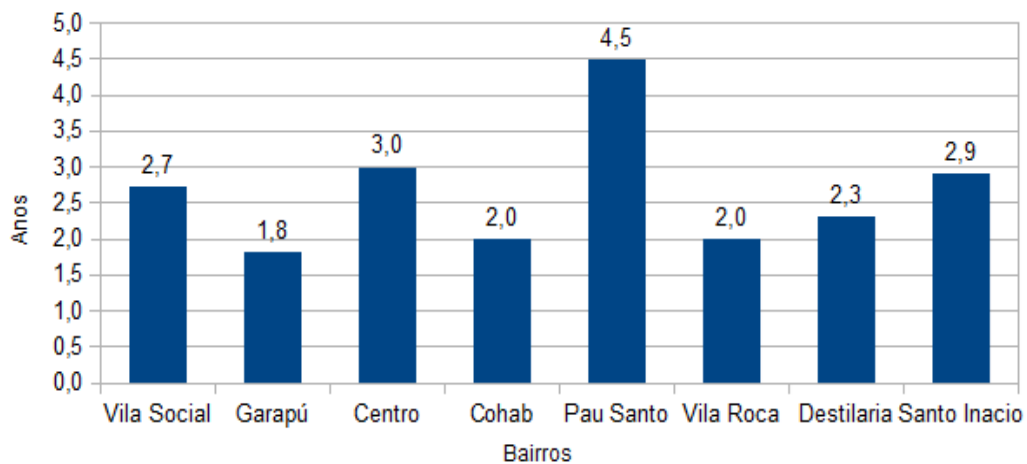
Figura 8 - Forma de descarte dos REEE em cada bairro pesquisado.



Fonte: os autores (2015)

O tempo médio de vida útil dos equipamentos é de 3 anos segundo os moradores, tendo como maior motivo de troca dos equipamentos o fato de se tornar um modelo ultrapassado (52%), enquanto que outra parte só troca quando o equipamento quebra. Ao correlacionar também a renda com o tempo vida útil do aparelho, identificou-se que a média foi de 3,2 anos para quem recebe 1 a 3 salários mínimos, e de 2,8 anos para quem recebe 3 a 5 salários mínimos, mostrando que quanto maior a renda, mais frequente é a troca de equipamentos. A Figura 9 apresenta o tempo de vida útil dos aparelhos para cada bairro pesquisado.

Figura 9 - Tempo de vida útil dos equipamentos em cada bairro pesquisado.





Fonte: os autores (2015)

Os resultados obtidos pelo questionário corroboram com a pesquisa realizada por Trombini e Gomes (2013), que teve como objetivo identificar e analisar aspectos relacionados ao trabalho dos artesãos associados à problemática dos resíduos de equipamentos eletrônicos no contexto socioambiental, bem como sistematizar informações a respeito dos principais impactos sobre a saúde e o meio ambiente que podem ser estendidos e aplicados aos demais segmentos da sociedade envolvidos com o manuseio, reutilização e reciclagem deste tipo de material, onde se verificou um desconhecimento a respeito destes resíduos, o que colabora com o descuido no contato direto por parte dos artesãos, refletindo a prática adotada pelos demais trabalhadores e por toda a população.

Após as campanhas de conscientização e arrecadação de REEE, os resíduos foram pesados e triados de acordo com o tipo de material (Figura 10). A Tabela 3 apresenta o quantitativo de material arrecadado durante todo o projeto. No total, foram arrecadados 1039 equipamentos e acessórios, totalizando 71,55 kg, que foram entregues ao CRC Marista.

Figura 10 – Triagem dos resíduos arrecadados nos Pontos de Entrega Voluntária



Fonte: Os autores (2015)

Tabela 3 - Total de aparelhos e quantidade de REEE arrecadados durante o projeto.

<b>Aparelhos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>KG</b>
<b>Baterias</b>	402	8,3
<b>Pilhas</b>	478	7,2
<b>Celular</b>	34	2,7
<b>TV</b>	02	45
<b>Impressora</b>	01	2,5
<b>Cabo de Dados</b>	06	0,5

<b>Carregador de Celular</b>	07	0,5
<b>Mouse</b>	01	-
<b>Caixa de Som</b>	02	-
<b>Cabo USB</b>	16	-
<b>Carregador de Pilha</b>	02	0,3
<b>Pilha/Bateria</b>	16	1,2
<b>Fone de ouvido</b>	24	0,1
<b>Câmeras Fotográficas</b>	03	0,15
<b>Cronômetro</b>	01	-
<b>Pendrive</b>	01	-
<b>Calculadora</b>	01	-
<b>Receptor</b>	02	1,5
<b>Pilhas de Relógio</b>	20	-
<b>Controle Remoto</b>	09	0,6
<b>TOTAL</b>	<b>1039</b>	<b>71,55</b>

Fonte: Os autores (2015)

#### 4.CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, identificou-se uma significativa correlação entre a renda média familiar e a quantidade de equipamentos comprados pelos entrevistados. Verificou-se que quanto maior a renda, maior é o consumo de equipamentos eletroeletrônicos, tendo como maior motivo a troca por uma versão mais recente.

Verificou-se também que apesar de mais da metade dos entrevistados saberem da importância do gerenciamento correto dos REEE, simplesmente guardam o equipamento em casa ou destina ao lixo comum, o que vai gerar uma série de impactos ambientais, pois não se sabe onde descartar de forma adequada os resíduos no município do Cabo de Santo Agostinho/PE.

Conclui-se que os trabalhos de conscientização e sensibilização comunidade interna e externa do Campus foi de suma importância para que as pessoas tivessem uma maior noção do que esses

equipamentos podem gerar na saúde pública e no meio ambiente, porém ficou evidenciado que é necessário um trabalho de educação ambiental por parte das Instituições de Ensino (IEs) e órgãos públicos quanto ao gerenciamento de REEE, pois muitas pessoas ainda não conhecem os problemas relacionados ao descarte inadequado desses equipamentos.

Além disso, é preciso sensibilizar os mesmos quanto à necessidade de comprar novos equipamentos quando os atuais ainda estão em bom estado de conservação, a chamada Obsolescência Perceptiva, que busca sempre aumentar o consumo, independente das condições equipamento atual.

A partir da implantação do ponto de recebimento de REEE, após o trabalho de conscientização interna e externa do IFPE Campus Cabo de Santo Agostinho, identificou-se uma mudança de comportamento por parte dos entrevistados, pois muitos deles tiveram interesse e entregaram equipamentos no ponto de entrega voluntária, alcançando assim um descarte correto dos equipamentos, de acordo com o que estabelece a PNRS.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, C.A.; ALENCAR, B. **Logística Reversa dos resíduos eletroeletrônicos de computadores na UFPE: Análise da legislação federal.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS, 3,2013, Recife, PE. **Anais...** Recife, PE, 2013. CD- ROM.

BERNARDO, J. **Sustentabilidade Ambiental e Sustentabilidade Social: Os limites e avanços do Programa Coleta Seletiva de Lixo no Município do Cabo de Santo Agostinho, 1998/2004.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

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: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 22 mai. 2015.

CASTRO, M.; SAAVEDRA, M.B.; OMETTO, A.R.; SCHALCH, V. **Contexto atual e proposta de alternativas para a gestão de resíduos eletroeletrônicos no município de São Carlos/SP.** In: Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, 3, 2013. **Anais...** Recife: Porto Digital, 2013. 1 CD-ROM.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 257/1999. **Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequados.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>> Acesso em 25 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 401. **Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico da geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte, 2009.

GUARNIERI, P. **Uma análise da logística reversa de eletroeletrônicos sob o ponto de vista das alternativas de descarte propiciadas ao consumidor final.** In: Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, 3, 2013. Anais... Recife: Porto Digital, 2013.

JAHN, S.L.; JACQUES, E.A.; LEHMANN, A.S. **Análise do comportamento socioambiental dos acadêmicos do curso de graduação em administração de uma instituição de ensino em relação ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos.** In: Fórum Internacional Ecoinnovar, 2, 2013. Anais... Santa Maria, 2013. 1 CD-ROM.

JUVITO, E.; PAIVA, A.; ARCINDO, N.; OLIVEIRA, R. **Uma Análise sobre o descarte dos resíduos eletroeletrônicos numa instituição de ensino superior.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS, 3, 2013, Recife, PE. Anais... Recife, PE, 2013. CD- ROM.

PREFEITURA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO. **Programa Orçamento Participativo.** Disponível em: < <http://www.cabo.pe.gov.br/op.asp>>. Acesso em 19 mai. 2015.

SCHONS, P.C. **O gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos: Um estudo sobre as empresas de informática em São Miguel do Oeste-SC.** E-tech: Tecnologias para competitividade Industrial, v.5, n.1, p. 56-88, 2012.

SILVA, L.A.A. Logística Reversa dos resíduos eletroeletrônicos do setor de informática: Realidade, perspectivas e desafios na cidade do Natal-RN. **Revista Produção Online**, v.13, n.2, p. 544-576, abr./jun., 2013.

TANAUE, A.C.B.; BEZERRA, D.M.; CAVALHEIRO, L.; PISANO, L.C. **Lixo eletrônico: Agravos a saúde e ao meio ambiente.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v.19, n.3, p.130-134, 2015.

TROMBINI, F.; GOMES, O.V.O. **Reaproveitamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – REEE – Uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, 2013, Salvador, BA. Anais..., Salvador, BA, 2013.

XAVIER, L.H.; ZUCCHI, M.A.; COSTA, C.H.A.; CARVALHO, T.C.M.B. **Sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos de equipamentos eletroeletrônicos.** In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2011. Anais... Bauru, SP, 2011. 1 CD-ROM.

## 2.5.IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PAPA-PILHAS: RECOLHIMENTO DE PILHAS E BATERIAS ESGOTADAS NO MUNICÍPIO DE CARUARU/PE

**BRAINER, Sâmara Aline Brito**

Especialista

Supervisora na Escola de Saúde Pública de Pernambuco (Caruaru/ESPPE)  
samara\_aline06@hotmail.com

**DUQUE, Anderson Enio Silva**

Especialista

Supervisor Geral de PNCD- Secretaria de saúde  
(Caruaru/Secretaria Municipal de Saúde)  
andersonenio@hotmail.com

**SOUZA, Gabrielly Laís de Andrade**

Especialista

Docente do Instituto Brasileiro de Tecnologia em Saúde (Caruaru/IBRATS)  
gabriellyLaís18@gmail.com

**LIMA, João Emmanuel Soares de**

Graduado

Coordenador do VIGISOLO, Secretaria de Saúde (Caruaru/Secretaria Municipal de Saúde)  
joao-emmanuel@hotmail.com

### RESUMO

Como se pode contribuir para evitar que pilhas e baterias sejam lançadas no meio ambiente? O objetivo da pesquisa foi implantar um projeto para recolhimento de pilhas e baterias, visando contribuir com a destinação correta do lixo eletrônico em Caruaru-PE e conscientizar as pessoas sobre a importância do descarte correto do lixo eletrônico. A Ação interage com a população através de informações trazidas ao público por meio de ações educacionais nas instituições públicas e privadas onde os coletores do Papa-Pilhas encontram-se. Foram recolhidos todos os tipos de pilhas e baterias portáteis usadas de lanternas, rádios, controles remotos, brinquedos dentre outros e o município se encarregou de encaminhar para o destino correto. Foram coletado um total de 316kg de pilhas e baterias no ano de 2014 e 360kg em 2015. A conscientização é de suma importância, contribuindo com a adequada destinação desses materiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pilhas, Resíduos elétricos e eletrônicos, Educação ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e a utilização de eletroeletrônicos é cada vez mais crescente em nosso País. O uso de telefone celular, aparelhos sonoros, computadores portáteis, brinquedos e diversos outros equipamentos vieram para facilitar a vida, contribuindo para comodidade e praticidade como um todo (PAUL, BERNARDINI, DUMKE, 2012; BARRETO et al., 2015). A mudança de estilo de vida, o crescimento econômico, a busca incessante por inovação no que tange os objetos eletrônicos, o modismo e o desenvolvimento tecnológico trouxe uma série de modificações, inclusive em novos tipos de resíduos, dando origem ao chamando “lixo eletrônico”, trazendo como resultado transformações no meio ambiente, provocando alterações climáticas e grande impacto no ecossistema, além de proporcionar riscos ao organismo humano, podendo causar danos irreversíveis (MARTINS et al., 2014).

Tal avanço acaba levantando uma problemática de caráter socioambiental, no que refere à destinação de pilhas e baterias, onde é possível perceber um déficit de alternativas e ausência de informação da população para que aconteça um descarte adequado desses materiais (PAUL, BERNARDINI, DUMKE, 2012; BREGLES et al., 2014). Vale salientar que os principais componentes de materiais como baterias e pilhas são o chumbo, mercúrio, cádmio, níquel, manganês, zinco, lítio e cobre que são elevadamente tóxicos. Devido o chumbo ser o composto com maior quantidade, acaba sendo responsável pela alta incidência de acidentes e intoxicações, além de poder provocar mudanças nos sistema neurológico e cardíaco (MARTINS et al., 2014; SOUSA, SOUZA., 2015).

No tocante das consequências causadas ao meio ambiente, devido ao descarte dos resquícios eletrônico, em áreas indevidas como no lixo domiciliar, lixo público, entre outros, pode contaminar o solo, as plantas e o lençol freático, pois os metais pesados possuem alta potencialidade corrosiva, bem como seu elevado nível de toxicidade vem afetar a saúde humana (KEMERICH et al., 2012; BARRETO et al., 2015). Nesse contexto, se evidencia uma maior necessidade de ações educativas e de conscientização da sociedade, visando disseminar conhecimento somado a ações práticas de formar singular e coletiva, a fim de reduzir os impactos ambientais e na saúde, desencadeado pela indevida destinação final desses resíduos (KEMERICH et al., 2012; BARRETO et al., 2015).

No Brasil o tema referente à contaminação ambiental ocasionada por estes materiais, só passou a ser cogitada nos anos 90, até então não existia lei específica relacionada sobre o a correta destinação de pilhas e baterias (SILVA et al., 2014). Na atualidade é notória a preocupação do governo, onde este é representado por meio de leis e normatização construídas com a finalidade de proporcionar o correto fim a esses produtos, salientando que a resolução CONAMA Nº 401/2008 apresenta as informações necessárias para o descarte, grande parte da população desconhece a necessidade de descartar os resquícios de forma ambientalmente correta (KEMERICH, et al. 2012; SILVA et al., 2014; LYRIO, CHAVE 2015).

É imprescindível salientar, que as fábricas produtoras desses insumos devem oferecer condições plausíveis para que os consumidores realizem a devolução dos produtos que apresentam seu ciclo de vida finalizado, sendo de responsabilidade da empresa a destinação final, seja com

reuso, desmanche, reciclagem, essa ação é denominada ação reversa pós-consumo, tal medida só vem a favorecer o meio ambiente (SOUSA, SOUZA, 2015).

Como se pode contribuir para evitar que pilhas e baterias sejam lançadas no meio ambiente sem nenhum tratamento? Será que as pessoas conhecem os riscos de se jogar o lixo eletrônico no lixo comum? O presente estudo teve por objetivo implantar um projeto para destinação adequada de pilhas e baterias no município de Caruaru/PE e conscientizar as pessoas sobre a importância do descarte correto do lixo eletrônico

## 2.METODOLOGIA

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico e confeccionado um pré-projeto que foi discutido entre os supervisores, apoiadores e coordenação da vigilância ambiental do município de Caruaru/PE. O município de Caruaru é o mais populoso do interior pernambucano, com aproximadamente 347.088 habitantes e encontra-se a 138 km da Capital Pernambucana. Foram confeccionados panfletos e uma apresentação em slides no programa Power Point 2010, sobre a importância do descarte correto de pilhas e baterias após esgotamento, após essa etapa foram escolhidos os locais de coleta e confeccionado o coletor.

O projeto teve início no mês dezembro de 2013, por meio da equipe do programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (VIGISOLO), através do recolhimento de pilhas e baterias nos pontos de coletas e educação ambiental em 02 escolas. Foram confeccionados 09 coletores que foram distribuídos em 09 instituições públicas e privadas espalhadas no município com maior fluxo de pessoas, como a Secretaria Municipal de Saúde, Secretaria Municipal de Educação, Unidade de Pronto Atendimento (UPA) do Vassoural, Policlínica do Salgado, Hospital Manoel Afonso, Colégio Municipal Álvaro Lins, Centro Administrativo da Prefeitura de Caruaru, Colégio Atual e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

A reciclagem foi feita por uma empresa especializada e licenciada para realizar esse trabalho. A Vigilância em Saúde Ambiental ficou responsável pelos custos da coleta, transporte e destino dos materiais para reciclagem, sendo a empresa especializada (*GM e CLOG*). Interagiu-se com a população, Escolas, Secretarias, Comunidades etc., através de informações visuais, arte educação, palestras e anúncios. Onde se pode irradiar a promoção da sustentabilidade na saúde pública. Por fim os dados foram coletados e tabulados no programa Microsoft Excel 2013 e serão apresentados abaixo por meio de tabela e gráficos.

## 3.RESULTADOS

A Ação Papa-Pilhas recolheu todos os tipos de pilhas e baterias portáteis usadas de lanternas, rádios, controles remotos, relógios, celulares, telefones sem fio, laptops, câmeras digitais, brinquedos e outros aparelhos portáteis e se encarregou de encaminhar para o destino final/correto

destes materiais. “São jogados fora no mundo, anualmente cerca de 50 milhões de toneladas de novos resíduos eletrônicos. No Brasil, são mais de 40 milhões de microcomputadores e de 130 milhões de celulares” (JORGE, 2012)

Este projeto também visou à questão da sensibilização/informação dos discentes, docentes, funcionários de várias instituições e da comunidade por meio de entrega de panfletos (figura1) e palestras. Foram realizadas palestras em duas escolas do município pelo coordenador do VIGISOLO.

Figura 1- Panfleto confeccionado e distribuído para a população



Fonte: VIGISOLO, Caruaru, 2016.

Figura 2- Palestra em Instituição escolar privada

No início da palestra e da distribuição de panfletos se era questionado Como você descarta seu lixo eletrônico? Posterior a resposta dada se começava a trabalhar a sustentabilidade. Pode-se perceber que várias pessoas não imaginavam os inúmeros riscos de se jogar no lixo comum as pilhas e baterias esgotadas, sendo uma prática corriqueira dos mesmos, dados estes que corroboram com a pesquisa de Bregles et al. (2014), reforçando os benefícios desse tipo de estudo para o meio ambiente e para a população. Segundo este mesma pesquisa esse tipo de projeto para discentes do ensino médio teve muita importância visando à conscientização dos mesmos, onde deveria ser mais incentivando no ambiente escolar pelos próprios docentes nas disciplinas de física, química e biologia, visto que ao conhecer os estudantes notou-se um déficit de conhecimento sobre o tema abordado.

Corroborando com a inquietação de vários autores no que trata o destino inadequado dos resquícios eletrônicos, estudos mostram que parte da população quando questionados onde descartavam pilhas que tinha seu ciclo de vida finalizado, maioria relatou despreze-las no lixo comum, seguida de uma pequena parte que armazenava em caixas, queimava ou levava a locais de coleta. (PAUL, BERNARDINI, DUMKE, 2012; KEMERICHET AL., 2012).



Outro estudo mostra a falha no processo ensino aprendizagem, onde dos entrevistados 50% desconheciam totalmente os elementos que compunham as pilhas e baterias, enfatizado o déficit de como são abordados esses assuntos em sala de aula, salientando que a educação é o alicerce para sustentabilidade e que medidas precisam ser tomadas para conscientizar a sociedade atual (JORGE, 2012; SANTOS, ANDRADE, LIMA, 2014).

Dados alarmantes foram demonstrados na pesquisa de Marques, Soares e Barros (2012), onde 87,20% dos entrevistados faziam o descarte erroneamente do lixo eletrônico (lixo comum, na rua), todavia essas mesmas pessoas informaram que se tivesse um local próprio para o descarte desse lixo eles fariam, ou seja, muitas pessoas tem a vontade de contribuir para o meio ambiente todavia necessita de mais atividades educativas e de pontos de coletas de fácil acesso.

O Coletor é diferenciado, como mostra a (figura 3), pois tem uma boa visibilidade, diferenciando-se dos demais, onde através dele, a população tem uma breve conscientização no tocante ao assunto abordado, onde o coletor por ser chamativo e relativamente grande e encontra-se na entrada das instituições mencionadas serve de forma a educar por meio das informações claras e objetivas nele contido as pessoas que adentram nas instituições selecionadas, alcançando diversos tipos de pessoas.

Em uma pesquisa realizada por SIGRIST et al. (2015), os autores utilizaram um coletor diferenciado, com o design altamente chamativo, com o mesmo intuito da presente pesquisa que seria de despertar a atenção de quem passasse pelo local.

Figura 3- Coletor padronizado para arrecadação de pilhas e baterias



FONTE: VIGISOLO, Caruaru, 2016.

Considerando a necessidade de se olhar e se conscientizar a respeito do meio ambiente, visando à sustentabilidade, esta ação visa reduzir a quantidade de pilhas e baterias lançadas erroneamente no meio ambiente. A coleta dos 09 pontos estratégicos era feita mensalmente, especificamente no último dia útil de cada mês, sendo levado para a secretaria municipal de saúde conforme (figura 4), onde eram pesadas e armazenadas em recipientes adequados para

posteriormente serem encaminhados para a empresa especializada, mensalmente após a coleta e a pesagem fazia-se a alimentação de planilhas com o intuito de quantificar o material arrecadado.

A distribuição de vários coletores vem evitar a situação que relata Farias (2012) onde em sua pesquisa, que embora exista o desejo de realizar as medidas ecologicamente corretas por alguns na capital Boavitense, é observado poucas alternativas no que refere – se os pontos de coletas, e quando toma – se partido da existência de um, é abordado a dificuldade de acesso, somada a problemática desse ponto ser localizado distante dos bairros mais populosos.

Diante do contexto é possível observar de acordo com o estudo explorado por Sigrist et al. (2015) a importância de inserir postos de coleta em locais de fácil acesso e de permita uma boa visualização dos frequentadores do ambiente, somado a divulgação desse meios de coletas e seus objetivos em diversos meios de comunicação, para disseminar a ideia e elevar a utilização do posto, e ainda se fazendo indispensável a participação de uma empresa de reciclagem, que permita oferecer, bem como garantir a correta destinação aos resíduos eletrônicos coletados.

Figura 4- Separação das pilhas das baterias para pesagem



FONTE: VIGISOLO, Caruaru, 2016.

Foram coletados um total de 316 kg de pilhas e baterias no ano de 2014 e 360kg em 2015 tendo um aumento de aproximadamente 14% de um ano para outro, conforme a (tabela 1).

Tabela 1- Total de material coletado por ano (Kg).

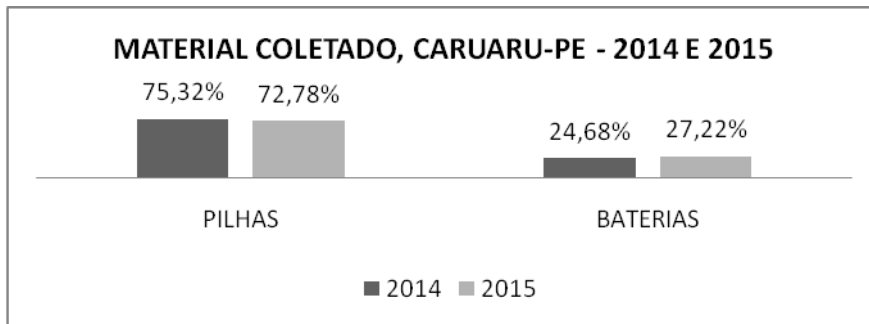
<b>ANO</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Kg</b>	316	360

Fonte: VIGISOLO, 2016.

Ao analisar o gráfico 1 é possível perceber que o produto recolhido em uma quantidade bem superior foi a pilha nos dois anos estudados, no entanto no ano de 2015 este mesmo material teve uma pequena queda no recolhimento, o que não aconteceu com as baterias pois teve um aumento em comparação com o ano anterior, dados estes que mostram o consumismos pois frequentemente as pessoas tem trocado os aparelhos celulares por outros mais modernos. Abaixo (gráfico 2) pode-se observar que dois pontos de coleta se destacaram perante os outros sete pontos coletores, sendo

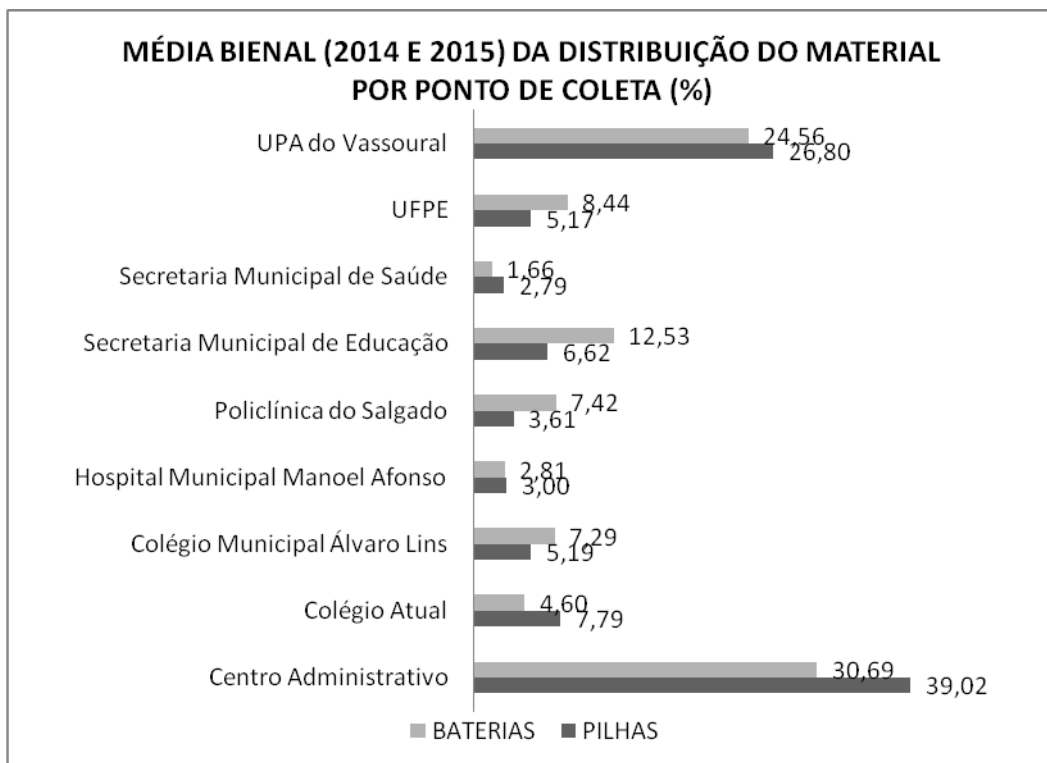
eles o Centro Administrativo que fica no centro da cidade e uma unidade de saúde que é a UPA do Vassoural localizada na região sul do município, tanto para a pilha como para a bateria.

Gráfico 1- Recolhimento de Pilhas e aterias os aos 2014 e 2015



Fonte VIGISOLO, Caruaru, 2016.

Gráfico 2- Recolhimento de Pilhas e baterias por ponto de coleta



Fonte: Projeto VIGISOLO.

É imprescindível orientar, educar e conscientizar as pessoas sobre as diversas repercussões ambientais e físicas a exemplo o câncer, originadas pelo descarte incorreto de pilhas e baterias utilizadas, sendo de responsabilidade de todos que compõem a sociedade, adotar medidas que visem à minimização desses impactos, de forma a buscar alternativas plausíveis. (FARIAS, 2012).

Após os meses estabelecidos o material recolhido foi pesado e encaminhado a empresa especializada (**GM e CLOG**) onde foram desencapadas e seus metais queimados em fornos industriais de alta temperatura, dotados de filtros que impedem a emissão de gases poluentes.

Nesse processo foram obtidos sais e óxidos metálicos, que foram utilizados na indústria de refratários, vidros, tintas, cerâmicas e fogos de artifícios, sem riscos às pessoas e ao ambiente.

O Brasil é a nação caracterizada como maior produtora de lixo eletrônico por pessoa anualmente, essa problemática toma uma proporção drástica quando considerado o déficit de estratégias para lidar com esse fenômeno, trazendo ainda como agravante o descaso das indústrias no concerne o não cumprimento das normas que trata da reciclagem de eletrônicos (ALMEIDA et al., 2015).

Deveria haver o retorno do produto para seus fabricantes, de forma a garantir a destinação esperada, contudo o cumprimento das leis e diretrizes vigentes que propõe a logística reversa é uma utopia. A fiscalização da Lei (PNRS) bem como de programas de educação ambiental nas cidades são relevantes desafios que necessitam ser enfrentados, contudo, a alta complexidade e elevado custo da logística reversa, a pequena quantidade de pesquisa relacionada ao assunto, a acomodação governamental, a pouca conscientização da população, são fatores que só contribuíram a propagação da poluição gerada por esses insumo (ALMEIDA et al., 2015 e PAUL, BERNARDINI, DUMKE, 2012)

#### **4.CONCLUSÕES**

Conscientizar as pessoas sobre a importância do assunto e contribuir com a adequada destinação desses materiais, cujos resíduos tóxicos trazem riscos ao meio ambiente e à saúde humana foi à proposta desse estudo, bem como da secretaria municipal de saúde, especificamente do programa VIGISOLO.

Nota-se o impacto positivo na arrecadação das pilhas e baterias mostrando o reflexo da educação ambiental perante a população, pois de acordo com os resultados ocorreu um aumento de arrecadação do lixo eletrônico neste município de 14% de um ano para outro, vale salientar que os pontos de coletas também começaram a ser mais conhecidos e divulgados perante os usuários o que reflete nesse aumento de arrecadação de 2014 para 2015.

Sendo de suma importância a ampliação da ação, através de parcerias com a sociedade para promoção e apoio ao recolhimento de pilhas e baterias esgotadas no município de Caruaru.

Que esse estudo sirva de modelo para a vigilância ambiental de outros municípios para que através do mesmo se possa mudar as atitudes erradas que até então tem prejudicado exclusivamente o ser humano e a natureza.

## 5.REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.A.; PAPANDREA, P.J.; CARNEVALI, M.; ANDRADE, A.X.; CORREA, F.P.V.; ANDRADE, M.R.M. Destinação Do Lixo Eletrônico: Impactos Ambientais Causados Pelos Resíduos Tecnológicos. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 7, p. 56-72, 2015.
- BARRETO, N.F.; TIMÓTEO, A.S.; PINHO, Y.K.R.; BARRETO, R.V.C.; MOREIRA, A.S.N. Forma de descarte de pilhas e baterias de celulares usadas por moradores do município de Campos dos Goytacazes e consciência ambiental quanto ao descarte adequado. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 9, n.1, p. 195-205, 2015.
- BREGLES, L. P.; SILVA, A.C.; RIBEIRO, T.F.; ROSA, A.S.; SALGADO, T.D.M. Pilhas e baterias: a construção de uma oficina interdisciplinar no PIBID. **Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, v. 1, n. 1, p. 336-337, 2014.
- FARIAS, A.; N.; Z. Pilhas Usadas: Dificuldade No Descarte Adequado No Município De Boa Vista-RR. **Norte Científico**, v. 7, n. 1, p. 151-162, 2013.
- JORGE, A.L.X. Reciclagem do lixo eletrônico no município de Telêmaco Borba. 76 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Telêmaco Borba, 2012.
- LYRIO, C.S.; CHAVES, G.L.D. A legislação efetivamente envolveu os consumidores no descarte adequado de pilhas e baterias? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 222-238, 2015.
- KEMERICH, P.D.C.; MENDES, S.A.; VORPAGEL, T.H.; PIOVESAN, M. Descarte Indevido De Pilhas E Baterias: A Percepção Do Problema No Município De Frederico Westphalen – RS. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.8, n. 8, p. 1680-1688, 2012.
- MARQUES, I. O.; SOARES, R. L.; BARROS, T. D. ESTUDO DE DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS DE CELULAR NO BAIRRO VILA FALCÃO NO MUNICÍPIO DE LÁBREA/AM. **IGAPÓ-Anais de iniciação científica**, v. 3, n. Esp., p. 91-93, 2012.
- MARTINS, A.N.A.; LEITE, C.P.; MARTINS, J.J.A.; SILVA, G.N.; ARAÚJO, G.T. Descarte de pilhas e baterias - A problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNLD 2015 para o conteúdo de eletroquímica. **Revista Verde**, v.9, n. 5, p. 31 - 35, 2014.
- OLIVEIRA, P.S.; LIMA, H.P. Logística reversa do pós-consumo em empresas na zona sul da capital paulista coletoras de pilhas e baterias. **Rev. Gest. Sust. Ambient**, v. 4, n. 2, p. 194-208, out 2015/Mar.2016.
- PAUL, C.R.; BERNARDINI, C.; DUMKE, J.V. Projeto pilhagudo: uma alternativa sustentável para a destinação de pilhas e baterias no município de Agudo/RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n.5, p. 792-796, 2012.
- RUIZ, M.R.; CHRISTOFOLETTI, R.A.; RUIZ, L.I.R.; SILVA, E.L. Desafios para o gerenciamento de pilhas e baterias pós-uso: proposição de projeto de lei sobre o e-lixo na cidade de Rio Claro – SP. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade-GeAS**, v. 1, n. 2, p. 29-50, 2012.
- SANTOS, D. R.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Reflexões sobre a aplicação da Unidade Didática “Descarte de pilhas e baterias” durante o Estágio Supervisionado em Ensino de Química III. **scientia plena**, v. 10, n. 08, p. 1-10, 2014.

SIGRIST,C.S.L.; FONSECA, L.F.B.; VEIGA, J.M.; PAIVA, J.M.F.; MORIS, V.A.S. Desenvolvimento De PontoDe Coleta De Resíduos Eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, v. 19, n.2, p. 1423-1438, 2015.

SILVA, A.; GUMERSINDO, D.; MECENAS,J.; RAMOS, V.; ARAUJO,P.J.P. Reutilização do lixo eletrônico da universidade Tiradentes.**Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas Unit**, v. 2, n.1, p. 63-70, 2014.

SOUSA, F. E. S.; SOUZA, F. A. F. diagnóstico sobre o destino de pilhas e baterias no município de Bonito de Santa Fé, PARAÍBA. **Revista Práxis: saberes da extensão**, v. 3, n. 4, p. 34-44, 2015.

## 2.6.LIXO ELETRÔNICO ARRECADADO NOS ANOS 2014 E 2015 EM MUNICÍPIOS DO AGRESTE E DO SERTÃO DE PERNAMBUCO

**LOPES, Luzia Marcela Magalhães**

Técnica em Eletrotécnica  
Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Pesqueira-PE  
marcelalopes.2@hotmail.com

**CABRAL, Caio Alves**

Técnico em Eletrotécnica  
IFPEI  
caioalves.cabral@hotmail.com

**OLIVEIRA, Bruno Gomes Moura de**

Doutor em Engenharia Elétrica  
IFPEI  
bruno@pesqueira.ifpe.edu.br

**REDRIGUES, Aniele de Lima**

Técnica em Eletrotécnica  
IFPE  
anielelr@outlook.com

### RESUMO

As ações e os resultados dos Projetos de Extensão “Tratamento do Lixo Eletrônico no Município de Pesqueira e Região” e “Rede de Tratamento de Lixo Eletrônico no Agreste Pernambucano”, desenvolvidos por membros do IFPE *Campus* Pesqueira, nos anos de 2014 e 2015, respectivamente, são apresentados e discutidos. Foram realizadas campanhas de conscientização e arrecadação de lixo eletrônico em que mais de nove toneladas de sucata tecnológica foram coletadas. Parte do material arrecadado (componentes eletroeletrônicos, cabos e fios, conectores, motores e transformadores) reabasteceu os laboratórios didáticos do *Campus*. O restante do material foi encaminhado para empresas de tratamento de lixo eletrônico, dando assim, um destino ambientalmente correto ao material arrecadado. Com a realização dessas campanhas, foi possível levantar o perfil do lixo eletrônico de Pesqueira-PE e região e planejar ações futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação ambiental, logística reversa, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo visa dar publicidade às ações e resultados dos Projetos de Extensão intitulados “Tratamento do Lixo Eletrônico no Município de Pesqueira e Região” e “Rede de Tratamento de Lixo Eletrônico no Agreste Pernambucano”, desenvolvidos com base nas temáticas de Educação Ambiental e Tratamento de Resíduos Eletroeletrônicos nos anos de 2014 e 2015, respectivamente. A equipe de execução foi composta por um Professor, coordenador dos Projetos e orientador dos alunos bolsistas, e por dois discentes do curso Técnico de Eletrotécnica, alunos bolsistas, todos vinculados ao IFPE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco) *Campus* Pesqueira.

As ações dos Projetos atingiram os municípios de Pesqueira, Alagoinha, Venturosa, Sanharó, Poção, Belo Jardim, Caruaru (todos do agreste pernambucano) e Arcoverde (localizado no sertão pernambucano). Em 2014, as ações ficaram centradas na realização de campanhas de conscientização e arrecadação de lixo eletrônico junto às comunidades interna e externa do IFPE *Campus* Pesqueira. Como resultado dessas campanhas, mais de 9 (nove) toneladas de materiais foram coletadas. Parte do material arrecadado foi triada e selecionada para reabastecer os laboratórios didáticos de Eletrotécnica, Eletroeletrônica, Eletrônica, Física, Química e Informática do *Campus*. A outra parte não selecionada foi encaminhada para empresas de tratamento de lixo eletrônico, dando um destino ambientalmente correto para a sucata eletroeletrônica arrecadada. Um ponto fixo de coleta de lixo eletrônico foi instalado no pátio da cantina (espaço de convivência) do *Campus*, ao lado dos recipientes de coleta seletiva. Em 2015, as ações foram direcionadas à conscientização das comunidades externas ao Campus e ao incentivo de realização de coletas por parceiros dos Projetos. Nesse ano de 2015, o *Campus* atuou como um agente articulador entre os “geradores” e os “coletores” de lixo eletrônico.

Com a realização dessas campanhas de conscientização e coleta de lixo eletrônico, foi possível levantar o perfil do lixo eletrônico de Pesqueira-PE e região e planejar ações futuras. Ações estas que já se encontram em desenvolvimento em Pesqueira-PE e cidades da região neste ano de 2016.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Revolução Industrial se constituiu num dos capítulos mais importantes da história da humanidade. A produção em série aumentou a oferta de bens de consumo (MOCELLIN, 2005). A partir de 1760 a Revolução Industrial tornou possível àquela época a produção de bens em larga escala. Passou-se do trabalho artesanal para a produção de máquinas a vapor, o que acarretou profundas transformações sociais e econômicas (MANO et al, 2005). No decorrer do século XX, a população mundial dobrou de tamanho, porém a quantidade de lixo produzida no mesmo período aumentou numa proporção muito maior. As indústrias evoluíram consideravelmente e hoje fabricam produtos sequer imagináveis em tempos passados. A descoberta de novas tecnologias vem rapidamente tornando ultrapassados modelos e versões de aparelhos e equipamentos utilizados pela humanidade (RODRIGUES e CAVINATTO, 2003).



Vivemos na era da modernidade, em um tempo onde a tecnologia facilita atividades rotineiras e propicia melhores condições de vida. A evolução dos computadores, a integração das pessoas em rede diminuindo o espaço físico, a constituição de sistemas inteligentes, as telecomunicações por satélites, dentre outras especializações da área de TI (Tecnologia da Informação) proporcionam maior flexibilidade na atuação pessoal e profissional dos indivíduos. A utilização inconsciente e incorreta da tecnologia pode gerar várias consequências, sendo uma delas, o lixo eletrônico, que, com seus componentes químicos, causa poluição ao meio ambiente e danos à saúde (FERREIRA e FERREIRA, 2008).

Incentivados pelo capitalismo e diante de tantas propagandas que motivam o consumo exagerado, a população tornou-se consumista. Todos os dias, milhares de aparelhos e equipamentos eletrônicos são substituídos, pois se tornaram obsoletos aos olhos de seus donos. Isso acontece devido à velocidade com que novos aparelhos são lançados e novas tecnologias surgem, num processo planejado chamado de logística direta. A logística direta pode ser definida como a maneira de se obter melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, por intermédio de planejamento, organização e controle efetivo para atividades de movimentação e armazenagem visando facilitar o fluxo de produtos (MOI et al., 2011). Isso por sua vez é o que motiva o consumidor a substituir seu bem, na maioria das vezes ainda funcionando, por novos, contribuindo para o aumento do chamado lixo eletrônico.

Lixo eletrônico é todo resíduo material produzido pelo descarte de equipamentos eletroeletrônicos. Em outras palavras, entende-se por lixo eletrônico equipamentos ou partes de equipamentos defeituosos ou obsoletos que não atendem mais de forma satisfatória suas finalidades (MIGUEZ, 2010). O lixo eletrônico também é conhecido por Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), lixo eletroeletrônico, e-lixo, lixo tecnológico, ou ainda, sucata tecnológica. Em inglês, é muito comum o termo WEEE (*Waste of Electrical and Electronic Equipment*) para se referir ao lixo eletrônico (WANG et al., 2012). Exemplos de lixo eletrônico são: equipamentos eletrônicos, eletroeletrônicos e de informática avariados ou obsoletos; eletrodomésticos quebrados; pilhas e baterias gastas; lâmpadas fluorescentes queimadas ou quebradas.

A gestão ambiental de resíduos é uma questão de significativa complexidade por abranger aspectos relacionados ao saneamento, heranças socioculturais, condição econômica da população, nível de educação, bem como os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes de diferentes interações. Em um recorte da questão dos resíduos sólidos, a gestão de REEE, tem ganhado relevância nos últimos anos em todo o mundo. Enquanto na Comunidade Europeia, ainda no início dos anos 1990, a tônica da discussão remetia aos impactos do chumbo na saúde humana, o que resultou no banimento desse elemento na produção de equipamentos eletroeletrônicos; no Brasil, as discussões apontam ainda para o papel dos catadores nessa cadeia e, conseqüentemente, na renda e nos empregos gerados a partir da gestão desses materiais. O Brasil tem importância internacional como mercado expressivo para os equipamentos eletroeletrônicos, sendo o estado de Pernambuco o que mais tem se destacado economicamente no Nordeste (XAVIER et al., 2014).

O lixo eletrônico é hoje um grande problema mundial, milhões de toneladas desse lixo são produzidas por ano em todo o planeta. O problema dessa grande quantidade é que se necessita de uma demanda maior de matéria prima. Por exemplo, na fabricação de um computador pessoal (PC)

usa-se 240 kg de combustível fóssil, 22 kg de produtos químicos e 1500 kg de água. A quantidade de combustível fóssil utilizada para produzir um computador, por exemplo, é cerca de nove vezes o peso do computador. Com o crescimento das vendas de eletroeletrônicos e a rápida evolução tecnológica temos dois problemas (FERREIRA et al., 2010): primeiro um problema ambiental, pois os eletrônicos são constituídos de metais pesados que se descartados no meio ambiente podem acarretar sérios problemas, inclusive para a população; segundo, falta de matéria prima, com a produção de eletroeletrônicos em alta, necessita-se de cada vez mais matéria prima.

Esse problema existe em diversos países e já está sendo bastante discutido em todo o mundo, fazendo com que os países deem mais destaque a esse assunto (LEE e SUNDIN, 2012; YU e SOLVANG, 2013). Projetos e legislação específica estão sendo pensados nesse sentido. Uma alternativa viável para minimizar ou até mesmo aniquilar os danos provocados pelo lixo eletrônico é a reciclagem de seus componentes. A reciclagem consiste em um conjunto de atividades (como coleta, seleção e processamento) que têm o objetivo de aproveitar os detritos e reutilizá-los no ciclo de produção do qual saíram. Tais detritos serão reutilizados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.

Essa reutilização é chamada de logística reversa, termo que se caracteriza pelo retorno de produtos defeituosos ou obsoletos do ponto de consumo até o ponto de origem, que pode ser o fabricante original do bem ou outra empresa que reuse ou reprocessa o bem (PEREIRA et al., 2011). Tornando a produção um ciclo, onde os produtos são encaminhados para o consumidor e devolvidos por eles aos fabricantes que recebem os produtos e reintegram estes à produção. Diferentemente da logística direta que deve ser representada como uma linha reta.

A logística reversa de produtos eletrônicos visa à recuperação dos mesmos, buscando evitar o despejo destes materiais em aterros comuns ou, até mesmo, em lixões informais (XIA et al., 2015). Esse descarte impróprio gera um aumento da poluição ambiental, seja por meio de queimadas, jogando substâncias tóxicas no ar, seja por intermédio da contaminação dos lençóis freáticos, pela infiltração destas substâncias tóxicas no solo (LI et al., 2013). O que a logística reversa busca é recuperar estes produtos e lhes agregar valor. Essa recuperação de valor pode se dar das seguintes maneiras: reuso, reprocessamento, aproveitamento de partes e componentes, reciclagem e, por fim, o descarte adequado.

Hoje no Brasil já está em vigor a Lei 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada pela Presidência da República no começo de agosto de 2010 que reúne os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações que serão adotados pela União, Estados e Municípios visando à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). Esta política demorou muito tempo para ser aprovada, cerca de 20 anos, o que gerava uma grande lacuna na legislação brasileira para tratamento de resíduos sólidos principalmente no que diz respeito ao lixo eletrônico. Seguem alguns pontos importantes abordados por essa política: é de responsabilidade dos municípios e do Distrito Federal a gestão dos resíduos sólidos gerados em seus territórios; compete ao gerador do resíduo sólido acondicionar, disponibilizar para a coleta, coletar, dar tratamento e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos; a PNRS dá destaque à logística reversa, afirmando que ela tem por objetivo promover ações para garantir que o fluxo de resíduos sólidos seja direcionado para sua própria cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas; a PNRS proíbe o descarte dos resíduos sólidos nos corpos hídricos e

no solo e proíbe a queima a céu aberto ou em recipientes, desta forma, proíbe também os “lixões”, que deverão deixar de existir; a PNRS insere os catadores de materiais recicláveis nas ações que envolvam o fluxo de resíduos sólidos, desta forma, os catadores podem passar a trabalhar de forma mais legalizada e estruturada em conjunto com todos os agentes atuantes na indústria.

A política nacional de resíduos sólidos, como dito anteriormente, veio para responsabilizar todos os participantes dos processos industriais, como empresas fabricantes, revendedores, governo (em todas as esferas), catadores, recicladores e consumidores. Todas as medidas previstas nessa política visam à preservação ambiental, em consonância com a sustentabilidade dos envolvidos. Esta política cria a possibilidade do desenvolvimento de novos negócios ou de reestruturação de negócios existentes, o mais importante é que esta política seja acompanhada de perto pelas autoridades, para que se possa de fato usufruir de seus benefícios (CARVALHO, 2014).

### 3.METODOLOGIA

No ano de 2014, entidades públicas e privadas (prefeituras, secretarias municipais, escolas, pontos comerciais etc.) foram contatadas pela equipe executora do Projeto de Extensão “Tratamento de Lixo Eletrônico no Município de Pesqueira e Região” com o intuito de fechar parcerias para realização de campanhas de conscientização sobre a importância de destinar corretamente o lixo eletrônico (equipamentos eletrônicos, eletroeletrônicos e de informática; eletrodomésticos; lâmpadas fluorescentes; pilhas e baterias). As campanhas consistiram na distribuição de panfletos e na realização de palestras e debates sobre a importância da reciclagem e da reutilização do lixo eletrônico, alertando sobre os riscos e danos causados pelo seu descarte incorreto, mostrando alternativas ambientalmente apropriadas para estes resíduos, estimulando a prática da educação ambiental. O material gráfico (panfletos) distribuído nessas campanhas apresentou informações sobre o lixo eletrônico, orientações quanto ao seu descarte correto e endereços de *sites* e *blogs* que abordam o tema trabalhado. Por fim, uma grande campanha de conscientização e arrecadação de lixo eletrônico foi realizada no IFPE *Campus* Pesqueira em parceria com o Grêmio Estudantil do *Campus* por meio de uma gincana estudantil. Todo o material arrecadado em 2014 foi categorizado, contado e pesado. O perfil do lixo eletrônico arrecadado em Pesqueira-PE e região nesse ano é apresentado na seção seguinte.

Em 2015, as ações foram direcionadas ao incentivo e apoio aos parceiros dos Projetos para que estes realizassem suas próprias campanhas de coleta de lixo eletrônico. O IFPE *Campus* Pesqueira atuou fortemente como um agente articulador entre os “geradores” e os “coletores” de lixo eletrônico. Mais uma vez todo o material arrecadado pelo *Campus* em 2015 foi categorizado, contado e pesado. O perfil desse material arrecadado nesse ano também é apresentado na seção seguinte.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

No ano de 2014, uma grande campanha de conscientização e arrecadação de lixo eletrônico foi realizada no IFPE *Campus* Pesqueira em parceria com o Grêmio Estudantil do *Campus* por meio de uma gincana estudantil. Os alunos que participaram da gincana trouxeram materiais das zonas urbana e rural dos municípios de Pesqueira, Alagoinha, Venturosa, Poção, Sanharó, Belo Jardim (todos do agreste pernambucano) e Arcoverde (localizado no sertão pernambucano). As Figuras 1 e 2 mostram imagens da campanha de arrecadação e do material coletado em 2014.

Figura 1 - Campanha de arrecadação de lixo eletrônico realizada em parceria com o Grêmio Estudantil do IFPE *Campus* Pesqueira no ano de 2014



Fonte: Acervo do autor.

Figura 2 - Lixo eletrônico arrecadado pelo IFPE *Campus* Pesqueira em 2014



Fonte: Acervo do autor.

O lixo eletrônico arrecadado pelo IFPE *Campus* Pesqueira durante o ano de 2014 foi categorizado, contado e pesado, o resultado é apresentado na Tabela 1. Pode-se observar que a categoria “(14) Pilha/Bateria” correspondeu a 74,16% do total de itens arrecadados que foi de 11.361 unidades, mas representou apenas 1,01% das 9,23 toneladas de material coletado. Enquanto, a categoria “(16) Outros Equipamentos/Placas/Componentes Diversos” foi responsável por 7,08% do total de itens e 7,40% do peso total. Esta categoria é composta por materiais diversos que não estão definidos nas demais categorias.

Tabela 1 – Perfil do lixo eletrônico coletado pelo IFPE *Campus* Pesqueira em 2014

<b>Categoria</b>	<b>Quantidade (unidades)</b>	<b>Quantidade (%)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>(1)CPU/Notebook/ Netbook</b>	214	1,88	749	8,11
<b>(2)Impressora</b>	268	2,36	4.020	43,54
<b>(3)Celular</b>	543	4,78	60	0,65
<b>(4)Câmera Digital</b>	12	0,11	4	0,04
<b>(5)Estabilizador/ Transformador Grande</b>	62	0,55	93	1,01
<b>(6)Liquidificador/ Ventilador/ Batedeira/ Multiprocessador</b>	45	0,4	68	0,74
<b>(7)Aparelho de DVD</b>	58	0,51	58	0,63
<b>(8)Carregador/ Transformador Pequeno</b>	182	1,6	18	0,19
<b>(9)Rádio Portátil</b>	38	0,33	38	0,41
<b>(10)Teclado</b>	199	1,75	90	0,97
<b>(11)Controle Remoto</b>	158	1,39	71	0,77
<b>(12)Player (Mp3, Mp4 etc.)</b>	7	0,06	1	0,01
<b>(13)Mouse</b>	137	1,21	7	0,08
<b>(14)Pilha/Bateria</b>	8.425	74,16	93	1,01
<b>(15)TV Tubo de Imagem/Monitor CRT</b>	209	1,84	3.180	34,44
<b>(16)Outros Equip./ Placas/ Componentes Diversos</b>	804	7,08	683	7,4
<b>TOTAL</b>	<b>11.361 itens</b>	<b>100%</b>	<b>9.233 kg</b>	<b>100%</b>

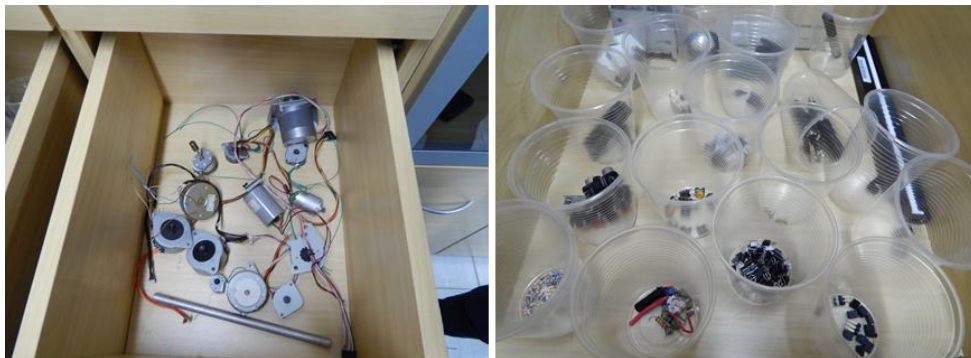
Fonte: Próprio autor.

Ainda na Tabela 1, outra categoria importante com relação ao número de itens foi a denominada “(3) Celular”, que representou 4,78% do total de unidades do lixo eletrônico. Por outro lado, esta categoria só foi responsável por 0,65% do peso total de material arrecadado. Uma grande quantidade de aparelhos celulares encontrados no lixo eletrônico apresentavam bom estado visual e de funcionamento, mas ainda assim, foram descartados como sucata tecnológica.

Seguindo na análise da Tabela 1, com relação ao peso, as duas categorias mais significativas foram as denominadas “(2) Impressora” e “(15) TV Tubo de Imagem/Monitor CRT”, juntas elas foram responsáveis por quase 78% das 9,23 toneladas arrecadadas, ou seja, quase 7,20 toneladas de impressoras, TVs de tubo de imagem e monitores CRT.

Após a coleta do lixo eletrônico, foi realizada uma triagem do material, que consistiu na seleção e identificação de partes e componentes em bom estado para serem reaproveitados em atividades de ensino (aulas teóricas e práticas), pesquisa e extensão realizadas no *Campus*. Essas partes e componentes foram desmontados ou dessoldados, testados, classificados e estocados com a finalidade de reabastecer os laboratórios didáticos de Eletrotécnica, Eletroeletrônica, Eletrônica, Física, Química e Informática do Campus, como pode ser visto nas imagens da Figura 3. Os materiais que não puderam ser reutilizados tiveram uma destinação ambientalmente correta, que consistiu no seu envio para empresas e/ou entidades especializadas na reciclagem de lixo eletrônico.

Figura 3 - Triagem do lixo eletrônico (partes e componentes reaproveitados nos laboratórios didáticos do IFPE *Campus* Pesqueira)



Fonte: Acervo do autor.

Ainda no ano de 2014, um ponto fixo de coleta de lixo eletrônico foi instalado no pátio da cantina (espaço de convivência) do Campus, ao lado dos recipientes de coleta seletiva, como pode ser visto na Figura 4. Esse ponto fixo consiste de duas caixas de madeira, sendo uma para descarte de equipamentos eletrônicos, eletroeletrônicos e de informática avariados ou obsoletos e eletrodomésticos quebrados, a outra caixa para descarte de pilhas e baterias gastas. No ano de 2015, as parcerias já firmadas em 2014 foram reforçadas e novas parcerias foram realizadas com entidades públicas e privadas (prefeituras, secretarias municipais, escolas, faculdades, universidades, *campi* do IFPE, estabelecimentos comerciais etc.) para o desenvolvimento das ações do Projeto de Extensão “Rede de Tratamento de Lixo Eletrônico no Agreste Pernambucano”. Foram realizadas novas campanhas de conscientização sobre a importância de destinar corretamente o lixo eletrônico, assim como novas campanhas de arrecadação de sucata tecnológica, desta vez nas sedes dos parceiros do Projeto. Destaque para os seguintes parceiros: GAMA (Grupo de Gestão Ambiental Avançada) do CAA/UFPE (Campus Agreste da UFPE), localizado no município de Caruaru-PE; Escola Estadual Professor Arruda Marinho, localizada no município de Pesqueira-PE; Secretaria de Meio Ambiente de Pesqueira; Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Sanharó-PE. Algumas imagens das ações desenvolvidas junto aos parceiros GAMA/CAA/UFPE e Escola Prof. Arruda Marinho podem ser vistas nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Figura 4 - Ponto fixo de coleta de lixo eletrônico instalado no pátio da cantina (espaço de convivência) do IFPE *Campus* Pesqueira



Fonte: Acervo do autor.

Figura 5 - Palestra ministrada no CAA/UFPE (Campus Agreste da UFPE) em 2015



Fonte: Acervo do autor.

Figura 6 - Palestra e material arrecadado na Escola Estadual Professor Arruda Marinho localizada em Pesqueira-PE no ano de 2015



Fonte: Acervo do autor.

As caixas fixas de coleta de lixo eletrônico instaladas no *Campus* em 2014 continuaram funcionando e recebendo material durante todo o ano de 2015. O lixo eletrônico arrecadado pelo *Campus* durante o ano de 2015 também foi categorizado, contado e pesado, o resultado pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Perfil do lixo eletrônico coletado pelo IFPE *Campus* Pesqueira em 2015

<b>Categoria</b>	<b>Quantidade (unidades)</b>	<b>Quantidade (%)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
<b>(1)CPU/Notebook/ Netbook</b>	1	0,02	3,50	1,16
<b>(2)Impressora</b>	8	0,19	120,00	39,74
<b>(3)Celular</b>	16	0,38	1,77	0,59
<b>(4)Câmera Digital</b>	1	0,02	0,33	0,11
<b>(5)Estabilizador/ Transformador Grande</b>	15	0,35	22,50	7,45
<b>(6)Liquidificador/ Ventilador/ Batedeira/ Multiprocessador</b>	3	0,07	4,53	1,50
<b>(7)Aparelho de DVD</b>	1	0,02	1,00	0,33
<b>(8)Carregador/ Transformador Pequeno</b>	50	1,18	4,95	1,64
<b>(9)Rádio Portátil</b>	2	0,05	2,00	0,66
<b>(10)Teclado</b>	17	0,40	7,69	2,55
<b>(11)Controle Remoto</b>	7	0,16	3,15	1,04
<b>(12)Player (Mp3, Mp4 etc.)</b>	1	0,02	0,14	0,05
<b>(13)Mouse</b>	26	0,61	1,33	0,44
<b>(14)Pilha/Bateria</b>	4.000	94,16	44,15	14,62
<b>(15)TV Tubo de Imagem/Monitor CRT</b>	0	0,00	0,00	0,00
<b>(16)Outros Equip./ Placas/ Componentes Diversos</b>	100	2,35	84,95	28,13
<b>TOTAL</b>	<b>4.248 itens</b>	<b>100%</b>	<b>302 kg</b>	<b>100%</b>

Fonte: Próprio autor.

Analisando a Tabela 2, pode-se observar que a categoria “(14) Pilha/Bateria” correspondeu a 94,16% do total de itens arrecadados que foi de 4.248 unidades e representou 14,62% dos 302 kg de material coletado. Enquanto, a categoria “(2) Impressora” foi responsável por apenas 0,19% do total de itens e 39,74% do peso total. Outra categoria importante com relação ao número de itens foi a



denominada “(16) Outros Equip./Placas/Componentes Diversos”, que representou apenas 2,35% do total de unidades do lixo eletrônico, em compensação foi responsável por 84,95% do peso total de material arrecadado. Esta última categoria deve ser subdividida em outras categorias para uma análise mais detalhada desses materiais.

Os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2 serviram de subsídio para o planejamento das ações do IFPE *Campus* Pesqueira relativas à temática de tratamento de resíduos eletroeletrônicos no ano de 2016. Esses resultados também irão auxiliar consideravelmente no planejamento e organização de futuras campanhas de conscientização e arrecadação de lixo eletrônico no município de Pesqueira-PE e região com respeito às necessidades logísticas de armazenamento e transporte do material arrecadado. O material que foi arrecadado pelo GAMA/CAA/UFPE em Caruaru-PE em 2015 foi composto essencialmente por pilhas e baterias gastas. Ainda em 2015, O material arrecadado pela Secretaria de Meio Ambiente de Pesqueira-PE foi composto por celulares ultrapassados, pilhas e baterias gastas, eletrodomésticos em desuso e equipamentos de informática danificados. Quanto ao material arrecadado pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Sanharó-PE no mesmo ano (2015), sua composição essencial foi de eletrodomésticos quebrados, principalmente aparelhos de TV de tubo de imagem.

## 5. CONCLUSÕES

Dados e estudos sobre a situação do lixo eletrônico no Agreste Pernambucano são praticamente inexistentes. Nesse sentido, o levantamento do perfil do lixo eletrônico em Pesqueira-PE e região vem ajudar de forma significativa no planejamento de ações futuras relativas à temática. Na campanha de arrecadação realizada no ano de 2014, a única restrição de materiais foram os eletrodomésticos da linha branca (geladeira, micro-ondas, fogão etc.), assim, foi possível realizar nesse ano um levantamento mais fiel da realidade do lixo eletrônico armazenado nas residências e estabelecimentos comerciais de Pesqueira-PE e região. A quantidade de material arrecadado (pouco mais de 9 toneladas) surpreendeu os organizadores da gincana estudantil e os membros da equipe executora do Projeto. Uma sala vazia foi disponibilizada pela Direção Geral do *Campus* para armazenamento e triagem do material arrecadado até que ele fosse coletado pela entidade recicladora de lixo eletrônico.

Outra grande dificuldade que a equipe executora enfrentou em 2014 foi com relação à definição da entidade que realizou a coleta. Nenhuma entidade foi localizada no Agreste Pernambucano, todas localizavam-se na Região Metropolitana do Recife (RMR). Associações, ONGs e Cooperativas foram contatadas, mas nenhuma delas disponibilizava veículo para realizar o transporte do material de Pesqueira-PE até a RMR. O acordo de coleta do material acabou sendo firmado com a empresa Ecodigital, localizada no município do Jaboatão dos Guararapes, que disponibilizou veículo para transportar o material.

No ano de 2015 houve uma significativa redução na quantidade e variedade de material arrecadado pelo *Campus* por três motivos, segundo análise da equipe executora: (1) grande parte do lixo eletrônico armazenado nas residências e estabelecimentos comerciais de Pesqueira-PE e região

foi descartado na campanha de 2014; (2) os parceiros do Projeto realizaram campanhas individuais de arrecadação, sendo assim, apenas os membros da comunidade interna do *Campus* descartaram materiais nos pontos fixos de coleta; (3) restrição de materiais.

A partir do levantamento deste perfil e do contato com entidades públicas e privadas de dentro e de fora da região foi possível criar um cadastro dos agentes do lixo eletrônico. Esses agentes foram categorizados pela equipe executora como: (1) “geradores” – empresas (de informática, gráficas e assistências técnicas) e instituições públicas (prefeituras, secretarias municipais e escolas) potenciais geradoras de lixo eletrônico; (2) “coletores” – associações, ONGs, cooperativas e empresas que realizam coleta, reuso e/ou reciclagem de lixo eletrônico; (3) “autônomos” – empresas que desenvolvem algum projeto ou programa de reuso de lixo eletrônico (alguns bancos) e empresas que vendem itens eletroeletrônicos e aceitam o descarte deles quando obsoletos (lojas de celulares e lojas de baterias automotivas).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Nº 12.305 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), de 2 de agosto de 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 6 de maio de 2016.

CARVALHO, T. C. M. B. e XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Uma Abordagem Prática Para a Sustentabilidade**. Editora ELSEVIER, 2014.

FERREIRA, D. C.; SILVA, J. B. e GALINDO, J. C. S. Reciclagem do e-lixo (ou lixo eletro-eletrônico). **Web-Resol - Instituto para a Democratização de Informações sobre Saneamento Básico e Meio Ambiente**, p.1-6, 2010. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/597.pdf>. Acesso em: 6 de maio de 2016.

FERREIRA, J. M. B. e FERREIRA, A. C. A Sociedade da Informação e o Desafio da Sucata Eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v.III, n.3, p.157-170, 2008. Disponível em: <http://www.sare.anhanguera.com/index.php/rcext/article/view/417/413>. Acesso em: 6 de maio de 2016.

LEE, H. M. e SUNDIN, E. *The Swedish WEEE system — Challenges and recommendations*. **Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)**, v.1, p.1-6. Boston, MA: IEEE, 2012.

LI, Y.; LI, J. e WANG, L. *Recycling of PBDEs Containing Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A Review*. **Proceedings of the 2013 IEEE 10th International Conference on e-Business Engineering (ICEBE)**, v.1, p.407-412. Coventry: IEEE, 2013.

MANO, E. B.; BONELLI, C. M. C.; PACHECO, E. B. A. V. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Blucher, 2005.

MIGUEZ, E. C. **Logística Reversa como Solução para o Problema do Lixo Eletrônico: Benefícios Ambientais e Financeiros**. Editora Qualitymark, 2010.

MOCELLIN, R. **História: Volume único**. 2ª ed. São Paulo: IBEP, 2005.

MOI, P. C. P.; SOUZA, A. P. S.; OLIVEIRA, M. M.; FAITTA, A. C. J.; REZENDE, W. B.; MOI, G. P. e FREIRE, F. A. de L. Lixo Eletrônico: Consequências e Possíveis Soluções. **Web-Resol - Instituto para a Democratização de**

**Informações sobre Saneamento Básico e Meio Ambiente**, p.1-8, 2011. Disponível em: [http://web-resol.org/textos/lixo\\_eletronico.pdf](http://web-resol.org/textos/lixo_eletronico.pdf). Acesso em: 6 de maio de 2016.

PEREIRA, A. L.; BOECHAT, C. B.; TADEU, H. F. B.; SILVA, J. T. M. e CAMPOS, P. M. S. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. Editora Cengage Learning, 2011.

RODRIGUES, F. L. e CAVINATTO, V. M. **Lixo: De onde vem? Para onde vai?** 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

WANG, F.; HUISMAN, J.; BALDÉ, K. e STEVELS, A. *A systematic and compatible classification of WEEE*. **Proceedings of the Electronics Goes Green 2012+(EGG)**, v.1, p.1-6. Berlin: IEEE, 2012.

XAVIER, L. H.; VIEIRA, R.; SOARES, A. D.; MEDEIROS, R. P.; MARTINS, A.; SILVEIRA, M. C. e FERREIRA, P. **Resíduos Eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Recife (RMR): Guia Prático para um Ambiente Sustentável**. Recife: Editora Massangana, 2014.

XIA, K.; GAO, L.; CHAO, K.-M. e WANG, L. *A Cloud-Based Disassembly Planning Approach towards Sustainable Management of WEEE*. **Proceedings of the 2015 IEEE 12th International Conference on e-Business Engineering (ICEBE)**, v.1, p.203-208. Beijing: IEEE, 2015.

YU, H. e SOLVANG, W. D. *A reverse logistics network design model for sustainable treatment of multi-sourced Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*. **Proceedings of the 2013 IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)**, v.1, p.595-600. Budapest: IEEE, 2013.

## **2.7.GERENCIAMENTO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES APÓS PROJETO DE ILUMINAÇÃO LED; CASE DO ESCRITÓRIO DA ACUMULADORES MOURA (RECIFE-PE)**

**MARQUES, Jonathas Fonseca**

Titulação – Engenheiro Civil  
japinhamarques2006@gmail.com

**FONSECA, Andréa Catarina Nascimento da**

Titulação - Graduada  
Local de trabalho – Acumuladores Moura  
cnf.andrea@hotmail.com

**CABRAL NETO, João Pinto**

Titulação – Mestre  
Local de trabalho – Acumuladores Moura  
joao.cabral@grupomoura.com

**NÓBREGA, João Victor Sales**

Titulação – Engenheiro Mecânico  
Local de trabalho – Acumuladores Moura  
joao.victor@grupomoura.com

### **RESUMO**

A Acumuladores Moura através do Programa Moura de Eficiência Energética, realizou um projeto de troca do sistema de iluminação fluorescente por LED. Este trabalho mostra o estudo de caso da implantação do projeto no Escritório Recife da Moura, tendo como foco uma discussão sobre a destinação do material excedente. Para realização do projeto, foi realizado um levantamento através de visita as salas do edifício, observando o quantitativo das lâmpadas existentes por sala, sua disposição e quais tipos e potências. Visando diminuir a quantidade de resíduos gerado pelo projeto dado ao caráter sustentável do mesmo, observou a possibilidade da reutilização ou não do material. As lâmpadas que não possuíam condições de reutilização foram encaminhadas para descarte. Foram reutilizadas aproximadamente 76% das lâmpadas fluorescentes retiradas do Esc. Recife, evitando os gastos com a descarte total das lâmpadas e promovendo benefícios ao meio ambiente dada reutilização em outras unidades da empresa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fluorescente, descarte, iluminação.

## 1. INTRODUÇÃO

O Sol é a fonte primária de iluminação, denominada como iluminação natural, é a forma de luz mais barata e limpa. No entanto, possui seu uso limitado, pois se torna indisponível em algumas partes do dia e varia a sua intensidade. Afim de promover uma extensão de iluminação para os momentos onde o Sol esteja indisponível ou seja insuficiente, o homem buscou através do fogo solucionar esta questão.

O fogo foi por muitos séculos a única fonte de iluminação artificial, através de velas, tochas e lampiões. Apenas a partir de 1879, Thomas Edson criou a primeira lâmpada elétrica comercialmente viável. Um grande avanço para a humanidade, pois possibilitou que a jornada de trabalho aumentasse, aumentando assim a produção e o desenvolvimento econômico. Depois da lâmpada criada por Thomas Edson, muitas outras tecnologias foram criadas e aprimoradas, buscando sempre além da economia de energia a proteção ao meio ambiente.

A motivação da implantação de lâmpadas LED no Escritório Recife da Acumuladores Moura, reside na preocupação com o descarte adequado pós-consumo de lâmpadas fluorescentes sabendo que a maioria das lâmpadas retiradas ainda estariam em bom uso. Haja vista que a Acumuladores Moura possui a sustentabilidade como um dos seus 7 valores presentes na cultura empresarial. A intervenção no sistema de iluminação artificial tem o impacto de em média 20% (GOULART, 2008) no consumo energético de escritórios comerciais. Como projeto piloto, a intenção é o estudo seja replicado nas outras unidades fabris da Moura. Além de, possibilitar um ganho em economia global a longo prazo.

A Acumuladores Moura com o intuito de promover melhorias e conforto para os colaboradores, realizou a implantação de um projeto de Iluminação LED, onde todas as lâmpadas fluorescentes foram substituídas. As lâmpadas fluorescentes foram classificadas entre resíduos e rejeitos e a partir daí foram dadas destinações adequadas e corretas. Este trabalho se limita a analisar as possibilidades de destinação das lâmpadas fluorescentes e reatores excedentes, após implantação do novo sistema de iluminação. Haja vista, que a maioria das lâmpadas retiradas estavam ainda em seu ciclo de vida.

## 2. REFERENCIAL TERÓRICO

### a. Lâmpadas Utilizadas no Mercado

Lâmpadas incandescentes, que baseia seu funcionamento no aquecimento de filamento de tungstênio através da passagem de corrente elétrica. Em torno de 90% da energia consumida é convertida em calor, sendo perdida para o ambiente, e apenas 8% sendo efetivamente luz visível (PINTO, 2008). Por isso, atualmente no mundo inteiro estão sendo conduzidas ações de retirada desse tipo de lâmpadas do mercado. No Brasil, desde o início de 2010, as lâmpadas incandescentes começaram a ser retiradas do mercado, tendo as lâmpadas de 60 W, 100W, 150W e 200W já

retiradas e as de 40W e 25W estão previstas para deixarem de ser comercializadas a partir de 30 de junho de 2016 (EBC,2015).

Lâmpadas fluorescentes, são lâmpadas de vapor de mercúrio de baixa pressão e são constituídas, basicamente de um tubo de vidro transparente, dois eletrodos (um em cada extremidade), uma mistura de gases inertes e uma poeira fosforosa que reveste internamente o tubo. Seu princípio de funcionamento é baseado na passagem de corrente elétrica pela mistura de gás contida em um tubo (PINTO, 2008). Estas lâmpadas emitem a luz de forma multidirecional, num ângulo de 360º, o que acarreta perdas de parte da luz que é jogada para direção oposta à que se deseja iluminar.

Atualmente, a iluminação LED (light emitting diode) é o sistema de iluminação artificial mais avançado em eficiência energética (MARQUES, 2016). Segundo Gonçalves (2011), a diferença existente entre as lâmpadas fluorescentes e LED, é que a segunda não possui um gás responsável pela emissão da luz. Em termos de eficiência luminosa, a lâmpada LED pode ultrapassar 100lm/W contra 50lm/W das fluorescentes, ou seja, dentro de um mesmo ambiente seria necessário usar, aproximadamente, o dobro de lâmpadas (MARQUES,2016). O direcionamento da do feixe de luz das lâmpadas LED possuem ângulos que variam de 20º a 150º, evitando as perdas ocasionadas pelo feixe multidirecional existente na tecnologia das lâmpadas fluorescentes.

Outro fator a favor da tecnologia LED, é o aumento de vida útil, as lâmpadas e luminárias chegam a 50.000 horas de (levando em consideração que a vida útil se encerra quando a luz perde 30% do seu fluxo luminoso inicial), enquanto as fluorescentes funcionam em média 7.000 horas e com maior risco de falha precoce (MARQUES,2016). O descarte das lâmpadas e luminárias LED pode ser em lixo comum e reduzem a zero as emissões de infravermelho e ultravioleta (PHILIPS, 2012). Em crescimento no mercado brasileiros, as LED's já estão sendo comercializadas nos mais variados formatos e a um custo acessível. Aliados ao uso da luz natural, esta tecnologia tem sido o sistema de iluminação quase unanimemente preferidos nas construções sustentáveis atuais (MANKOWER, 2009).

### **b.Legislação Brasileira**

A legislação ambiental brasileira se apresenta nas três esferas de governo (nacional, estadual e municipal). O descarte de lâmpadas que possuem mercúrio não é especificamente determinado nas leis federais, no entanto, existem leis estaduais e municipais que determinam o descarte de produtos que utilizam mercúrio em sua composição.

A Constituição Federal dispõe que, entre outras atribuições, o poder público deverá garantir o direito do povo a ter um meio ambiente conservado e equilibrado e estende o dever de preservação a todos os cidadãos de forma intergeracional. A Constituição confere ao poder público que seja exigido estudos prévios do impacto ambiental de obras que possam, através de sua construção ou atividade desempenhada, degradar o meio ambiente (BRASIL, 1988).

A lei 12.305/10 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determina diretrizes relativas a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, apresenta a responsabiliza os geradores e do poder público e instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL,2010). No artigo 33, obriga produtores de lâmpadas fluorescentes a estruturar implementar um sistema de logística reversa independente do serviço de limpeza público (BRASIL,2010).

A PNRS conceitua o termo “resíduo sólido” como todo material, substância, objeto ou bem é descartado depois do uso, como por exemplo pilhas, baterias, lâmpadas, etc. O temo “rejeito” é conceituado como todo resíduo sólido que não apresenta mais possibilidade de tratamento (recuperação) economicamente viável ou não apresente tecnologia disponível, sendo determinado a disposição final. É importante entender estes conceitos, haja vista que apenas os rejeitos deverão ser dispostos em aterros sanitários (BRASIL,2010).

Convencionalmente, utiliza-se a NBR ISO 8995-1 (ABNT,2013) para projetos e medições luminotécnicas de escritórios comerciais no Brasil. De acordo com a NBR ISO 8995-1, os principais parâmetros que contribuem para o conforto, desempenho e segurança visuais são os seguintes:

- Distribuição da luminância;
- Iluminância;
- Ofuscamento;
- Direcionalidade da luz;
- Aspectos da cor da luz e superfícies;
- Cintilação;
- Luz natural;
- Manutenção.

O escritório comercial estudado nesta pesquisa possui ambientes enquadrados no item 22 da norma (ABNT, 2013), cujas iluminâncias médias recomendadas são as seguintes:

- Arquivamento, cópia, circulação, etc: 300 lux;
- Escrever, teclar, ler, processar dados: 500 lux;
- Desenho técnico: 750 lux;
- Estações de projeto assistido por computador: 500 lux;
- Salas de reunião e conferência: 500 lux;
- Recepção: 300 lux;
- Arquivos: 200 lux

Em Pernambuco, o decreto 23.941/02 que regulamenta a lei 12.008/01, dispõe a respeito das providências a serem tomadas a partir da Política Estadual de Resíduos Sólidos. Esta lei indica a norma 10.004 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) para a classificação dos seus resíduos. A respeito especificamente do descarte de lâmpadas, o artigo 57 proíbe o descarte das lâmpadas em locais impróprios e o artigo 60 determina que os fabricantes e importadores de lâmpadas mercuriais, de sódio ou de luz mista são responsáveis pelo recolhimento e descontaminação de seus produtos. Havendo sanções aos infratores, sendo elas: advertência por escrito, multas, interdição da atividade, entre outras (ABNT, 2004).

### **c. Mercúrio – Propriedades e Impactos**

O mercúrio (Hg) é um metal e é o único líquido em temperatura ambiente, tem aspecto branco prateado, pobre condutor de calor e de eletricidade, forma facilmente ligas (amalgamas) com outros metais como ouro (Au), prata (Ag), estanho (Sn). É denominado perigoso, pois atua de forma cumulativa, sendo facilmente absorvido pelas vias respiratórias, gastrintestinais e pela pele (SOUZA, 2000). O elemento é utilizado em alguns equipamentos e instrumentos de laboratório como termômetros, barômetros, na fabricação de pesticidas, produção de soda cáustica e cloro, odontologia (JESUS, 2010), baterias, como catalisador, lâmpadas de vapor de mercúrio, chaves elétricas, meio de resfriamento para alguns reatores nucleares, entre outras aplicações.

As lâmpadas fluorescentes possuem mercúrio, o que é uma vantagem frente as lâmpadas incandescentes que não possuem o elemento em sua composição, pois o mercúrio configura uma eficiência luminosa de 3 a 6 vezes superior, além de oferecer uma vida útil mais longa e mais economia de energia (ABILUX, 2016). No entanto, o descarte incorreto deste produto pode ocasionar a liberação do mercúrio ao meio ambiente. Segundo Silva (2003), o elemento sendo lançado na atmosfera, tende a se precipitar sobre solo, podendo fixar-se nas plantas e microrganismos, por exemplo. Pode atingir a água também, fazendo com que ocorra uma biometilação do mercúrio, onde ocorre a transformação para metil mercúrio, que é a porta de entrada na cadeia alimentar do meio aquático, o que conduz a um processo de biomagnificação.

O mercúrio tem a propriedade de que se absorvido pelos seres vivos se acumulam de forma contínua, representando um perigo em potencial para o ser humano, haja vista que uma vez dentro da cadeia alimentar de, por exemplo de peixes e planta, ele tende a ser acumulado no organismo. Os danos causados pelo acúmulo deste elemento no ser humano são alterações em órgãos ou sistemas, como o sistema nervoso, por exemplo. Podendo ocasionar, nos casos mais graves, paralisia (SAÚDE SEM DANO, 2015).

### **d. Acumuladores Moura**

A Baterias Moura foi fundada no ano de 1957, no município de Belo Jardim, interior de Pernambuco, região agreste do estado. A empresa desenvolve acumuladores de energia, ou seja, baterias automotivas, estacionárias e tracionárias (MOURA, 2011).



A sede da empresa está localizada em Belo Jardim, onde estão 03 unidades fabris e 01 metalúrgica. Além das unidades localizadas em Pernambuco, a empresa conta com unidades em São Paulo e na Argentina. Distribuídos por todas as plantas da empresa, existem vários escritórios de tamanhos variados, dos quais destaca-se o escritório central localizado em Recife, o qual foi objeto deste estudo-piloto (MOURA, 2011). Foi realizado um estudo-piloto no Escritório Recife da Baterias Moura com objetivo de incrementar a eficiência energética no edifício através de medidas de sustentabilidade. O estudo foi realizado dentro do contexto do PROMEE (Programa Moura de Eficiência Energética), programa de sustentabilidade que está em andamento na empresa.

Este programa visa disseminar altos níveis de eficiência e sustentabilidade nas unidades fabris e escritórios da empresa, objetivando obter certificações ambientais, além da economia financeira e da contribuição ao meio ambiente. O PROMEE é um programa executado em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco, cujos alunos desenvolvem trabalhos científicos para o programa. Os estudos científicos passam por análise de viabilidade técnica e econômica, para colaborar com a tomada de decisão da empresa em implantar ou não o estudo.

### 3.METODOLOGIA

Foi realizado um estudo-piloto no Escritório Recife da Baterias Moura com objetivo de incrementar a eficiência energética no edifício através de medidas de sustentabilidade. O edifício do estudo-piloto é o escritório principal da empresa Baterias Moura e fica localizado na região metropolitana do Recife, no endereço Rua Hermínio Alves de Queirós, 65 – Piedade, Jaboatão dos Guararapes/PE, sob coordenadas geográficas 8°09'21"S, 34°54'47".

Figura 9- Localização geográfica da edificação - litoral nordeste brasileiro.



Fonte: Google Maps.

Comparada às outras unidades da empresa (unidades industriais e escritórios), a edificação não apresenta consumo energético significativo. O escritório Recife é ambiente de trabalho de diretores e presidentes da empresa, sendo utilizado como local para reuniões e eventos importantes, sendo assim, uma “vitrine” da empresa na capital pernambucana. Para implantação do projeto de troca da iluminação, foi realizado um levantamento do sistema de iluminação instalado no edifício (Quadro **Erro! Fonte de referência não encontrada.1**), onde foi observado o total de 940,

e 415 reatores. Este projeto visou contemplar todas as salas do edifício, sendo o levantamento realizado pelos autores observando: tipo da lâmpada, disposição nas calhas e potência.

Figura 10 - Visão geral da edificação



Fonte: O Autor.

Quadro 1 - Levantamento do sistema atual de iluminação.

Referência	Potência	Qtde
Philips TLDRS16W-CO-I	16 W	670
Philips TLDRS32W-CO-I	16 W	60
Philips TL5-28W-ESS/840	16 W	20
Philips PLC26W8402P	16 W	190
Reator 2W	16 W	415

Fonte: O Autor.

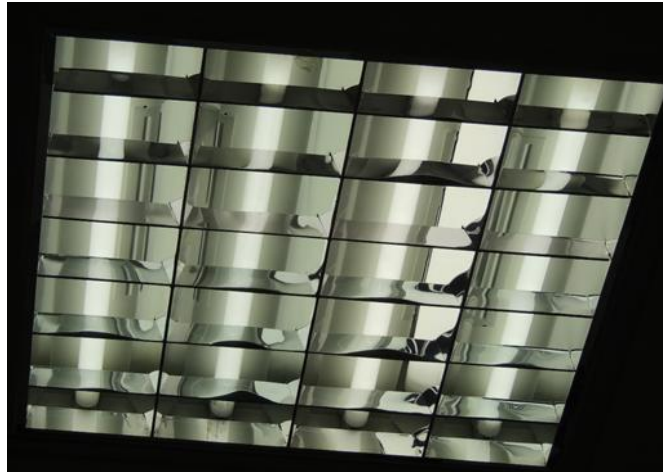
As lâmpadas do tipo TLDRS são colocadas em luminárias de escritório comuns. As lâmpadas PLC, por sua vez, fazem parte de luminárias menores. No projeto, as lâmpadas TLDRS foram substituídas por lâmpadas LED equivalentes. As lâmpadas PLC, foram removidas juntamente com suas luminárias e foi inserida uma nova luminária LED de mesmas dimensões.

## 4.RESULTADOS

As lâmpadas do tipo TLDRS são colocadas em calhas na maioria das salas de escritório (Figura 3), enquanto as lâmpadas PLC, fazem parte de luminárias menores (ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**4) localizadas nos corredores e em algumas salas menores. Na implementação do

projeto de iluminação LED, as lâmpadas TLDRS foram substituídas por lâmpadas LED equivalentes. As lâmpadas PLC, porém, foram removidas juntamente com suas luminárias e foi inserida uma nova luminária LED de mesmas dimensões.

Figura 11 – Calha para quatro lâmpadas tubulares fluorescentes de 20W ou led de 10W.



Fonte: O Autor

Figura 12 - Tipo de luminária para lâmpada PLC.



Fonte: O Autor.

A pretensão da troca para sistema de iluminação LED foi proporcionar resultados economicamente interessantes, pois irá gerar uma receita advinda do menor consumo de energia, além das vantagens técnicas comentadas anteriormente. Durante o desenvolvimento do projeto, foi verificado que algumas lâmpadas estavam queimadas, podendo ser descartadas, e outras em bom estado de uso, bem como os reatores também foram testados e separados. Foram contabilizadas 713 lâmpadas (tubulares e de bulbo) e 223 reatores em bom estado.

As lâmpadas em bom uso foram encaminhadas para armazenamento e reutilização no setor do Almoxarifado da nossa matriz, denominada Unidade 01, em Belo Jardim (PE). O intuito de enviar as lâmpadas e reatores para a matriz foi de proporcionar a reutilização nas unidades fabris existentes

na cidade, conforme demanda. O material que não pôde ser reutilizado foi encaminhado para o descarte correto, seguindo os preceitos dos 3 R's da sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar (FERNANDES, 2007).

A Acmo Moura, possui em sua cultura empresarial preceitos que insere a responsabilidade ambiental como objetivo estratégico, fazendo com que cada vez mais nossos produtos sejam fabricados de forma mais sustentável, sendo mais competitivos no mercado. Além de, estar sempre seguindo as diretrizes dadas pelas leis federais, estaduais e municipais de descarte. Este projeto foi implementado de forma pioneira para a empresa no Escritório Recife. As lâmpadas e reatores que ainda puderam ainda boas foram encaminhadas para a Matriz (Belo Jardim/PE) para serem reutilizadas pelas outras unidades fabris. E, as que tinham atingido a sua vida útil, foram consideradas rejeitos descartadas.

A Moura, coleta em torno de 7 tonelada/mês de rejeitos contaminado (lâmpadas fluorescentes, máscaras, luvas, protetor auricular, botas, fardamentos, separador de placas e outros), estes resíduos são entregues no fim do seu uso para a Central de Triagem, que lá ficam aguardando serem coletados por uma empresa terceirizada. A terceirizada fica responsável por recolher e enviar ao Centro de Tratamento de Resíduos (CTR) Pernambuco, que nos envia um certificado de descarte.

As 227 lâmpadas fluorescentes e os 192 reatores que não podiam ser reutilizados, foram enviados para o setor do Almoxarifado da Matriz, identificados como "descarte". Ao chegar no setor, elas foram colocadas junto com os outros rejeitos, para assim serem descartada. Pode-se descartar as lâmpadas fluorescentes em aterros sanitários ou químicos, mediante descontaminação do material, onde recebem tratamento em que os componentes das lâmpadas são dissociados e sua matéria prima reciclada (SILVA, 2013). O recolhimento e destinação final de materiais perigosos, incluindo as lâmpadas fluorescentes, gera um custo a empresa, e por não existir uma legislação mais firme acerca do assunto, muitos consumidores não se dão conta da responsabilidade que tem nas mãos.

## 5. CONCLUSÕES

A necessidade do descarte adequado das lâmpadas fluorescentes frente aos perigos causados ao meio ambiente caso isso não ocorra. A responsabilidade da iniciativa privada em gerir seus resíduos de acordo com a legislação vigente e a inserção de valores sustentáveis em sua cultura. E ainda, observa-se ainda a necessidade da criação de uma legislação mais específica para o descarte das lâmpadas fluorescentes.

A empresa pode contribuir para a preservação do meio ambiente pois optou por soluções onde houve reciclagem ou reutilização das lâmpadas fluorescentes. Os gastos evitados, seja com a compra de novas lâmpadas para as unidades fabris ou com a reciclagem das lâmpadas fluorescentes em bom estado, contribuíram com a saúde financeira do projeto de substituição da iluminação.

O intuito da Acumuladores Moura é estender o projeto de eficiência energética para outras unidades e continuar praticando a reutilização do material excedente, sempre que possível.

## REFERÊNCIAS

ABILUX, **Associação Brasileira da Indústria da Iluminação**. Disponível em <<http://www.abilux.com.br>>. (Acesso em 01 de maio de 2016).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 - Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 8995 – 1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ACUMULADORES MOURA. Disponível em< <http://www.moura.com.br/>> (Acesso em: 08 de maio de 2016)

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO (EBC) Disponível em<<http://www.ebc.com.br/noticias/2015/07/venda-de-lampadas-incandescentes-de-60w-esta-proibida-partir-de-hoje>> (Acesso em 05 de maio de 2016)

FERNANDES, J.A.R., Urbanismo sustentável: redução, reciclagem e reutilização da cidade. **Revista da Faculdade de Letras**, Universidade do Porto II Série, Volume I, 2007 – pp. 163-178

GONÇALVES, R. S. de S. **Eficiência energética na parte comum dos edifícios coletivos**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética) –Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2011.

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano. Apostila-Disciplina Desempenho Térmico de Edificações-ECV5161**, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

MANKOWER, J.. **A economia Verde: descubra as oportunidades e os desafios de uma nova era dos negócios**. Editora Gente, 2009.

MARQUES, J.F. **Iluminação LED em escritórios comerciais: estudo-piloto do Escritório Recife da Baterias Moura**. Recife: UFPE. 2016 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco.

PINTO, R. A.. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDs)**. Santa Maria, 2008.

PHILIPS **Guia Prático: Lâmpadas, reatores e luminárias**. [S. l. : s. n.], 2012

SAÚDE SEM DANO. Disponível em<<http://saudesemdano.org/america-latina/temas/mercurio>> (Acesso em 03 de maio de 2016)

SILVA, Fernando R.. Estudo de Contaminação de Solo e Águas Subterrâneas – Monitoramento Superficial. **Apliquim**, Paulínia, 2003.

SILVA, Fernando R.. Impactos Ambientais Associados à Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. Vol 8,n. 1, 2013.

SOUZA, J.R. e BARBOSA A.C. **Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia**. Química Nova na Escola,n.12, p. 3-7, novembro de 2000.

## 2.8.PERIGOS RELATIVOS AO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS DOMÉSTICOS

**Jurandy Gomes de Aquino**

Mestre em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável, Pesquisador do Grupo de Pesquisas em Gestão Ambiental de Pernambuco, GAMPE-UFRPE, jurandyaquino@hotmail.com

**Geraldo Jorge Barbosa de Moura**

Doutor em Conservação e Biodiversidade, Professor do Departamento de Biologia da UFRPE – geraldojbm@yahoo.com.br

**Soraya Giovanetti El-Deir**

Doutora em Oceanografia, Pesquisadora Líder do Grupo de Pesquisas em Gestão Ambiental de Pernambuco, GAMPE-UFRPE

**Daniel Pernambucano de Mello**

Especialista em Direito Ambiental, Pesquisador do Grupo de Pesquisas em Gestão Ambiental de Pernambuco, GAMPE-UFRPE, danielpernambucano@gmail.com

### RESUMO

O aumento do consumo de equipamentos tecnológicos pela sociedade moderna tem gerado volumes cada vez maiores de resíduos eletroeletrônicos, que na maioria das vezes são descartados de forma inadequada no meio ambiente. De composição bastante variada, estes possuem algumas substâncias prejudiciais aos ecossistemas, destacando-se os metais pesados tais como mercúrio, chumbo, cádmio, entre outros. Este trabalho tem o objetivo de destacar os principais impactos ambientais causados pelo descarte inadequado destes resíduos. Verificou-se o grau de conhecimento da população com relação à presença de substâncias tóxicas nos resíduos eletroeletrônicos assim como as principais formas de descarte dos mesmos. Os dados foram obtidos através da aplicação de questionários estruturados aos moradores do município de Paulista-PE, Através dos resultados identificou-se que 44,7% dos moradores descartam os resíduos eletroeletrônicos no lixo comum. Perguntados se tinham conhecimento sobre a presença de substâncias tóxicas nestes resíduos 62,7% dos moradores afirmaram que sim. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de novos estudos que venham determinar os níveis de contaminação destes resíduos, aliados a políticas públicas de educação ambiental, para esclarecimento da população a respeito dos riscos que os resíduos eletroeletrônicos podem trazer para a sociedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Substâncias Tóxicas, Metais Pesados, Logística Reversa.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor industrial, a partir do avanço da revolução industrial, vem sendo um dos propulsores do desenvolvimento econômico e social das nações. Tais atividades, extensamente apropriadoras de recursos naturais, também se configuram em potenciais impactantes devido ao descarte de dejetos e alocação de resíduos sólidos erroneamente, assim como o descarte de produtos inservíveis. Dentre o leque de produtos, destacam-se os equipamentos eletroeletrônicos que, a partir da revolução da cibernética e da reengenharia socioproductiva da informática, vem tendo lugar de destaque como um dos utensílios domésticos de maior valor, assim como de velocidade de descarte.

A partir da filosofia de estimular a obtenção do *personal computer* – PC, onde cada pessoa passa a ser proprietária de um equipamento eletroeletrônicos específico, além da era da multimídia portátil, através de *tables*, celulares e tantos outros equipamentos que fazem como que o cidadão esteja conectado de forma ininterrupta, também gerou um crescente quantitativo de equipamentos obsoletos pela tecnologia, design, obsolescência ou moda. Tal situação tem reflexo direto no descarte destes que, em muitos casos, ocorre de forma inadequada, apresentando potencial impactante para o ambiente e podendo colocar em risco o equilíbrio do meio, chegando até mesmo a apresentar grau de risco à saúde humana.

Realizar uma reflexão a cerca dos riscos potenciais do descarte dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) se mostra pertinente na medida em que tais aparelhos estão em comercialização crescente, ao passo que ainda não estão completamente estruturadas as formas de descarte adequadas para estes resíduos. Entre as formas de descarte mais usuais utilizadas para os REEE estão à logística reversa e a separação dos materiais de maior valor agregado para reuso, prática conhecida como mineração urbana (EL DEIR, 2015), que trata da separação dos metais pesados entre eles o ouro, a prata, o mercúrio, o cromo, e outros.

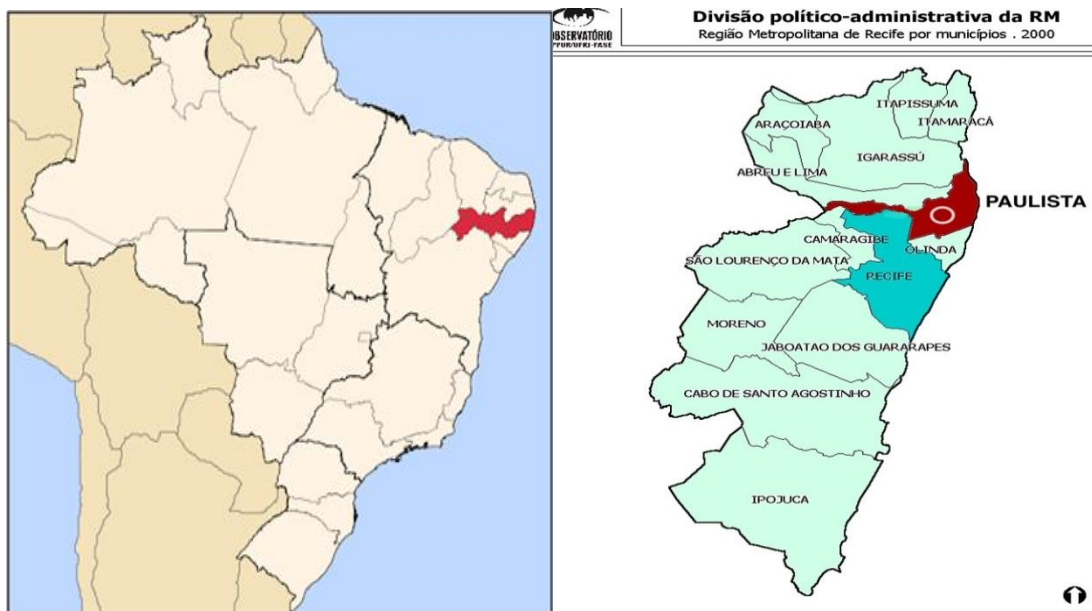
Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de identificar de que forma os consumidores estão realizando o descarte dos REEE. Além disto, também tem como objetivo verificar o grau de conhecimento dos moradores, a respeito da presença de substâncias tóxicas nestes resíduos. Os resultados deste trabalho podem servir de orientação para as ações de educação ambiental e de políticas públicas relacionadas com a gestão dos resíduos sólidos urbanos, em especial os REEE.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Desenvolvido a partir de uma pesquisa exploratória que segundo Gil (2008), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a torna-lo mais explicito. A área em estudo faz parte do município de Paulista-PE, localizado na latitude 7°56'27" e longitude 34°52'22", no litoral norte da Região Metropolitana de Recife, distante 17km da capital do estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil (Figura 1). De acordo com o IBGE (2010), o município ocupa uma área de 97,3 km<sup>2</sup>, com população de 319.769 mil habitantes, estando concentrada na área urbana, possuindo uma densidade demográfica de 3.286 hab.km<sup>2</sup>.



Figura 1 – Localização da área de estudo – Paulista-PE



Fonte: REZENDE (2002).

A área pesquisada está na região denominada “central”, sendo que nesta residem mais de 60% da população do município, o que corresponde a 191.862 moradores (CONDEPE, 2007). Esta área é formada pelos bairros de Alameda, Arthur Lundgren I, Arthur Lundgren II, Aurora, Caetés I, Centro, Engenho Maranguape, Jaguarana, Jardim Paulista Alto, Jardim Paulista Baixo, Maranguape I, Maranguape II, Mirueira, Nobre, Paratibe, Sitio Frágoso e Vila Torres Galvão.

A pesquisa de campo ocorreu no período entre julho e dezembro de 2014, nos horários entre as 08:00 e as 17:00 horas. O tamanho da amostra foi estabelecido utilizando o programa oferecido pelo Netquest, com os critérios estatísticos de margem de erro de 5% e nível de confiança de 95%, sendo de 384 residências. O  $n$  amostral desta pesquisa foi de 526 residências. A escolha das residências que foram objeto desta pesquisa partiu de uma escolha intencional, pois se dividiu a região estudada por bairros, em cada bairro foram escolhidas as duas ruas principais, ou seja, a rua que dá acesso ao bairro. Nestas ruas, localizou-se a primeira e a última casa, independente do lado escolhido. Caso estas casas estivessem fechadas, passou-se para a segunda casa ou para a penúltima, sucessivamente. Buscou-se entrevistar o chefe de família; na ausência deste, outro morador desta casa, desde que maior de 18 anos.

Para este trabalho de campo, foram recrutados os discentes do oitavo período do curso de Administração da Faculdade Joaquim Nabuco-Paulista, como atividade regular da disciplina de Gestão e Legislação Ambiental, que trabalharam de forma voluntária. Estes discentes tiveram orientação temática a respeito de resíduos sólidos, além de haver uma orientação sobre a metodologia científica adotada nesta pesquisa e a estratégia a ser adotada na aproximação e abordagem para a aplicação do instrumento de pesquisa.

O instrumento de pesquisa foi formado de três partes, sendo a primeira ao entrevistador, local e data; a segunda buscando indicadores socioeconômico do entrevistado, por meio de questões

objetivas e fechadas; a terceira focado no tema em questão, com itens objetivos e subjetivos, fechados e abertos. O processo de aplicação do instrumento de pesquisa ocorria através do esclarecimento sobre a pesquisa e preenchimento do instrumento de pesquisa por meio de entrevista pautada pelas questões. Os dados coletados foram agregados por bairro em planilhas eletrônicas utilizando-se Microsoft Excel, para a análise de Estatística descritiva.

### 3.UM OLHAR SOBRE OS EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

A indústria eletrônica é uma das que mais rapidamente cresce, sendo este crescimento acompanhado de uma maior obsolescência de produtos e de um maior descarte de Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos - REEE (MIGUEZ, 2007). O primeiro impacto ambiental causado pelos equipamentos eletroeletrônicos está na extração dos insumos necessários a produção. Estudos desenvolvidos por Kemerich (2013) identificaram que para a fabricação de um computador de mesa, com monitor de 17 polegadas, consomem-se em média 240 quilos de combustíveis fósseis, 22 quilos de produtos químicos e 1.500 quilos de água (na produção das matérias primas, incluindo mineração, águas de resfriamento e limpeza), somando-se, ao final, cerca de 1.800 quilos de recursos naturais. Segundo Rosa (2007), a indústria da informática é uma das quais mais colaboram com a degradação do meio ambiente. Affonso (2008) afirma que um computador é constituído por conjunto de plástico (40%), metais (37%), eletrônicos (5%), borracha (1%) e de outros materiais (17%).

O aumento do consumo acarreta uma maior geração de resíduos sólidos urbanos - RSU, causando diversos impactos ambientais, desde a extração dos recursos naturais utilizados como matéria-prima nos processos produtivos, como o descarte dos resíduos pós-consumo em locais inadequados, contaminando o ambiente natural e poluindo o ecossistema. Corniere (2010) relata que o aumento da produção de RSU no Brasil é superior à taxa de crescimento da população. Este aumento é consequência da elevação quantitativa da população urbana e do aquecimento da atividade industrial. Registrou-se no Brasil, em especial no período de 2000/2008, um aumento da renda da população mais pobre (BARROS et al., 2010). Estas famílias, quando aumentam a renda, apresentam maior propensão marginal a consumir (NEVES; CROCOMO, 2005). Assim, aumentos da renda nas faixas de menor poder aquisitivo resultam em incremento no consumo maior do que nas faixas de renda de maior poder aquisitivo conforme Oliveira et al. (2004) .

Em 2012, houve um crescimento de 1,3% na quantidade de lixo gerada por habitante, índice superior à taxa de crescimento populacional registrada no mesmo período, que foi de 0,9%, além disso, mais de três mil cidades brasileiras enviaram quase 24 milhões de toneladas de resíduos para destinos considerados inadequados, o equivalente a 168 estádios do Maracanã lotados de lixo (ABRELPE, 2013). De acordo com Rigueti et al. (2015) foram gerados 76 milhões de toneladas de RSU no Brasil em 2013.

Uma parcela dos RSU é composta por REEE de uso doméstico. São considerados Equipamentos Eletroeletrônicos - EEE aqueles que dependem de corrente elétrica ou campo eletromagnético para funcionar, bem como os que geram, transferem ou medem correntes e campos magnéticos. Os REEE

são produtos, partes ou componentes de EEE pós-consumo (XAVIER, 2014a). Para Gonçalves Dias et al. (2014), os REEE são os resíduos gerados ao final da vida útil de equipamentos como televisores, rádios, celulares, eletrodomésticos, equipamentos de informática, vídeos, filmadoras, ferramentas elétricas, DVDs, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos, entre outros.

Ocorre que, diariamente, a sociedade é exposta a mídia que estimula as necessidades de consumo de produtos eletroeletrônicos. Veloso (2013) afirma que as pessoas sentem-se motivadas a consumir pelo simples fato de consumir, sem ter nenhuma real necessidade ou vinculação com o produto adquirido, o que facilita o processo de descarte. Em 2007, estimava-se no Brasil, uma produção de 2,6kg/habitante/ano de REEE (RODRIGUES, 2007), em 2009 a estimativa aumentou para 3,3kg/habitante/ano de REEE (MINAS GERAIS, 2009) e em 2011 esta estimativa já havia aumentado para 6,4kg/habitante/ano de REEE (GONÇALVES DIAS et al. 2014). Para 2015 existe uma projeção de produção de 8,0kg/habitante/ano de REEE (THE WORLD BANK, 2012).

A geração de REEE traz consigo uma grande preocupação que está relacionada com os impactos ambientais causados pelo seu descarte inadequado. Pereira et al. (2012) alerta que junto com estes resíduos encontram-se substâncias altamente nocivas para o meio ambiente e para a saúde humana. Bastos et al. (2011) afirma que algumas das substâncias presentes nos REEE são acumulativas e podem causar graves danos ao ecossistema e ao ser humano. Todo Eletroeletrônico obsoleto é classificado, segundo a Norma Brasileira ABNT NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004) como Resíduo Classe I – Perigoso, por conter na composição substâncias físico/químicas carcinogênicas e cumulativas no organismo dos seres vivos, tais como chumbo, cádmio e mercúrio, além de metais nobres como ouro, prata e cobre (PEREIRA et al. 2012).

No entanto observa-se que os REEE continuam sendo descartados no “lixo comum”, em lixões e nos aterros sanitários. A população não está consciente dos vários riscos a saúde e ao meio ambiente causados pela destinação inadequada destes resíduos. Os meios de comunicação de uma maneira geral não alertam os consumidores sobre os perigos do descarte inadequado dos REEE. A sociedade aborda a questão da sustentabilidade como fundamental para a qualidade de vida do ser humano e questões como o descarte dos REEE ainda passam despercebidas pela maioria da população, que desconhece os males causados pela destinação incorreta destes resíduos.

#### **4.A GERAÇÃO DE REEE NO BRASIL**

O gerenciamento dos RSU tem sido um dos grandes desafios das grandes cidades do mundo. Em termos percentuais, a geração de RSU no Brasil tem crescido mais do que a população (CORNIERE; FRANCALANZA, 2010) e mais do que o Produto Interno Bruto – PIB. Em 2009, houve uma inflexão no crescimento do PIB, enquanto que a geração total de resíduos continuou aumentando (CAMPOS, 2012). Em estudo de caso, realizado no Município do Paulista – PE, Aquino e Moura (2014) identificaram na composição média dos RSU domiciliares 24,8% de recicláveis com valor comercial, enquanto que 54,2% eram matéria orgânica com potencial de utilização em biodigestores e processos de compostagem, sendo a fração restante de 21,0% composta por rejeitos que deveriam ser destinados para aterros sanitários.

O aumento da geração de REEE está associado ao crescimento da indústria de eletroeletrônicos. Estudo desenvolvido por Veloso (2013) indica que são fabricados por ano, no Brasil, cerca de 10 milhões de computadores e 80 milhões de celulares, sendo que menos de 2% deste total é destinado para reuso ou reciclagem, o restante, é descartado de forma inadequada, nas margens de estradas e cursos d'água, ou indo parar em lixões e aterros. O Brasil é o quinto maior mercado mundial de *internet* e telefonia celular (ALMEIDA et al., 2015). Dentre os países emergentes, o Brasil é o maior produtor *per capita* de REEE (MOI et al., 2012) com produção, em 2014, de aproximadamente 1,100 mil toneladas de REEE. Tal valor deve aumentar para 1,247 mil toneladas em 2015 (BRASIL, 2014). A 25ª. Pesquisa Anual do Uso de TI realizada pelo Centro de Tecnologia de Informação Aplicada da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2014) revela que até o início de 2014 o Brasil possuía mais de 136 milhões de computadores e que até 2016 terá mais de 200 milhões de aparelhos.

Ao final do mês de janeiro/2015, o Brasil registrou 281,7 milhões de celulares ativos, o que corresponde a 138,3 celulares para cada cem habitantes (TELECO, 2015). Este crescimento leva ao aumento do consumo de periféricos tais como baterias e outros acessórios que também são descartados no meio ambiente de forma inadequada. Estudo desenvolvido por Moretti (2011) identificou que 65,0% dos consumidores trocam de aparelho celular num prazo de dois anos, situação que tende a se agravar nos próximos anos. A Associação Brasileira das Indústrias de Equipamentos Eletroeletrônicos (ABINEE, 2015) divulgou que foram vendidos no Brasil, em 2014, mais de 70 milhões de telefones celulares, projetando para 2015 uma quantidade semelhante. Quanto aos computadores, a projeção de vendas para 2015 é superior a 19 milhões de unidades.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2012) propõe algumas premissas para a redução dos impactos ambientais causados pelos REEE, tais como a valorização do produto reciclado/reciclável, eficiência e eficácia na reciclagem, maior inclusão das cooperativas de catadores, estímulo à reciclagem local e estímulo a competitividade do setor produtivo de eletroeletrônicos brasileiro. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (2014), o Brasil possuía em 2014 mais de 196 milhões de aparelhos de televisão. Campos (2012) destaca que as políticas de enfrentamento a pobreza como o Benefício de Prestação Continuada e o Programa Bolsa Família, a maior facilidade na obtenção de crédito para o consumo e o estímulo frenético ao consumo pelos veículos de comunicação, contribuem para a geração de REEE. Tais dados demonstram a pertinência de tal tema de estudo.

## 5.A POLITICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS A LUZ DOS REEE

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei Federal 12.305/2010 no Art. 7º, incisos I e II define entre seus objetivos:

“a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

A PNRS no Art. 6º, inciso VIII, reconhece que os resíduos sólidos devem ter disposição final ambientalmente adequada, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

A PNRS no Art. 33 diz que:

“são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: produtos eletroeletrônicos e seus componentes” (BRASIL, 2010).

Esta exigência, na maioria dos casos, é descumprida pelos participantes da cadeia produtiva. No entanto, de acordo com Sant’Anna et al. (2014) não há regulamentação específica na PNRS sobre o tratamento dos REEE.

Segundo Pereira Neto (2011) os principais mecanismos de operacionalidade da PNRS, tanto da coleta seletiva como da logística reversa, priorizam a participação, a atuação estratégica e a inclusão dos catadores de resíduos e das cooperativas. A legislação define que todos os participantes da cadeia produtiva, inclusive os consumidores, são responsáveis pelo gerenciamento dos REEE, sendo configurado como crime ambiental o descarte inadequado destes resíduos, de acordo com a Lei 9605/98 (BRASIL, 1998) que trata sobre os crimes ambientais.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2010) não faz menção aos REEE. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2012), não aborda a questão dos REEE. Em setembro de 2013 o Estado de Pernambuco publicou a Lei 15.084 (PERNAMBUCO, 2013) que regulamenta a obrigatoriedade da instalação de pontos de coleta de REEE em estabelecimentos comerciais instalados no estado, o não cumprimento deste dispositivo legal acarretará multas e outras penalidades para os infratores. Esta determinação aumentará o número de pontos de coleta, evitando o descarte dos REEE em locais inapropriados.

## **6.PRINCIPAIS RISCOS DO DESCARTE INADEQUADO DE REEE**

Os REEE acarretam sérios danos aos ecossistemas e a saúde humana, principalmente por conta dos metais pesados presentes em sua composição (SILVA et al., 2007). Substâncias presentes nos REEE como o chumbo, cádmio, mercúrio, e poluentes orgânicos persistentes, como as bifenilas policloradas (PCB), bifenilas polibromadas (PBB), difenil éteres polibromados (PBDE), dioxinas e furanos, têm ação neurotóxica, principalmente sobre idosos, doentes crônicos, crianças e fetos (GOUVEIA et al. 2014).

Pinto Filho et al. (2012) alerta para os teores de metais pesados presentes nos solos que recebem RSU e as consequências para o ser humano. Metais pesados e outras substâncias tóxicas

presentes no lixo podem contaminar os mananciais e aquíferos, se acumular nos organismos, e afetar a cadeia alimentar (BARBIERE, 2011).

Moradores que não tem coleta domiciliar depositam os resíduos domiciliares em terrenos baldios e margens das estradas (AQUINO; MOURA, 2014). Esta prática contamina o solo e os cursos d'água, ao mesmo tempo em que aumenta a proliferação de vetores causadores de doenças (BARBIERE, 2011; SIQUEIRA, 2012). Estudos desenvolvidos por Leis (2011) afirma que os REEE podem causar efeitos ecotoxicológicos com a contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas através da deposição de metais pesados, principalmente mercúrio, chumbo, estanho e cádmio.

Pereira et al. (2011) identificou que mercúrio, chumbo, zinco, cobre, platina, manganês, níquel, lítio e cádmio são utilizados na fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos e que o descarte causa danos tanto a saúde humana quanto ao meio ambiente. Arsênio, cádmio, mercúrio, cromo, chumbo e níquel, são carcinogênicos e teratogênicos, causam lesões cerebrais afetando o sistema nervoso central, fígado, rins, podendo em alguns casos até levar a morte (AMBIENTE BRASIL, 2014). O principal efeito danoso é a bioacumulação por metais pesados, processo pelo qual os seres vivos podem concentrar esses compostos em níveis milhares de vezes maiores que os presentes no meio ambiente, podendo atingir todos os níveis tróficos se transferindo ao longo da cadeia alimentar através do processo de biomagnificação (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

O alumínio presente em, aproximadamente, 14% da composição dos resíduos tecnológicos podem causar efeitos danosos crônicos nos seres vivos (BIZZO ; GRIGOLETTO, 2007). Gouveia et al. (2014) identificaram que em níveis elevados (>50 microgramas/dL), o chumbo pode provocar efeitos agudos em crianças que vão desde sintomas gastrointestinais a graves efeitos neurológicos e, eventualmente, encefalopatia e morte. Dioxinas e furanos podem causar malformações do feto, diminuição da fecundidade e das taxas de crescimento, e doenças no sistema imunológico, já as bifenilas policloradas são cancerígenas, causam disfunções nos sistemas imunológico, reprodutor, nervoso e endócrino (EWASTEGUIDE, 2014).

Xavier (2014a) relata que o contato direto com metais pesados durante a etapa de desmontagem dos REEE resulta na absorção pela pele, enquanto que a queima provoca a liberação dos agentes tóxicos na atmosfera contaminando por inalação, em ambos os casos ocorre à bioacumulação. Pereira et al. (2011) também alerta para o fato de que a queima do material, oferece distúrbios no sistema nervoso e pode causar diversas doenças. A maioria dos REEE é composta por materiais, como plásticos, vidros e metais, que podem ser recuperados e retornados como insumo para a indústria de transformação. Já as substâncias tóxicas como chumbo, cádmio, mercúrio e berílio devem ter tratamento especial por causarem danos ambientais e a saúde (BRASIL, 2014).

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perguntados sobre a forma de descarte dos REEE que não tinham mais utilidade, 44,7% dos moradores responderam que colocam junto com o lixo comum, 27,8% destinam para

doação/revenda, 20,0% enviam para reciclagem, 5,5% guardam em casa e 2,1% utilizam outras formas de descarte (Tabela 1).

Tabela 1 – Formas de descarte dos REEE

<b>Lixo comum</b>	<b>Doação ou revenda</b>	<b>Envia para reciclagem</b>	<b>Guarda em casa</b>	<b>Outras</b>
44,7%	27,8%	19,9%	5,5%	2,1%

Fonte: elaborada pelos autores

Siqueira e Marques (2012) estudando a população de Belo Horizonte identificaram que 34,0% descartam os REEE no lixo comum. Dal Piaç (2011), Silva e Laranjeiras (2014) e Santos et al. (2014) verificaram que alguns fatores socioeconômicos da população influenciam as formas de descarte dos resíduos domiciliares. Estimativas realizadas por Xavier (2014b) indicam que são produzidas na cidade do Paulista 135 toneladas por mês de REEE, e que apenas 5% destes são recolhidos e encaminhados para locais adequados.

Sobre o descarte inadequado dos REEE Lavez et al. (2011) alertam que estes possuem em sua composição diversos tipos de substâncias com os mais variados níveis de toxicidade, que quando descartados de maneira indevida podem gerar graves problemas ambientais e de saúde pública. Cavalett (2013) identificou nos solos dos aterros, diversos metais pesados, tais como arsênio, cádmio, chumbo, cobre, níquel, mercúrio e zinco, provenientes em sua maioria dos REEE.

Questionados sobre a existência de substâncias tóxicas nos REEE 62,7% dos entrevistados afirmaram ter conhecimento da presença destas substâncias nestes resíduos (Tabela 2).

Tabela 2 – Conhecimento da existência de substâncias tóxicas nos REEE (%)

<b>Sim, sabe da existência de substâncias tóxicas nos REEE</b>	<b>Não, sabe da existência de substâncias tóxicas nos REEE</b>
62,7%	37,3%

Fonte: elaborada pelos autores

Na grande São Paulo, Brejão e Silva (2012) verificaram que 72,0% dos moradores tem conhecimento sobre a presença de substâncias tóxicas nos REEE. Em Belo Horizonte Siqueira e Marques (2012) relataram que 44,5% dos entrevistados tem conhecimento de pelo menos uma substância perigosa presente nos REEE, segundo Martins et al. (2013) a maioria das pessoas tem conhecimento sobre a toxidez dos REEE, no entanto não adotam práticas adequadas para o descarte destes resíduos.

## 8.CONCLUSÕES

Verificando e analisando os levantamentos e considerações feitas através dos artigos pesquisados, pode-se concluir que o descarte inadequado dos REEE podem trazer prejuízos aos ecossistemas, principalmente, devido à presença dos metais pesados. Observa-se também que

apesar de existir uma legislação disciplinando o descarte destes resíduos, esta não vem sendo cumprida de forma eficaz.

Aliado a isto, alguns autores evidenciam o desconhecimento da população sobre os riscos da contaminação pelos REEE e sobre as formas adequadas de descarte, o que foi constatado através da pesquisa de campo. Verifica-se que a maior parte dos moradores tem conhecimento da presença de substâncias tóxicas nos REEE, principalmente os metais pesados, entretanto, esses continuam descartando os resíduos no lixo comum, contaminando os ecossistemas.

Levanta-se também a questão sobre a ausência de informação através dos meios de comunicação de massa sobre o correto descarte destes resíduos. O poder público, em parceria com empresas e organizações não governamentais, necessitam desenvolver campanhas de comunicação orientando a sociedade sobre os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos REEE, além de exigir o cumprimento da legislação que trata sobre a logística reversa destes resíduos.

Sugere-se o desenvolvimento de estudos mais aprofundados que venham identificar as formas e o nível de contaminação com metais pesados nos ecossistemas próximos aos principais locais de descarte dos REEE, além de aspectos relacionados com a saúde das pessoas que de alguma forma manipulam estes resíduos. As políticas públicas de educação ambiental precisam ser mais eficazes no sentido de orientar a população sobre os riscos do descarte inadequado dos REEE.

## REFERÊNCIAS

ABDI (Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial). **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**. Análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília. 2012.9

ABINEE (Associação Brasileira Da Indústria Elétrica e Eletrônica). **Desempenho setorial: dados atualizados março de 2015**. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>> Acesso em 26 abr. 2015.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10004: Resíduos sólidos, classificação**. 2ed. 77p. São Paulo. 2004.

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013**. ABRELPE, 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2013.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

AFFONSO, J. C. **Semana da Inclusão Digital discute os 50 milhões de toneladas do lixo eletrônico**. *TELEBRASIL*, 16 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www.telebrasil.org.br/sala-de-imprensa/artigos/1441-semana-da-inclusao-digital-discute-os-50-milhoes-de-toneladas-do-lixo-eletronico>>. Acesso em: 28 set. 2014.

ALMEIDA, M.A.; Papandrea, P. J.; Carnevali, M.; Andrade, A. X.; Correa, F. P. V.; Andrade, M. R. M. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. **Revista Científica E-Locução**, Extrema, 7. ed., ano 4, p.56-72, 2015.



AMBIENTE BRASIL. **Metais Pesados.** Disponível em: Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/aspectos\\_ambientais\\_e\\_toxicologicos](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/aspectos_ambientais_e_toxicologicos)>. Acesso em: 30 jul. 2014.

AQUINO, J. G.; MOURA, G. J. B. Aspectos econômicos e financeiros da separação de resíduos sólidos urbanos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 195-200, 2014.

AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. M. **As Bases Toxicológicas da Ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa, 2003.

BARBIERE, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARROS, R.P.; CARVALHO, M.A.; FRANCO, S.; ROSALÉM, A. Sobre a evolução recente da pobreza e da desigualdade. In: COELHO, M.F.P.; TAPAJÓS, L.M.S.; RODRIGUES, M. (Org.). **Políticas sociais para o desenvolvimento: superar a pobreza e promover a inclusão**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, UNESCO, 2010.

BASTOS, N. S.; SOTOCOMO, SILVA, L. M.; GUERINO, R.D. S. Lixo eletrônico e a contribuição da população com o meio ambiente em Presidente Prudente. **Colloquium Exactarum**, Presidente Prudente, v. 3, n. 1, p. 34-39, 2011.

BIZZO, W. A.; GRIGOLETTO, E. M. Gestão de Resíduos e Gestão Ambiental da Indústria Eletroeletrônica. **ABINEE TEC 2007**. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2007. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2007/arquivos/s702.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2014.

BRASIL. Lei n. 9605, 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 13 de fev. de 1998.

\_\_\_\_\_. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> . Acessado em 28 dez. 2013.

\_\_\_\_\_. **Estudo sobre logística de resíduos eletrônicos é divulgado**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/02/estudo-sobre-logistica-de-residuos-eletronicos-e-divulgado>> . Acesso em: 25 abr. 2014.

BREJÃO, A. S.; SILVA, M. L. P. Análise Preliminar do Descarte de Equipamentos Eletrônicos pelos Consumidores: Um Desafio para o Cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. In: **VII Workshop de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza**, São Paulo, 2012.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.** Vol.17, n. 2, Rio de Janeiro, 2012.

CAVALLET, L. E. CARVALHO; S. G. FORTES NETO, P. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente & Água**, vol.8, n. 3, Taubaté-SP, 2013.

CORNIERE, M. G.; FRACALANZA, A. P. Desafios do lixo em nossa sociedade. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 6, p. 57-64, 2010.

DAL PIAZ, J. F.; FERREIRA, G. M. V. Gestão de resíduos sólidos domiciliares urbanos: o caso do município de Marau-RS. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 33-47, 2011.

EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. S. G.; SANTOS, L. A.; PINHEIRO, M. G. Potencial de mineração urbana advindo da logística reversa de eletroeletrônicos, um estudo de caso do Iphone e Ipad da Apple. In: **5th International Workshop, Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 2015.

EWASTEGUIDE. **Hazardous substance in waste**. Disponível em: <<http://ewasteguide.info/hazardous-substances>>. Acesso em: 24/07/2014.

FGV (Fundação Getúlio Vargas). **25ª Pesquisa Anual do Uso de TI**, 2014. Disponível em: <http://eaesp.fgvsp.br/sites/eaesp.fgvsp.br/files/pesqti-gvcia2014ppt.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2014.

GONÇALVES DIAS; S. L. F., PRAGANA; V. R., SANTOS, M. C. L. Catadores: uma reflexão sobre os aspectos socioambientais da gestão de resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. B. (Org.) **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

GOUVEIA, N.; FERRON, M. M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. B. (Org.) **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

KEMERICH, P. D. C.; MENDES, S. A.; VORPAGEL, T. H.; PIOVESAN, M. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de lixo eletrônico no solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 208-219, 2013.

LAVEZ, N.; SOUZA, V. M.; LEITE, P. R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de computadores. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v 5, n. 1.

LEIS, A. C. Riscos Socioambientais dos Resíduos Tecnológicos: uma análise do tema na legislação e suas implicações para a sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, n. 13, 2011.

MARTINS, L. F.; BORTOLI, L. A.; SILVA, P. N.; OLIVEIRA, E. L.; ZANOLLA, T. Lixo eletrônico: uma questão ambiental. IN: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 4, 2013, Salvador.

MIGUEZ, E. **Logística reversa de produtos eletrônicos**: benefícios ambientais e financeiros. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro. 93p, 2007.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2009.

MOI, P. C. P.; SOUZA, A. P. S.; OLIVEIRA, M. M.; FAITTA, A. C. J.; REZENDE, W. B.; MOI, G. P.; FREIRE, F. A. L. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Connection Line**, n. 7, p. 37-45, 2012.

MORETTI, S. L. A.; LIMA, M. C.; CRNKOVIC, L. H. Gestão de resíduos pós-consumo: avaliação do comportamento do consumidor e dos canais reversos do setor de telefonia móvel. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 03-14, São Paulo, 2011.

NEVES, E.F; CROCOMO, F.C. **A relação entre a pobreza e o crescimento econômico do Brasil: uma análise via a propensão marginal a consumir**. 2005. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/546.pdf>>. Acesso em: 14/06/2015.

OLIVEIRA, S.A.; LEITE, V.D.; PRASAD, S.; RIBEIRO, M.D. Estudo da produção per capita de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Campina Grande-PB. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 2, p. 37-44, 2004.

PEREIRA NETO, T. J. A política nacional de resíduos sólidos: os reflexos nas cooperativas de catadores e a logística reversa. **Revista Diálogo**, n. 18, p. 77-96, Canoas-RS, 2011.

PEREIRA, A. S.; WELZEL A.; SANTANA, D. V. M. Logística reversa aplicada a resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso. In: Anais **VIII Convibra, Administração, Congresso Virtual Brasileiro de Administração**. 2012. Disponível em: <[www.convibra.com.br](http://www.convibra.com.br)>. Acesso em: 10 jan. 2015

PEREIRA, R. S.; CARVALHO, P. P.; GARCIA, M. N.; GUEVARA, J. A. H.; GASPAR, M. A. Equipamentos Eletroeletrônicos: um Estudo Sobre o Processo de Descarte nas Prefeituras do Grande ABC Paulista In: **IX Ciclo de debates em economia industrial, trabalho e tecnologia**, 2011. Disponível em: <[http://www.pucsp.br/eitt/downloads/ix\\_ciclo/IX\\_Ciclo\\_2011\\_Artigo\\_Pedro\\_Carvalho\\_Raquel\\_Pereira\\_Arnold\\_o\\_Hoyos.pdf](http://www.pucsp.br/eitt/downloads/ix_ciclo/IX_Ciclo_2011_Artigo_Pedro_Carvalho_Raquel_Pereira_Arnold_o_Hoyos.pdf)>Acesso em: 30 jul. 2014.

PERNAMBUCO Lei 14.236. Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 14 de dez 2010.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Recife, 2012. 306 p.

\_\_\_\_\_. Lei 15.084. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de coletores de lixo eletrônico pelas empresas que comercializam pilhas, baterias e aparelhos eletrônicos de pequeno porte e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 7 de set 2013.

PINTO FILHO, J. L. O. et al . Monitoramento dos teores totais e disponíveis de metais pesados no lixão do município de Apodi-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 141-147, Mossoró-RN, 2012.

REZENDE, H.; AZEVEDO, P. R.; LEAL, P.. **Observatório de Políticas Urbanas e Gestão Municipal**. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil - IPPUR/UFRJ Disponível em [http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/imagens/rm\\_recife.gif](http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/imagens/rm_recife.gif). Acesso em 10/01/2015

RIGUETTI, P. F. et al. Manganês, zinco, cádmio, chumbo, mercúrio e crômio no chorume de aterro sanitário em Dourados, MS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 10, n. 1, Taubaté-SP, 2015.

RODRIGUES, A.C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Dissertação - Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo, 2007.

ROSA, A. **Fabricação de cada computador consome 1800 kilos de materiais**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125070309>>. Acesso em: 27/07/2014.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. **Revista de Gestão Social e Ambiental** - RGSA, São Paulo, v. 8, n. 1, 37-53, 2014.

SANTOS, J. S. G.; GUIMARÃES, E. S.; EL-DEIR, S.G. Estimativa do desperdício de metais pesados advindos do descarte de equipamentos eletroeletrônicos nos países do G7 e do Brics. Anais IV Siree – SEMINÁRIO INTERNACIONAL. **Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**, Recife: Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 2014.

SILVA, M. R.; LARANJEIRAS, R. G. Percepção dos usuários acerca da problemática dos resíduos sólidos na Praia de Boa Viagem Recife-PE. In: **Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada** / Soraya Giovanetti El-Deir, Recife : EDUFRPE, 2014.

SILVA, B. D.; OLIVEIRA; F. C., MARTINS, D. L. **Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**, Santo André, 2007.

SIQUEIRA, V.; MARQUES, D. H. F. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 174–187, 2012.

TELECO Brasil registrou **281,7 milhões de celulares ativos, o que corresponde a 138,3 celulares para cada cem habitantes**. Disponível em: <[www.teleco.com.br/ncel.asp](http://www.teleco.com.br/ncel.asp)>. Acesso em: 22/04/2015.

THE WORLD BANK. **Wasting no opportunity**: the case for managing Brazil's electronic waste. Disponível em: <<http://ewasteguide.info/hazardous-substances>>. Acesso em: 28/07/2014.

VELOSO, C. L. **Reciclagem de lixo tecnológico e os riscos do descarte inadequado**. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA, 2013.

XAVIER, L. H. Design e sustentabilidade na cadeia de REEE. In: XAVIER, Lúcia Helena **Gestão de resíduos eletroeletrônicos** / Lúcia Helena Xavier; Tereza Cristina Carvalho, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014a.

XAVIER, L. H. **Resíduos eletroeletrônicos na região metropolitana do Recife (RMR)**: Guia prático para um ambiente sustentável. Recife: Massangana, 2014b.

## **Capítulo 3: Diagnóstico dos Resíduos das indústrias**

## ABERTURA

O potencial de degradação do ambiente apresentados pelas indústrias se elevou significativamente no último século, ocasionando incontáveis desastres ambientais a exemplo da contaminação por mercúrio em Minamata (Japão, 1956) e o desastre nuclear de Chernobyl (Ucrânia, 1986) responsáveis pelo adoecimento, deformações e mortes de milhares de pessoas. A extração, beneficiamento e transformação de matérias primas causam severas alterações no meio natural inicialmente por meio do desmatamento, alteração de relevo (cortes e aterros) e a geração de resíduos perigosos. As indústrias, independentemente do seu tipo e tamanho, pela natureza de suas ações, são consideradas como Atividades Potencialmente Poluidoras.

A legislação federal por meio da Lei Nº 6.938/81, que institui a Política Nacional de Meio ambiente, submete tais atividades ao Cadastro Técnico Federal e ao processo de Licenciamento Ambiental com o objetivo de monitorar e mitigar os danos ambientais causados pelas mesmas, 19 anos antes do sancionamento da Lei Nº 12.306/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Desta forma o Estado assume o papel de agente regulador e fiscalizador e a sociedade está cada vez mais consciente dos graves riscos do gerenciamento inadequado dos resíduos industriais. Fica então à cargo das indústrias e seus técnicos evitarem o descarte inadequado dos seus resíduos e subprodutos por meio do desenvolvimento de tratamentos para descontaminação e alternativas destinação final ambientalmente adequada.

O presente capítulo é composto por diagnósticos referente a passivos ambientais e atual situação da destinação de resíduos galvanoplásticos no interior do estado do Ceará, mais especificamente no município de Juazeiro. Para o estado de Pernambuco são apresentados estudos nos municípios de Caruaru e Toritama sobre a gestão ambiental e destinação de efluentes de lavanderias, respectivamente. Também é apresentado um estudo com solução sustentável para resíduos de mineração.

### **3.1. DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELAS EMPRESAS DE GALVANOPLASTIA DE JUAZEIRO DO NORTE - CE**

**ALENCAR, Sidney Kal-raís Pereira de**

Mestrando

Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB/UFRPE)

Sidneykal-raís@hotmail.com

**EL-DEIR, Soraya Giovanetti**

Doutora

Grupo de Gestão Ambiental de Pernambuco da Universidade Federal Rural de Pernambuco

(Gampe/UFRPE)

sorayageldeir@gmail.com

#### **RESUMO**

Juazeiro do Norte está entre os três polos mais importantes do Brasil, no que diz respeito à produção de folheados. No entanto, este ramo é considerado como um dos ramos industriais que mais geram Resíduos Sólidos Perigosos - RSP. Desta forma, o presente estudo objetivou analisar quali-quantitativamente os resíduos sólidos gerados pelas empresas de galvanoplastia do município, bem como avaliar as formas de acondicionamento e tratamento aplicado a esses resíduos. O levantamento dos dados foi realizado junto aos PGRS das 17 empresas em estudo, entre os anos de 2013 e 2014. Os setores responsáveis pela maior geração de RS são os de Produção e Manutenção. Os principais RS gerados são: Lodo Galvânico, Bombonas Plásticas, Estopas, EPI's Usados e Lâmpadas Fluorescentes. O acondicionamento destes não atende totalmente o que preconiza as normas. As formas de tratamento não são as mais indicadas e viáveis, econômica e ambientalmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Galvanoplastia; Lodo Galvânico; Resíduos Sólidos.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente avanço tecnológico e a industrialização ocorrem de forma simultânea e têm como benefícios a produção de novos produtos e insumos que irão garantir mais comodidade e facilidade para aqueles que os usufruem. A industrialização traz benefícios, mas em contrapartida traz consigo também malefícios ao homem e ao meio ambiente, devido à geração de diversos resíduos sólidos. A maior parte dos resíduos gerados, normalmente, não são reaproveitados pelas indústrias geradoras e os destinos finais são os lixões a céu aberto, sem nenhum cuidado, ou, no caso de resíduos gasosos, liberados na atmosfera (GIL, 2008).

Quando os resíduos sólidos são dispostos em quantidades significantes em locais inadequados eles causam poluição, principalmente quando esses apresentam em sua composição metais pesados a exemplo de boa parte dos resíduos de galvanoplastia. Com o intuito de fiscalizar e monitorar a destinação e disposição dos resíduos, os órgãos ambientais seguem a legislação ambiental que, entre outros aspectos, estabelece que os geradores de resíduos industriais são responsáveis pelo seu tratamento e disposição final ambientalmente adequada. Os custos, na grande maioria, são os fatores que limitam o atendimento dos regulamentos jurídicos, pois os gastos com tratamento, transporte e construção de aterros são altíssimos e muitas vezes encarecem o processo de produção industrial (GIL, 2008).

Os resíduos industriais apresentam composição muito variada, pois dependem do processo industrial empregado. Atualmente um dos maiores desafios enfrentados pelo setor industrial está diretamente relacionado ao gerenciamento adequado desses resíduos e à implementação de métodos e técnicas viáveis economicamente e ambientalmente (MATTOS, 2011), os quais aumentem a eficiência nos setores de produção e minimizem a geração dos resíduos sólidos.

Entre as empresas geradoras de resíduos sólidos potencialmente perigosos estão aquelas do setor de galvanoplastia. O processo de galvanização é um processo químico ou eletroquímico de deposição de uma fina camada de um metal sobre uma superfície (PERINI *et al*, 2014), geralmente metálica, por outro metal, objetivando a alteração de algumas de suas características, tais como: cor, brilho, rigidez e resistência à corrosão. Na galvanização por deposição eletrolítica, as peças são mergulhadas em um banho composto por sais do metal que as revestirá, além de aditivos que permitem uma melhor aderência do metal à sua superfície (LADEIRA e PEREIRA, 2008). O processo industrial descrito anteriormente, assim como tantos outros, produz uma série de resíduos líquidos, sólidos e gasosos que apresentam riscos ao meio ambiente se não forem tratados adequadamente antes de serem dispostos no meio (GIL, 2008).

No ciclo de produção da galvanoplastia, após a realização do denominado banho galvânico, são gerados efluentes líquidos que, normalmente, apresentam elevadas concentrações de metais. Esses efluentes, antes do lançamento no ambiente, necessitam de tratamento capaz de remover ou reduzir as concentrações de metais. Normalmente o tratamento é realizado por meio da neutralização e precipitação dos metais presentes no efluente, dando assim origem a um resíduo sólido perigoso, que não pode ser descartado de forma tão simples, pois apresenta uma elevada concentração de metais (MATTOS, 2011).



Além dos resíduos sólidos gerados no tratamento do efluente líquido galvânico, outros setores das empresas do ramo galvanoplástico também geram resíduos que podem apresentar um elevado grau de periculosidade e, sendo assim, também necessitam de tratamento adequado antes de serem dispostos no meio.

Localizado no sul do estado do Ceará, o município de Juazeiro do Norte está entre os três polos mais importantes do Brasil, no que diz respeito à produção de folheados (MATTOS, 2011). Essas empresas são muito importantes para o município, pois geram emprego e renda. Mas em contrapartida também possuem seu lado negativo por serem consideradas como uma das grandes geradoras de Resíduos Sólidos Perigosos (RSP). A grande geração desses resíduos preocupa, tanto em relação ao acondicionamento quanto ao tratamento que está sendo dado a esses RSP. O município não dispõe de técnicas avançadas de tratamento de RSP, nem possui aterro sanitário industrial. Portanto considera-se relevante a realização de um diagnóstico da geração e do tratamento dado a esses resíduos.

Conhecer o resíduo gerado na indústria permite o planejamento de estratégias de gerenciamento, que intervenham nos processos de geração, transporte, tratamento e disposição final, buscando garantir a curto, médio e longo prazo, a preservação da qualidade do meio ambiente. Sendo assim, no presente trabalho realizou-se uma análise quali-quantitativa dos resíduos sólidos gerados pelas empresas de galvanoplastia, bem como se avaliou as formas de acondicionamento e tratamento desses resíduos.

## **2.METODOLOGIA**

### **2.1 Caracterização Geral do Município em Estudo**

O município escolhido para a pesquisa foi Juazeiro do Norte que se destaca nacionalmente na produção de joias e folheados. Localizado ao sul do estado do Ceará, na Região Metropolitana do Cariri (RMC), a uma altitude média de 377 metros, possui uma área de 249 Km<sup>2</sup> e uma taxa de urbanização superior a 95%, com uma população de 255,648 habitantes (IBGE, 2012). De acordo com os dados do IBGE (2009), Juazeiro possui um PIB de R\$ 1.586,996 mil, sendo que nos últimos dois anos a economia do Município tem crescido de forma vertiginosa, tornando-se a quinta maior economia do estado, estando atrás somente das cidades de Fortaleza, Maracanaú, Caucaia e Sobral.

Dentre as cidades que compõem a RMC (Figura 1), Juazeiro do Norte é a mais desenvolvida, em torno de 50% da renda nominal mensal por domicílio particular permanente é de até dois salários mínimos (GOMES, 2014). Em relação à localização política e administrativa, o município está inserido na Macrorregião de Planejamento Cariri Centro-Sul, Mesorregião Sul Cearense e na Microrregião do Cariri (CEARÁ, 2010).

Figura 1 - Mapa da Região Metropolitana do Cariri



Fonte: IBGE/IPECE, 2014.

## 2.2 Identificação das Indústrias Geradoras de Resíduos Galvânicos

Para a identificação do universo das empresas geradoras de resíduos galvanoplásticos, que utilizam no ciclo produtivo o banho galvânico e, conseqüentemente, possuem Estações de Tratamento de Efluente (ETE) em operação, que estejam oficialmente licenciadas junto ao órgão ambiental municipal competente e que tiveram suas licenças de operação expedidas no período compreendido de 01 de junho de 2012 a 01 de julho de 2014 na Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (Amaju), responsável pela fiscalização, licenciamento e monitoramento no âmbito municipal.

### a. Levantamento de Dados Relativos à Geração de Resíduos Sólidos Galvânicos

A fonte de pesquisa do presente trabalho foram às pastas de Licenciamento Ambiental, arquivadas no setor da Amaju. Nestas, através do instrumento de levantamento de dados (Quadro 1), colheu-se todas as informações necessárias a atender o objetivo do presente trabalho. Objetivou-se adquirir informações referentes à classificação (segundo a NBR 10.004/2004), quantificação, acondicionamento e forma de tratamento dada aos RS, realizando um levantamento de dados junto aos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), apresentados como Estudo Ambiental (EA) complementar no decorrer do tramite do processo de Licenciamento Ambiental. Este documento é considerado como um EA, e é obrigatório para empreendimentos, especialmente as

indústrias, que gerem resíduos nos processos produtivos, conforme Art. 20 da Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010.

Quadro 1- Instrumento de Levantamento de Dados

<b>PESQUISA COM AS EMPRESAS LICENCIADAS PELA AMAJU</b>	
Empresa:	
Resíduos Gerados:	Setor de Origem:
Classificação:	
Forma de Acondicionamento:	Forma de Tratamento:

Fonte: Simas, 2007 (Adaptado).

### **b.Análise dos Dados**

Todos os dados levantados através do instrumento de pesquisa foram analisados de forma direta e agrupados em gráficos e tabelas. Através da presente análise, identificou-se os principais resíduos gerados, suas respectivas quantidades, seus setor de origem, formas de acondicionamento e tratamento. Vale salientar que a classificação dos resíduos foi realizada de acordo com o setor que os originou e os seus constituintes químicos.

## **3.RESULTADOS**

O levantamento dos dados gerou uma listagem de 17 empresas licenciadas pela AMAJU. O PGRS apresentado por estas, ao setor de licenciamento da AMAJU, deve seguir um roteiro estabelecido no Termo de Referência, fornecido pelo órgão. Um dos itens deste solicita um diagnóstico descritivo de todos os resíduos sólidos gerados nos setores dos respectivos empreendimentos em estudo, bem como, a quantificação, classificação (segundo a NBR 10.004/2004), forma de acondicionamento e tratamento dado a estes, antes da implantação e execução do PGRS.

O tratamento de efluentes das atividades de galvanoplastia tem como finalidade a remoção dos resquícios de metais diluídos nos mesmos. Nas empresas pesquisadas o tratamento dos efluentes líquidos oriundos dos banhos é, predominantemente, do tipo físico-químico. A geração de Resíduos Sólidos Perigosos nos processos de galvanoplastia decorrem principalmente, do tratamento dos efluentes líquidos (MATTOS, 2011). Dessa forma, a presente pesquisa evidenciou a afirmação de outros autores, onde constatou-se que 89,41% dos resíduos gerados pelo universo de empresas em estudo é Lodo Galvânico (Quadro 1), estes são originados no setor de tratamento de efluentes (ETE) e são acondicionados em Bombonas Plásticas (85,8%), em embalagens de sacos plásticos (10,2%) e de outras formas (4%). A norma ABNT NBR 12.235/1992 preconiza que o acondicionamento desse resíduo deve ser feito em bombonas plásticas, vedadas e, posteriormente, armazenadas em local coberto, arejado e isolado. Observa-se assim, que a maior parte dos resíduos das empresas em estudo são acondicionados de forma correta, atendendo assim a normatização.

Devido a sua origem e constituição, o Lodo Galvânico é classificado como Classe I, ao mesmo aplica-se diversas formas de tratamento, sendo: 27% destinado à reciclagem, 33% a incineração e 40% armazenado na empresa. Evidencia-se dessa forma que a maior parte do resíduo fica acondicionado dentro da própria empresa, cirando assim um grande passivo ambiental nas dependências dos empreendimentos. De acordo com Simas (2007), para o Lodo Galvânico a reciclagem é considerada tecnicamente viável, pois a partir de processos sofisticados reaproveitam-se alguns materiais contidos no resíduo, porém nem todos os materiais presentes neste podem ser recuperados. Assim, essa forma de tratamento oferece apenas uma solução parcial para o resíduo, não possibilitando de forma definitiva a eliminação do resíduo perigoso. A reciclagem do lodo gerado pelas empresas em estudo é realizada em uma empresa localizada no município de Araucária, estado do Paraná. Esta vem recolher o Lodo Galvânico das empresas para as quais presta serviço no Município de Juazeiro do Norte e os leva para sua sede no município de Araucária, onde realiza a reciclagem. O processo de reciclagem desenvolvido pela Puremetal é realizado em uma usina de reciclagem, onde o Lodo Galvânico é submetido a vários procedimentos industriais os quais objetivam a remoção da maior quantidade possível de metais.

Quadro 1: Resíduos Sólidos Gerados, Setor de Origem, Quantidade e Forma de Acondicionamento

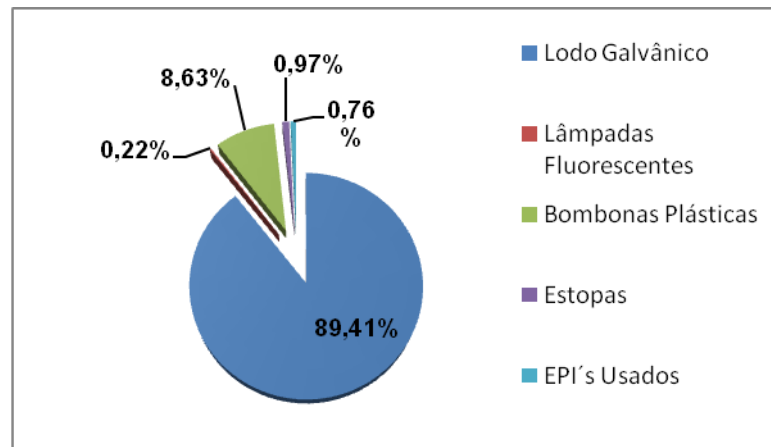
Resíduo	Setor de origem	Quantidade Gerada	Forma de acondicionamento	Percentual (%)
Lodo Galvânico	ETE	4050 Kg/mês	Bombonas Plásticas	85,8
			Sacos Plásticos	10,2
			Outras Formas	4
Bombonas Plásticas	Produção	391 Kg/mês	Abrigo de Resíduos	45
			Outras Formas	55
Estopas	Produção/Manutenção	44 Kg/mês	Bombonas Plásticas	34
			Sacos Plásticos	56
			Outras Formas	10
EPI's Usados	Produção/Manutenção	34,5 Kg/mês	Bombonas Plásticas	28
			Sacos Plásticos	59
			Outras Formas	13
Lâmpadas Fluorescentes	Todos os Setores	10 Kg/mês	Bombonas Plásticas	23
			Sacos Plásticos	32
			Própria Embalagem	37
			Outras Formas	8

Fonte: Amaju, 2014.

As Bombonas Plásticas correspondem a 8,63% dos resíduos gerados pelas empresas estudadas (Figura 2), estas são todas originadas no setor de produção, e assim são classificadas como Classe I,

45% delas são acondicionadas e armazenadas em abrigos de resíduos. O restante (55%) é armazenado de diversas formas, como no estacionamento dos veículos, no almoxarifado, nos corredores e nos jardins das empresas. As Bombonas também estão sendo recicladas, porém de forma incorreta, sendo transformada através da reciclagem em outros objetos, sem passarem por nenhuma forma de tratamento para remover os resquícios de substâncias contidas nas mesmas. A forma de gerenciamento mais adequada para as Bombonas Plásticas, conforme regulamenta a Lei Federal 12.305/2010 no seu Art. 33 é a Logística Reversa, através da qual se busca viabilizar a coleta e a restituição dos RS aos fabricantes, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Figura 2: Percentual de Resíduos Sólidos Gerados.



Fonte: Amaju, 2014.

Em relação às Estopas, estas representam 0,97% dos resíduos gerados pelas empresas (Figura 2), nos setores de produção e manutenção. Destes, 34% são acondicionadas em Bombonas Plásticas, atendendo assim às normas de acondicionamento. O restante é acondicionado em Sacos Plásticos (56%) ou em Caixas de Papelão (10%), que são recipientes inadequados e em desconformidade com as normas. As estopas descartadas pelas empresas de galvanoplastia são resíduos que podem apresentar diversos componentes tóxicos tais como ácidos, óleos e graxas e, portanto, devem ser acondicionados em recipientes rígidos, intactos e fechados. 43% destes resíduos estão sendo incinerados, os 57% restantes não recebem Nenhuma Forma de tratamento.

As Lâmpadas Fluorescentes são os resíduos perigosos gerados em menor quantidade advindos de todos os setores, representando apenas 0,22% de todos os resíduos contabilizados. Contudo, apenas 23% das lâmpadas são acondicionadas de forma correta em Bombonas Plásticas. Do restante, (32%) são acondicionadas em Sacos Plásticos, 37% na Própria Embalagem de comercialização e 8% são acondicionados de Outras Formas. Quanto ao tratamento dado à estas, 24% se dá na forma de reciclagem, 40% são armazenadas na própria empresa e os 36% restantes das Lâmpadas fluorescentes gerados nas respectivas empresas em estudo, não recebem Nenhuma Forma de tratamento.

No caso dos EPI's Usados, é gerado um percentual de 0,76% nos setores de produção e manutenção. 28% do total levantado é acondicionado de forma correta em Bombonas Plásticas, no

entanto, o restante (72%) é armazenado de forma incorreta. Sendo 59% acondicionado em Sacos Plásticos e 13% em Caixas de Papelão. No que diz respeito ao tratamento deste resíduo, 36% vão para a incineração e os 64% não recebem Nenhuma Forma de tratamento.

## 4. CONCLUSÕES

Fica evidenciado através do presente estudo que dentro dos setores das empresas de galvanoplastia, os setores responsáveis pela maior geração de RS são os de Produção e Manutenção. Constatou-se também que os principais RS gerados são: Lodo Galvânico, Bombonas Plásticas, Estopas, EPI's Usados e Lâmpadas Fluorescentes, todos estes classificados como RS Classe I (perigoso) de acordo com a NBR 10.004/2004. Destaca-se dentre estes o Lodo Galvânico, pois o mesmo é o RS gerado em maior quantidade mensalmente, correspondendo assim a 89,41% dos RS gerados.

O acondicionamento destes não atende totalmente o que preconiza as normas, elevando assim os passivos ambientais dentro das empresas. As formas de tratamento executadas para com estes não são as mais indicadas e viáveis, do ponto de vista econômico e ambiental.

Conforme constatado, a maior parte dos resíduos sólidos gerados não recebem as formas corretas de acondicionamento e tratamento, gerando assim um grande passivo ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro de 2014.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12235: **Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, MMA - **Lei n. 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, agosto de 2010.

CEARÁ, Secretaria do Planejamento e Gestão (SEPLAG), Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) **Perfil Básico Municipal - Juazeiro do Norte**, Fortaleza - CE, 2010.

GIL, L. G. **Uso de resíduos de galvanoplastia como fonte alternativa de zinco para a produção de matéria seca de girassol (*Helianthus annuus* L.) e de milho (*Zeamays*L.) em latossolo vermelho (RhodicKandiudox)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

GOMES, E. R. **Avaliação da composição do biogás no lixão municipal de Juazeiro do Norte – CE em condições climáticas distintas**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, 2014.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 – PNSB**. Rio de Janeiro 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil município de Juazeiro do Norte – CE**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=230730&search=ceara|juazeiro-do-norte>>. Acesso em: 06 de setembro de 2014.

LADEIRA, A. C. Q.; PEREIRA, D. B. A. **Avaliação do potencial poluidor da indústria galvânica: caracterização, classificação e destinação de resíduos. Metalurgia e Materiais**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 61(3):385-390. jul. set. 2008.

MATTOS, C. S. **Geração de resíduos sólidos de galvanoplastia em regiões densamente povoadas – Avaliação, inertização e destinação**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências, Área de Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – USP, São Paulo, 2011.

PERINI, S. J. B; SOUZA, H. C. M; MOLIN, M. L; PERINI, B. L. B; SELLIN, N. **Avaliação dos processos de precipitação química de efluente galvânico com hidróxido de cálcio e carbonato de sódio**. XX Congresso brasileiro de engenharia química, Florianópolis, 2014.

SIMAS, R. **Levantamento da geração de resíduos galvânicos e minimização de efluentes contendo cianeto**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

## **3.2.RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM UMA LAVANDERIA DE BENEFICIAMENTO DE JEANS EM TORITAMA-PE; DIAGNÓSTICO E DESTINAÇÃO**

**RIBEIRO, Maria Cristiane Bezerra**

Mestra em Tecnologia Ambiental

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental

Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP

cristianemcbr@gmail.com

**ALBUQUERQUE JUNIOR, Eden Cavalcanti de**

Doutor em Engenharia Química

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental

Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP

eden@itep.br

**ALENCAR, Bertrand Sampaio de**

Doutor em Desenvolvimento Urbano

Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental

Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP

bertrand@itep.br

### **RESUMO**

A gestão dos resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento do jeans apresenta-se como um grande desafio para as lavanderias instaladas em Toritama-PE. Neste estudo é apresentado um diagnóstico da geração e destinação de resíduos sólidos de uma lavanderia de jeans, em Toritama-PE, bem como o potencial de reutilização e/ou reciclagem desses resíduos. A partir da identificação, classificação e quantificação realizadas no período de março, maio e junho de 2015, foi possível estimar a geração anual de resíduos da ordem de 478 kg (classe I), 14.740 kg (classe IIA) e 339 kg (classe IIB). 77,8% desses resíduos são descartados no lixão municipal. Oportunidades para minimizar a geração de resíduos, a partir da implantação de técnicas de produção mais limpa, deve ser tomada como meta na empresa. Além disso, a gestão compartilhada desses resíduos pelas lavanderias da região, no formato de cooperativa, pode facilitar a destinação e reutilização desses resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos, Lavanderia de beneficiamento de jeans, Degradação ambiental.



## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da produção de confecções em municípios do Agreste Pernambucano, como Santa Cruz do Capibaribe, Toritama e Caruaru, provocou um grande crescimento populacional e econômico com taxas muito superiores às registradas no Brasil, no Nordeste, ou até mesmo em Pernambuco. Nesse patamar, a geração de resíduos sólidos em todos os municípios que compõem o Arranjo Produtivo Local (APL) de confecções é bastante significativa.

Dados do Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequenas Empresas revelam que o município de Toritama apresentou o segundo maior crescimento econômico no Estado de Pernambuco (12% ao ano). O município concentra 2.820 unidades produtivas (empresas e empreendimentos), onde se destacam as unidades de beneficiamento de jeans (lavanderias) (SEBRAE, 2013).

O beneficiamento do jeans, uma das principais atividades no município de Toritama-PE, é considerado uma das atividades mais impactantes no que diz respeito à poluição ambiental. Tal processo envolve uma gama significativa de operações como: estamparia, alveamento, tingimento, dentre outros (SANTOS, 2010).

Esses processos 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 (SILVA; BARROS; RESENDE, 2005). Alguns desses resíduos são caracterizados, segundo a NBR 10004:2004, como classe I (ABNT, 2004a). Muitos desses resíduos têm sido gerenciados de maneira inadequada e geralmente estão sendo encaminhados para um lixão municipal.

Os resíduos têxteis, classificados como resíduos classe II A, segundo a NBR 10004:2004, podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, excluídos aqueles contaminados por substâncias constantes nos Anexos C, D e E da referida norma. Apesar dessas características, os resíduos têxteis podem ser reutilizados ou reciclados quase em sua totalidade, desde que não sofram contaminação durante o processo fabril. Segundo o Serviço Nacional da Indústria (SENAI, 2007), um retalho de tecido contaminado e descartado em um recipiente com resíduos limpos contamina-os em sua totalidade, o que impede a sua reutilização e reciclagem.

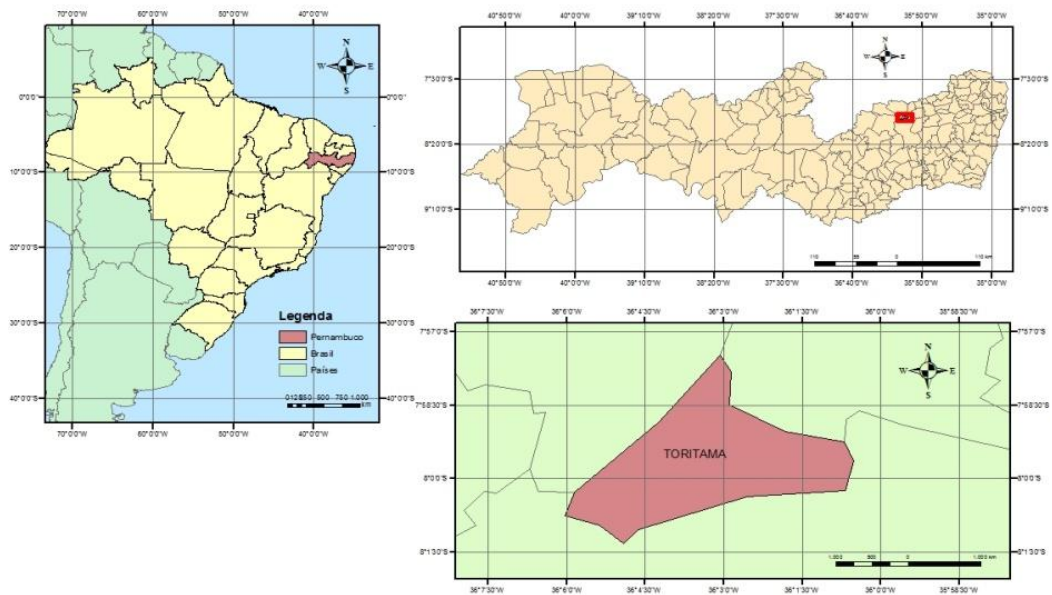
Considerando o potencial poluidor dos resíduos sólidos gerados em lavanderias de jeans, da necessidade de adequação dessas às exigências ambientais dos órgãos fiscalizadores, e dos trabalhos que têm sido desenvolvidos, buscando o tratamento e destinação correta, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados na indústria têxtil (DURÃO JÚNIOR; WINDMÖLLER, 2008; MILAN; VITTORAZZI; REIS, 2010; OLIVEIRA et al., 2013), este trabalho se propõe a analisar o potencial de reutilização ou reciclagem dos resíduos gerados em lavanderias de jeans.

## 2.METODOLOGIA

### 2.1 Local de Estudo

Este trabalho foi desenvolvido no município de Toritama, distante 167 km da capital pernambucana, Recife (Figura 1). O município tem uma extensão territorial de 25.704 km e uma população estimada de 41.035 habitantes, conferindo-lhe uma densidade demográfica de 1.383,21 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2014).

Figura 1 - Localização geográfica da cidade de Toritama no estado de Pernambuco



Fonte: Adaptado do IBGE (2014).

O município de Toritama situa-se na mesorregião do Agreste Pernambucano e na microrregião do Alto Capibaribe. A região é formada por superfícies onduladas com relevos residuais altos, e a vegetação característica da região é a caatinga. O clima é do tipo semiárido, muito quente. O período de chuvas inicia-se em fevereiro-março e pode se estender até agosto (MASCARENHAS, 2005).

Em Toritama, considerado o terceiro maior produtor de jeans do polo têxtil do Agreste Pernambucano, existem cerca de 1.500 empresas atuantes (confeccões e lavanderias) de um total de 3.458 de empresas que compõem o Arranjo Produtivo Local (APL) do Agreste Pernambucano. Cerca de 60 lavanderias compõem o arranjo produtivo local desse segmento, sendo 86% das unidades produtivas localizadas na área urbana e 14% na área rural (SEBRAE, 2013).

## 2.2 Caracterização do Empreendimento

Para obter informações sobre a lavanderia estudada, aplicou-se um questionário elaborado a partir de estudos já realizados na área de indústria têxtil, em especial de Lavanderias de Jeans (PIETROBON et al., 2002; SILVA et al., 2009; PACHER; VAZ; OLIVEIRA, 2011). As questões abordadas foram do tipo abertas e dicotômicas a fim de caracterizar o porte da lavanderia, períodos de maior produção, quantidade de peças produzidas, dentre outras informações. O questionário foi aplicado ao gerente da empresa e a complementação do estudo foi alcançada a partir de visitas *in loco* para registros fotográficos em todas as áreas da empresa (autorizadas pelo proprietário). Para identificar o porte das lavanderias foram tomados os critérios adotados por Silva, Barros e Resende (2005) e da Agência Pernambucana de Meio Ambiente (CPRH, 2005), que consideram a área construída para diferenciar o porte de uma lavanderia: pequeno porte (até 1.000 m<sup>2</sup>), médio porte (até 8.000 m<sup>2</sup>) e de grande porte (acima de 8.000 m<sup>2</sup>).

## 2.3 Diagnóstico dos Resíduos Gerados pela Lavanderia

Para realização do diagnóstico sobre gestão dos resíduos da Lavanderia em estudo, elaborou-se um questionário desenvolvido com base no relatório do Sinditêxtil e Cetesb (2009). Todos colaboradores da empresa foram comunicados sobre a importância da pesquisa e como seria realizada. Os setores da empresa foram percorridos para identificação dos processos de beneficiamento e para uma prévia identificação dos resíduos sólidos gerados.

Após a identificação dos setores e dos processos, foram disponibilizados para a empresa sacos plásticos de 100L, com etiquetas, para auxiliar na segregação, identificação, quantificação e posterior classificação dos resíduos (Figura 2).

Figura 2 - Sacos plásticos utilizados na segregação dos resíduos



Fonte: Próprio autor.

Nessa etapa contou-se com o auxílio de uma pessoa da empresa, responsável pela limpeza, a qual foi orientada a separar todo resíduo por tipo, com o objetivo de identificar todos os resíduos sólidos gerados no período de uma semana. As demais pesagens se deram no mesmo formato, semanal.



01 - Caldeiras	Cinzas
02 – Oficina	Sucata de metais ferrosos
03 – Acabamento	Fiapos, pelo de tecido, areia
04 – Escritório	Papel
05 – Aplicação de Ozônio (O <sub>3</sub> )	Sem resíduo
06 - Lavadoras	Efluente líquido
07 – Aplicação de KMnO <sub>4</sub>	EPI's e câmaras de ar utilizadas na aplicação
08 – Aplicação de Laser	Sem resíduo
09 – Estação de Tratamento de efluente	Lodo físico-químico
10 – Refeitório	Resíduos de alimento (orgânico) Armazenamento de bombonas plásticas vazias e do lodo físico-químico (acondicionado em sacos de rafia).
11 – Depósitos	
12 – Peneiramento	Resíduos de argila e fiapos de tecidos
13 – Laboratório	Efluente líquido

Fonte: Próprio autor.

Tentou-se trabalhar com cenários que retratassem os períodos de baixa e alta temporada na lavanderia pois apresentariam resultados que apoiariam uma melhor tomada de decisão quanto aos resíduos gerados e sua gestão pela empresa. Comumente, nos períodos da primeira e segunda coleta, março-2015 e maio/junho-2015, a empresa deveria se encontrar em um cenário típico de baixa e alta temporada, com uma produção estimada de 40 mil e 200 mil peças mês, respectivamente. Entretanto, o cenário observado, já previsto pela Abit (2014), foi de uma queda na produção de cerca de 20%.

Os resíduos segregados na empresa (térreo e primeiro pavimento), no período de marco-2015 (1ª coleta) e maio-junho/2015 (2ª coleta), foram quantificados e classificados, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação, tipologia e quantidade (kg) de resíduos gerados na lavanderia

Classe	Tipo	Código	Resíduo	1ª Coleta	2ª Coleta
I	D	D004	Papel higiênico e absorvente	9,7	8,7
I	I	FID00	EPI's e câmaras de ar contaminados com KMnO <sub>4</sub>	15,5	20,4
I	D/I	F044	Lâmpadas fluorescentes pós-consumo	100,0	2,0
I	I	FI134	Bombonas plásticas vazias	64,2	70,2
I	I	F130	Resíduo de óleo lubrificante	13,9	13,9
<b>IIA</b>	I	I134	Resíduo de pedras de argila	183,0	228,0
<b>IIA</b>	I	A010	Cinzas de queima de madeira	323,0	394,0

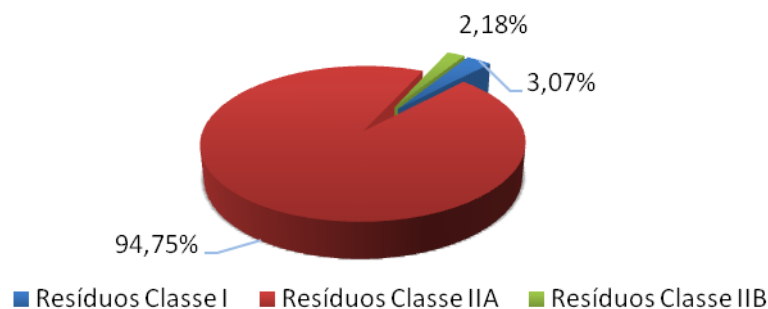
<b>IIA</b>	I	A111	Lodo físico-químico	4209,0	4462,0
<b>IIA</b>	I	FI010	Rolamentos de máquinas	27,6	0,0
<b>IIB</b>	D	A004	Papel	13,9	10,0
<b>IIB</b>	D	A006	Copo plástico	3,3	0,0
<b>IIB</b>	D	A002	Embalagens vazias de produtos de limpeza	19,3	14,5
<b>IIB</b>	D	A107	Quentinhas de alumínio	1,0	9,3
<b>IIB</b>	D	A105	Garrafas PET (refrigerantes)	2,8	1,3
<b>IIB</b>	I	A002	Resíduos de varrição	28,8	39,5
<b>IIB</b>	I	A003	Redes de elastano	28,8	15,8
<b>IIB</b>	I	A010	Retalho de jeans	5,2	0,0
<b>IIB</b>	D	A001	Resíduo de alimentos	17,4	14,1

\*Os resíduos foram classificados e codificados pela NBR 10004:2004

Tipo: D = Doméstico, I = Industrial

A partir da segregação dos resíduos gerados pela lavanderia nos períodos de coleta, considerados de baixa (março-2015) e alta temporada (maio/junho-2015), foi possível estimar que a geração anual de resíduos chega a cerca de 15,5 toneladas, distribuídos em resíduos classe I (478 kg ou 3,07%), classe II (14.739,9 kg ou 94,75%) e classe IIB (2,18%) (Figura 3).

Figura 313 - Classes de resíduos encontrados na lavanderia

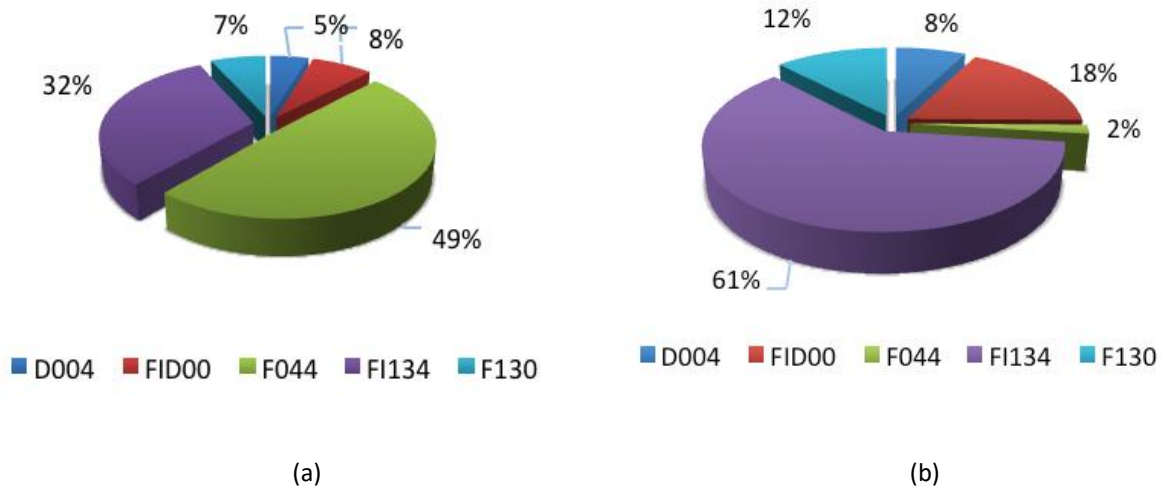


Fonte: Próprio autor.

A classe mais predominante de resíduos gerados em indústrias no Estado de Pernambuco, é a II. Além disso, um diagnóstico ambiental realizado nas lavanderias de Toritama-PE, desenvolvido por Silva, Barros e Resende (2005), foi observado que nas 56 lavanderias pesquisadas os resíduos sólidos classe II foram maioria.

Separado por classes, foi possível analisar a composição de cada grupo de resíduos, chegando-se aos resultados por períodos, os quais estão apresentados na Figura 4a e 4b.

Figura 4 – Percentual de Resíduos classe I identificados na lavanderia. a) março-2015 e b) maio/junho-2015



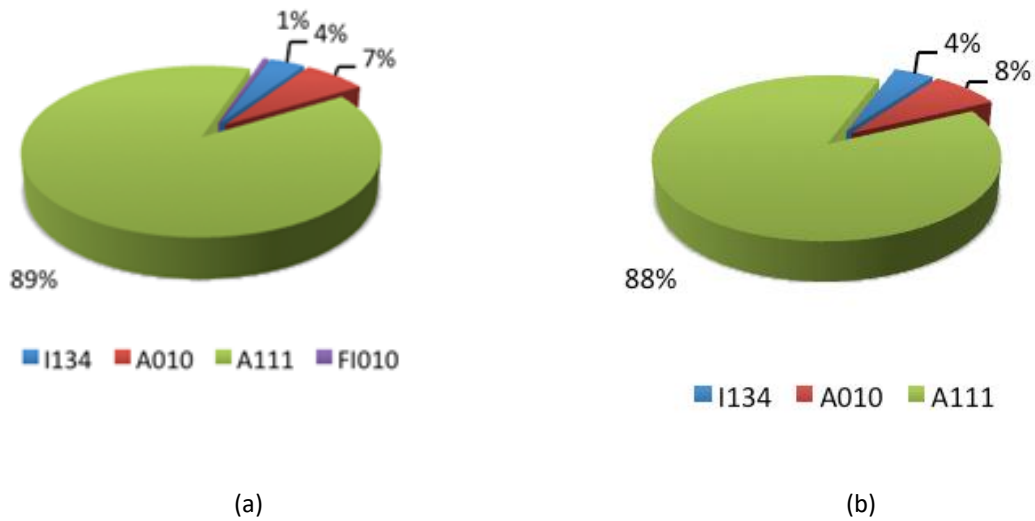
Fonte: Próprio autor.

203 kg de resíduos classe I foram gerados no primeiro ciclo de coletas (março-2015) quando comparados aos 115 kg gerados no 2º ciclo de coleta (maio/junho-2015). A fração de resíduos classe I, identificados na lavanderia e classificados conforme a NBR 10004:2004, em sua totalidade apresentou uma diferença significativa entre os períodos, sobretudo no que se refere a resíduos como bombonas vazias de Tintas, resinas, corantes e material químico, e EPI's e material contaminados com  $KMnO_4$ . Esses materiais não vêm sendo descartados corretamente segundo recomendações da referida norma. Com exceção do óleo, os demais resíduos são descartados no lixão do município, às margens da BR-104, em área urbana. A problemática é antiga haja vista que um diagnóstico realizado pela CPRH (2005) revelou que a geração de resíduos sólidos já era bastante significativa nas lavanderias de beneficiamento de jeans visto que o processo produtivo é bastante intenso.

Milan, Vittorazzi e Reis (2010) constataram que resíduos de retalhos de tecido, considerados não inertes, quando contaminados com óleo de máquina, tornam-se resíduos perigosos. Em vista disso, devem ser separados e enviados a um aterro para resíduo classe I. Os resíduos classe II A, que não se enquadraram nas classificações de resíduos classe I nem de classe II B, podendo ter propriedades como combustividade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (Figura 5). Em sua maioria, 88% dos resíduos classe IIA foi composto pelo lodo físico-químico (A111) gerado pela estação de tratamento de efluente da lavanderia. Os outros resíduos, de mesma classe, A134 (Resíduos de pedra de argila) e A010 (Cinzas de queima de madeira), também apresentaram uma geração substancial nos meses de coleta, em média cerca de 350 kg e 205 kg, respectivamente.

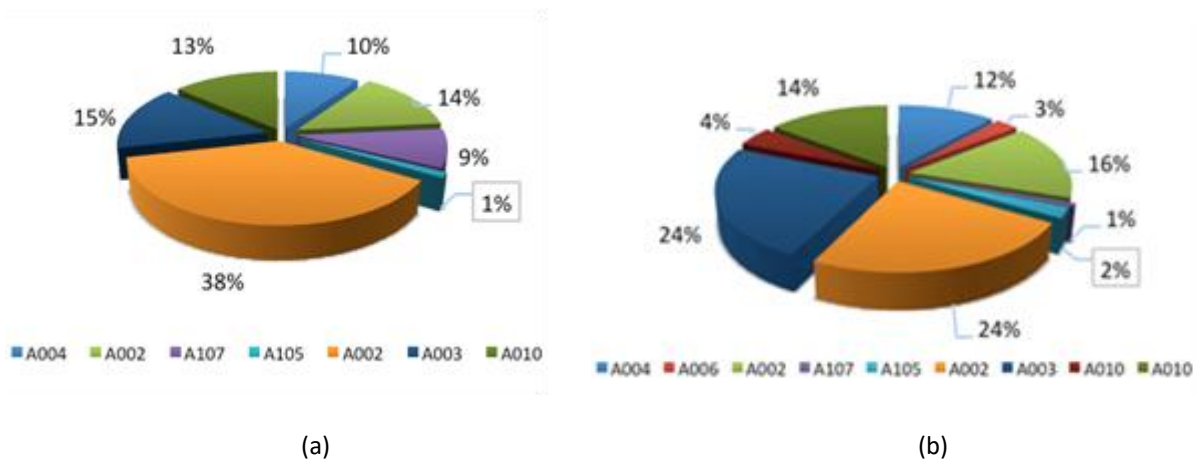
A Figura 6 apresenta os resíduos classe II B (inertes) coletados e segregados no período de baixa e alta temporada. O Quadro 3 apresenta a classificação dos resíduos conforme a NBR 1004.

Figura 5 - Resíduos classe II A identificados na lavanderia. a) (março-2015) e b) (maio-junho/2015)



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 -Resíduos classe II B identificados na lavanderia. a) (março-2015) e b) (maio-junho/2015)



Fonte: Próprio autor.

Quadro 3: Classificação dos resíduos conforme NBR 1004

CÓD. (NBR 10004)	Resíduos / tipologia
A006	Papel + papelão
A002	Copo plástico
A107	Embalagens plásticas (produtos de limpeza)
A105	Embalagens de alimentação ("quentinhas") e latinhas de alumínio
A002	Garrafas PET
A003	Resíduos de varrição (Pó, pelo de tecido, fiapos, etc...)



A010	Retalho da rede de elastano
A007	Retalho de rede de plástico
A010	Retalhos de jeans
A001	Restos de comida

Fonte: Próprio autor.

## 4. DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS

### Óleo Lubrificante

De acordo com Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte (APROMAC, 2009), o óleo lubrificante é considerado um resíduo perigoso quando descartado de maneira incorreta. A lavanderia gera o que equivale a aproximadamente 170 kg de resíduo de óleo lubrificante/ano. De acordo com o relato do gerente da lavanderia, há apenas uma empresa que realiza a coleta desse material na região, que só aparece uma vez por ano, o que dificulta a destinação desse resíduo.

### Lâmpadas Fluorescentes pós-consumo

A pesar da quantidade insignificante, as lâmpadas utilizadas na empresa, do tipo fluorescentes, quando queimam, são destinadas ao lixão do município. Não há coleta específica, nem programa de logística reversa para esse material, conforme determina a Lei Federal n.º 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Durão Júnior e Windmöller (2008) constataram que lâmpadas fluorescentes, quando descartadas de maneira inadequada, podem causar sérios danos ao meio ambiente, uma vez que apresentam mercúrio em sua composição que pode rapidamente se espalhar.

### Lodo Têxtil

O resíduo de maior quantitativo da lavanderia, chegando a um volume de aproximadamente 1 t./mês. É oriundo do processo de tratamento físico-químico do efluentes da lavanderia e vem sendo encaminhado à Central de Tratamento de Resíduos (CTR) em Igarassu, Pernambuco. Devido ao quantitativo gerado e das características desse material, haja vista que seu descarte incorreto pode acarretar impactos ambientais, além do custo de recolhimento, R\$ 250,00/t., algumas alternativas para reuso desse material têm sido investigadas, tal como aborda Almeida et al. (2011), que agregaram esse material à argila e fabricaram blocos cerâmicos acústicos.

### Equipamentos de Proteção Individual

Após inutilizados por desgaste, os equipamentos de proteção individual como aventais, luvas, máscaras, botas, além de pedaços de camarás de ar contaminados com resíduo de Permanganato de Potássio são encaminhados ao lixão do município. De acordo com a NBR 10004:2004, os resíduos de borracha não são considerados perigosos exceto quando contaminados por substâncias constantes nos Anexos C, D, E da referida norma, e que apresentem características de periculosidade.

### Cinzas

Na lavanderia existem duas caldeiras em funcionamento e a matriz energética utilizada é a lenha da Algaroba (*Prosopis juliflora*). As cinzas oriundas da queima da madeira são retiradas das caldeiras e agregadas ao lodo têxtil, que é encaminhado para o Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (Arip). Esse resíduo pode ser reutilizado, a exemplo do sugerido por Maeda, Silva e Magalhães (2007), que utilizaram as cinzas de caldeira, oriundas da queima de biomassa florestal na indústria de papel e celulose, para aplicação em solo.

#### **Embalagens plásticas (bombonas) contendo resíduo de materiais químicos utilizados na indústria pesquisada**

Observou-se que as embalagens plásticas (bombonas) têm como destinação final, o lixão do município. A NBR 10004:2004 classifica as embalagens plásticas contendo resíduos de óleo lubrificante como sendo classe I, ou perigosos, pois apresentam características de toxicidade, e essa periculosidade induz à conscientização de que o descarte no lixo comum é uma prática que deve ser abolida, pela possibilidade de causar danos ao meio ambiente e à saúde pública, conforme afirmam Caraschi e Leão (2002).

#### **Argila Expandida (Pedras) + Fiapos de Jeans**

A argila expandida utilizada no processo de beneficiamento de jeans, segundo Knoll (2011), remove o corante e também fragmentos do tecido, que se juntam ao banho. Silva (2011) complementa que após a desengomagem do jeans, inicia-se o processo de estonagem, no qual as peças sofrem um desgaste físico, pois são colocadas na máquina de lavar com pedras de argila expandida. Depois desse processo, no momento da centrifugação e secagem, descartam-se os resíduos de argila e fiapos de tecido.

Segundo o responsável pelo tratamento dos efluentes da lavanderia, esse material também é considerado classe II A, e tem sido descartado no Arip junto ao lodo e as cinzas. O anexo H da NBR 10004:2004 caracteriza esse resíduo como código A010, resíduos têxteis, porém estão agregados aos fiapos os resíduos de lodo têxtil e fragmentos de argila expandida, que possivelmente lhe confere alguma característica de periculosidade.

#### **Resíduos Sanitários**

Os resíduos originados de banheiro são considerados patogênicos, e podem provocar doenças (NBR 10004:2004). Em média foram gerados cerca de 2,3 kg do referido resíduo. Apesar de sua fácil biodegradabilidade, esse resíduo tem sido destinado ao lixão do município com os demais resíduos de coleta domiciliar.

## **5. CONCLUSÕES**

Foi constatado um percentual significativo de Resíduos Classe II A (94,75%), quando comparados aos 3,07% de resíduos Classe I e 2,18% de resíduos Classe IIB gerados pela lavanderia.

Apesar de o 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.

## REFERÊNCIAS

ABIT - Indústria têxtil e de confecção brasileira. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha\\_rtcc/cartilha.pdf](http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha_rtcc/cartilha.pdf)>. Acesso em: 2 dez. 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: resíduos sólidos: classificação**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

ALMEIDA, P. H. S. et al. Estudo sobre solidificação/estabilização de lodo de lavanderias industriais para fabricação de blocos cerâmicos acústicos: ressoadores de Helmholtz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina, PR. Anais... Londrina: Ibeas, 2011.

APROMAC. **Guia básico: gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados**. Cianorte, PR, 2009.

BRASIL. Lei n.º 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 6, p. 1.599-1.602, 2002.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico ambiental das lavanderias de Toritama - PE**. Recife, 2005.

DURÃO JÚNIOR, W. A.; WINDMÖLLER, C. C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. **Química Nova na Escola**, n. 28, 2008.

IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtrasperfil.php?lang=%20&codmun=261540&search=pernambuco|toritama>>. Acesso em: 26 jan. 2015. Conferir

KNOLL, K.C. Estonagem ecológica para denim. **Textília**, n. 80, p. 30-24, 2011.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; MAGALHÃES, W. L. E. **Aplicação de cinza de biomassa florestal para plantio de Pinus taeda em latossolo e cambissolo de Pirai do Sul, PR**. Brasília: Embrapa, 2007. (Comunicado Técnico, 198).

MASCARENHAS, J. C. et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Toritama, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

MILAN, G. S.; VITTORAZZI, C.; REIS, Z. C. A **redução de resíduos têxteis e de impactos ambientais: um estudo desenvolvido em uma indústria de confecções do vestuário**. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, SEMEAD, 13, 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: FEA; USP, 2010.

OLIVEIRA, E. A. G. et al. **Reuso de resíduos têxteis em comunidades artesanais do agreste Pernambucano**. In: COLÓQUIO DE MODA, 9., 2013, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2013.

PACHER, B. A.; VAZ, C.R.; OLIVEIRA, I. L. Análise do gerenciamento de resíduos de lavanderias de Ponta Grossa. **P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 9, n. 2, p. 121-131, 2011.

PIETROBON, Carmen L. R.; GOMES, Cesar H. G.; LANDGRAF, Maria Auxiliadora C.; KUSAKAWA, Marisa S.; NOGUCHI, Mika Y.; CAMPOS, Many A.; HERNANDES FILHO, J. M. M. **Gestão ambiental: auditoria ambiental em uma Lavanderia industrial em Maringá – PR**. In: ENCONTRO NACIONAL DE AMBIENTES CONSTRUIDOS, 9., 2002, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, 2005.

SANTOS, S. Impacto ambiental causado pela indústria têxtil. 2010. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T6410.PDF](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6410.PDF)>. Acesso em: 10 set. 2014.

SEBRAE. **Estudo econômico do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano 2012: relatório final do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Pernambuco - SEBRAE/PE**. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife, 9 abr. 2013.

SENAI. Departamento Regional do Rio Grande do Sul. **Produção mais Limpa em Confecções**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, Senai, 2007.

SILVA, L. G.; BARROS, R. C.; REZENDE, B. R. **Diagnóstico ambiental das lavanderias de jeans de Toritama – Pernambuco**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Recife. Anais... Recife, 2005.

SILVA, M. V. et al. **A questão ambiental no polo de confecções de Caruaru: um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 9., 2011, Brasília. Anais... Brasília, 2011.

SINDITEXTILSP. SINDITÊXTIL-SP e CETESB definem destino ecologicamente correto para lodo têxtil. 2008. Disponível em: <<http://www.sinditextilsp.org.br/meioambiente.asp>>. Acesso em: 19 maio 2015.

### **3.3. INVESTIGAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS NO SETOR GALVANOPLÁSTICO DE JUAZEIRO DO NORTE – CE**

**MELO, Jéssica Marizze Maria Dantas Oliveira**

Graduanda

Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará /Campus Juazeiro do Norte (IFCE/Juazeiro do Norte)  
jessicamarized@gmail.com

**ALENCAR, Sidney Kal-raís Pereira de**

Mestrando

Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
sidneykalrais@gmail.com

**PEREIRA, Cieusa Maria Calou e**

Doutora

IFCE/Juazeiro do Norte  
cieusa@gmail.com

#### **RESUMO**

Juazeiro do Norte se destaca a nível nacional no ramo de produção de folheados. Porém, este é considerado como um dos que mais geram Resíduos Sólidos Perigosos. Objetivou-se, assim, com a presente pesquisa, investigar os possíveis passivos ambientais gerados pelo setor galvanoplástico na cidade de Juazeiro do Norte – CE. O levantamento de dados deu-se através da consulta aos documentos técnicos dos processos de licenciamento das respectivas empresas, junto à Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte, além da utilização de estudos acadêmicos realizados no âmbito municipal. Entre os anos de 2014 e 2015 foram estudadas 17 empresas. Os principais passivos ambientais encontrados foram: o acondicionamento inadequado dos resíduos sólidos perigosos, as formas de tratamento executadas para com estes, além das formas alternativas de desaguamento do lodo observadas dentro das empresas. Pode-se, assim, afirmar que este setor tem importante contribuição na poluição e degradação ambiental dos recursos ambientais municipais.

**PALAVRAS-CHAVE:** poluição, resíduos sólidos perigosos, degradação ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente avanço tecnológico e a industrialização ocorrem de forma simultânea e têm como benefícios a produção de novos produtos e insumos que irão garantir mais comodidade e facilidade para aqueles que os usufruem. A industrialização traz benefícios, mas em contrapartida traz consigo também malefícios ao homem e ao meio ambiente, devido à geração de diversos resíduos sólidos (GIL, 2008). Quando os resíduos sólidos são dispostos em quantidades significativas em locais inadequados eles causam poluição, principalmente quando esses apresentam em sua composição metais pesados a exemplo de boa parte dos resíduos de galvanoplastia (GIL, 2008).

Os vários setores das empresas do ramo galvanoplástico são responsáveis pela geração dos resíduos que podem apresentar um elevado grau de periculosidade e, sendo assim, necessitam de tratamento adequado antes de serem dispostos no meio. De acordo com Rodrigues, Alves e Pinheiro (2014) nas últimas décadas de século XX, a cidade de Juazeiro do Norte comanda a dinâmica econômica do triângulo Crato, Juazeiro e Barbalha (CRAJUBAR), polarizando dentre as atividades a produção de joias folheadas. Mattos (2011) enfatiza que o município de Juazeiro do Norte, localizado na Região Metropolitana do Cariri, está entre os três polos mais importantes do Brasil, no que diz respeito à produção de folheados.

Este setor de produção tem sua importância para o município pois gera emprego e renda. No entanto, também possuem inconvenientes, por serem consideradas como uma das grandes geradoras de Resíduos Sólidos Perigosos (RSP). A grande geração desses resíduos preocupa, tanto em relação ao acondicionamento quanto ao tratamento que está sendo dado a eles. O município não dispõe de técnicas avançadas de tratamento de RSP, nem possui aterro sanitário industrial. Os prejuízos acarretados pelo desenvolvimento desenfreado podem ser explicados por Mangonaro (2010), definindo-os como passivos ambientais, que correspondem às dívidas ambientais das empresas.

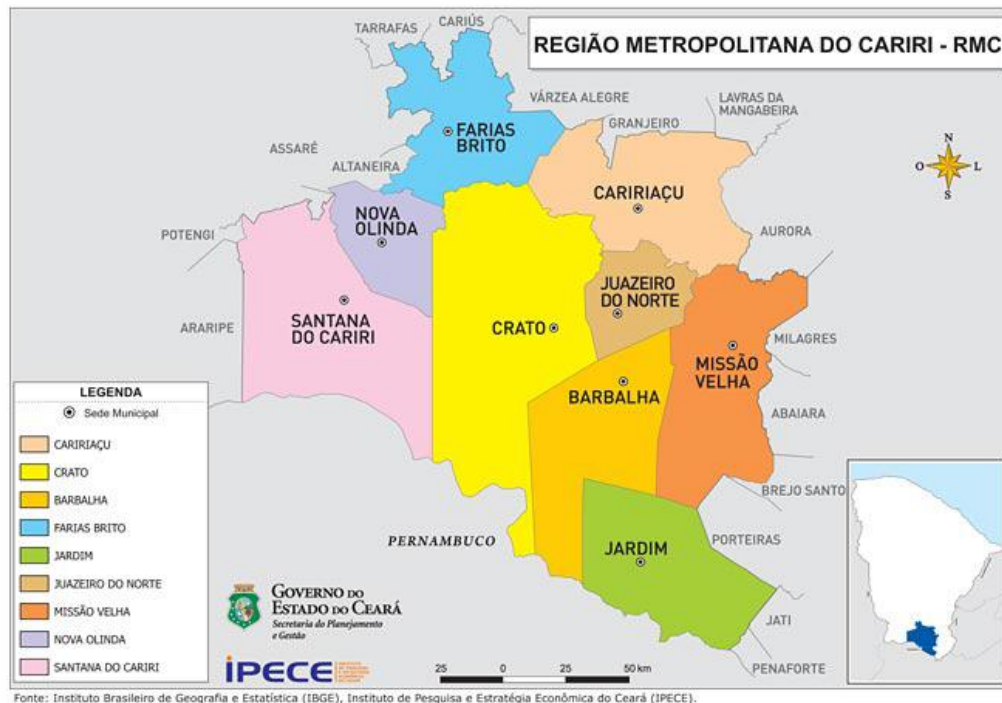
Estes passivos representam os danos causados ao meio ambiente, representando, assim, a obrigação, a responsabilidade social das empresas com os aspectos ambientais. Sendo visíveis na cidade de Juazeiro do Norte - CE. Portanto, investigar estes passivos ambientais dentro do setor galvanoplástico no município de Juazeiro do Norte torna-se de fundamental importância, uma vez alguns estudos afirmam que o município sofre a degradação ambiental gerada pelo setor em questão. Objetivou-se, assim, com a presente pesquisa investigar os possíveis passivos ambientais gerados pelas empresas de galvanoplastia na cidade de Juazeiro do Norte, no estado do Ceará.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no município de Juazeiro do Norte, o qual se destaca nacionalmente na produção de folheados e joias. Localizado na Região Metropolitana do Cariri (RMC) (figura 1), no extremo Sul do Ceará, limitando-se com os municípios de Caririçu, Missão Velha, Barbalha e Crato, compreendendo uma área de aproximadamente 249 Km<sup>2</sup>, com uma população estimada em 255.022 habitantes (IBGE, 2016).

De acordo com os dados do IBGE (2016), Juazeiro possui um PIB de R\$ 12. 327,76 mil, onde nos últimos anos a economia do Município tem crescido de forma vertiginosa, tornando-se a quinta maior economia do estado, estando atrás somente das cidades de Fortaleza, Maracanaú, Caucaia e Sobral.

Figura 1 - Mapa da Região Metropolitana do Cariri



Fonte: IBGE/IPECE, 2014.

No município foram identificadas 17 empresas do ramo de galvanoplastia que atendem aos pré-requisitos estabelecidos na pesquisa, sendo licenciadas junto a Amaju entre os anos de 2014 e 2015, as quais serviram de fonte de estudo para a presente pesquisa. Para a constatação de passivos ambientais foram analisados os documentos técnicos contidos nos respectivos processos de licenciamento de cada empresa (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS) e nos arquivos digitais da Amaju, disponibilizados pelo órgão licenciador.

Segundo Kraemer (2003) realizar o levantamento do passivo ambiental de um empreendimento significa identificar e caracterizar os efeitos ambientais adversos, de natureza física, biológica e antrópica, proporcionados pela construção, operação, manutenção, ampliação ou desmobilização de um empreendimento ou organização produtiva. A análise dos PGRS, no que diz respeito à classificação, quantificação, acondicionamento e forma adequada de tratamento dada aos Resíduos Sólidos (RS) foi baseada nas legislações vigentes, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) e a NBR 10.004/04.

Também foram utilizados alguns estudos acadêmicos realizados no âmbito municipal, relatando a poluição e degradação ambiental causada pelo setor de produção estudado. Foi identificado o porte, bem como o processo produtivo das empresas em análise, através dos

memoriais descritivos e de seus respectivos PRGS analisados. A classificação do porte das empresas foi baseada no Decreto Municipal de Juazeiro do Norte nº 486 de 15 de agosto de 2011.

### 3.RESULTADOS

No que diz respeito à geração de RS, foi possível verificar a quantidade gerada mensalmente pelas empresas analisadas (Quadro 1). Os valores evidenciam que as empresas de médio porte (correspondente a 35% das empresas estudadas) são responsáveis pela geração de 86,36% desses resíduos. A quantidade total gerada mensalmente pelo grupo de empresas analisadas é de aproximadamente 4,5 t/mês.

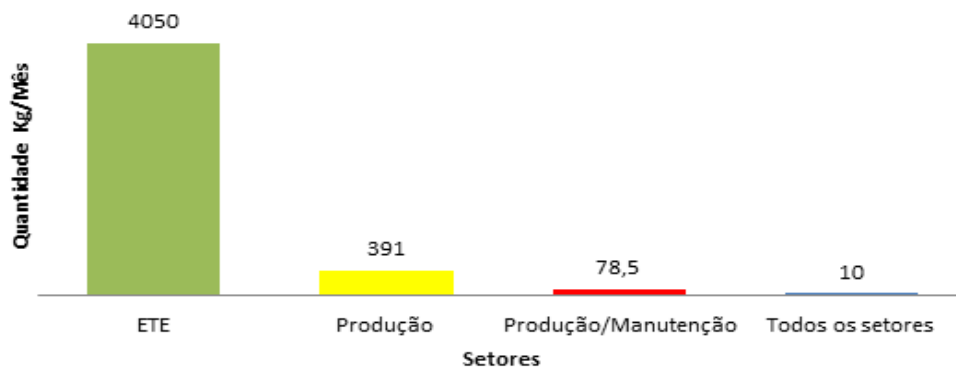
Quadro 1 - Geração de Resíduo de Acordo com o Porte das Empresas.

Grupo De Empresas	Quantidade Gerada	% Resíduo Gerado
Micro	38 Kg/mês	0,84
Pequenas	579,5 Kg/mês	12,79
Médias	3912 Kg/mês	86,36
<b>TOTAL</b>	<b>4529,5Kg/mês</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Amaju, 2015.

Nas empresas de galvanoplastia de Juazeiro do Norte, os setores que mais geram resíduos sólidos são os de produção (bombonas plásticas, estopas e equipamentos de proteção individual - EPI usados), manutenção (estopas e EPI usados) e o lodo galvânico, gerado na estação de tratamento de efluentes (ETE) (Figura 2). Observa-se também que todos os RS gerados dentro dos setores das empresas, são classificados como Classe I (perigosos) (ABNT, 2004).

Figura 2 - Geração de resíduos sólidos por setor.



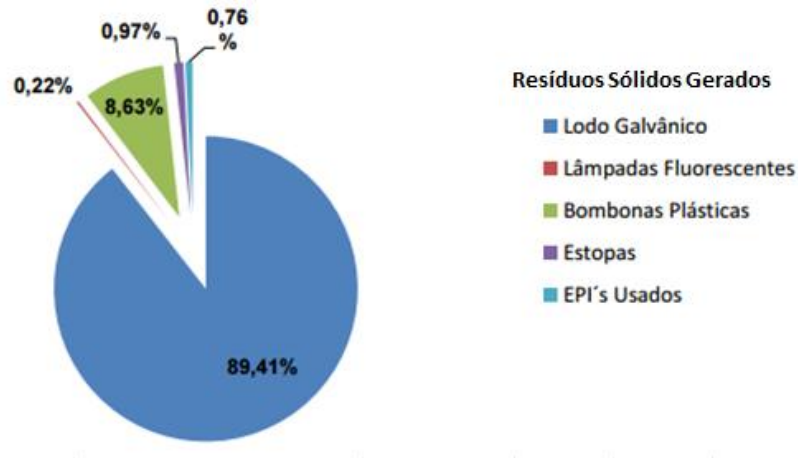
Fonte: Amaju, 2015.

O resíduo gerado em maior quantidade é o lodo galvânico, com um quantitativo mensal de 4050 kg, o que corresponde a 89,41% dos resíduos gerados pelo universo de empresas em estudo.



Os demais resíduos gerados representam apenas 10,59%, sendo: (8,63%) bombonas plásticas; (0,22%) lâmpadas fluorescentes; (0,76%) EPI usados e (0,97%) estopas (Figura 3).

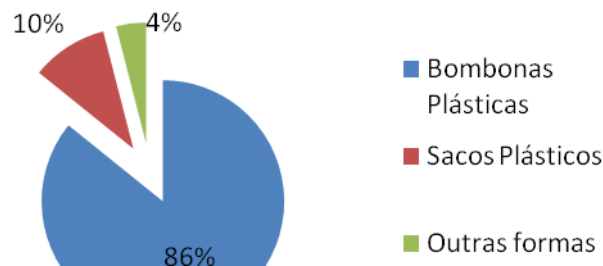
Figura 3 - Percentual de resíduos sólidos gerados.



Fonte: Amaju, 2015.

O acondicionamento dos RS gerados é feito de acordo com o tipo e suas respectivas características. Como podem ser verificadas a seguir (Figura 4), as várias formas de acondicionamento do lodo galvânico.

Figura 4 - Formas de acondicionamento do lodo galvânico



Fonte: Amaju, 2015.

O lodo galvânico tem 85,8% de sua massa acondicionada em bombonas plásticas, (Figura 5). A outra forma de acondicionamento mais comum deste resíduo consiste na embalagem em sacos plásticos (10,2%) (Figura 6). O restante (4%) é acondicionado de outras formas.

Figura 5 - Acondicionamento do lodo galvânico em bombonas plásticas.



Fonte: Arquivos Digitais da AMAJU, 2014.

Figura 6 - Acondicionamento do lodo galvânico em bombonas plásticas.



Fonte: Arquivos Digitais da AMAJU, 2014

Observa-se que a maior parte dos resíduos perigosos (lodo galvânico) das empresas em estudo é acondicionada de forma parcialmente correta. O acondicionamento desse lodo, devido à periculosidade tem que ser feito em bombonas plásticas, vedadas e, posteriormente, armazenadas em local coberto, arejado e isolado, onde os recipientes sejam colocados sobre base de concreto ou outro material que impeça a lixiviação e percolação de substâncias tóxicas para o solo e águas subterrâneas (ABNT, 1992), e as demais formas de acondicionamento são totalmente inadequadas, caracterizando um grande passivo ambiental dentro da empresa.

As bombonas plásticas, 45% delas são acondicionadas e armazenadas em abrigos de resíduos. O restante (55%) é armazenado de diversas formas como no estacionamento dos veículos, no almoxarifado, nos corredores (Figura 7) e nos jardins das empresas (Figura 8), agravando ainda mais o passivo ambiental interno e deixando os funcionários expostos a problemas de saúde e segurança, pois a maioria destas Bombonas vazias foi utilizada como embalagem de ácidos e outros produtos químicos tóxicos. Em relação às estopas, apenas 34% são acondicionadas em bombonas plásticas, atendendo assim às normas de acondicionamento. O restante é acondicionado em sacos plásticos (56%) ou em caixas de papelão (10%), isto é, 66% deste resíduo está sendo acondicionado em recipientes inadequados e em desconformidade com as normas intensificando os riscos ambientais potenciais.

Figura 7 - Acondicionamento das bombonas plásticas em corredores.



Fonte: Arquivos digitais da AMAJU, 2014.

Figura 8 - Acondicionamento das bombonas plásticas no jardim.



Fonte: Arquivos digitais da AMAJU, 2014.

As estopas descartadas pelas empresas de galvanoplastia são resíduos que podem apresentar diversos componentes tóxicos tais como ácidos, óleos e graxas e, portanto, devem ser acondicionados em recipientes rígidos, intactos e fechados. No caso dos EPI usados, 72% são armazenados de forma incorreta, sendo 59% acondicionado em sacos plásticos e 13% em caixas de papelão. E somente 28% do total levantado estão sendo acondicionados de forma correta, em bombonas plásticas.

As lâmpadas fluorescentes são os resíduos perigosos gerados em menor quantidade, representando apenas 0,22% de todos os resíduos contabilizados. Contudo, apenas 23% das lâmpadas são acondicionadas de forma correta em bombonas plásticas. Do restante, 32% são acondicionadas em sacos plásticos, 37% na própria embalagem de comercialização e 8% são acondicionados de outras formas. Foram levantadas também, as principais formas de “tratamento”, aplicadas aos resíduos sólidos gerados pelas empresas de galvanoplastia (Quadro 2).

Quadro 2 - Tratamentos Aplicados aos Resíduos Sólidos

Resíduo	Forma de Tratamento	Percentual (%)
Lodo Galvânico	Reciclagem	27
	Incineração	33
	Armazenamento na Empresa	40
Bombonas Plásticas	Reciclagem	18
	Incineração	32
	Armazenamento na Empresa	50
Estopas	Incineração	43
	Nenhuma Forma	57
EPI's Usados	Incineração	36
	Nenhuma Forma	64
Lâmpadas Fluorescentes	Reciclagem	24
	Armazenamento na Empresa	40
	Nenhuma Forma	36

Fonte: Amaju, 2015.

Em relação aos resíduos gerados nas empresas analisadas, a reciclagem é aplicada em 27% do lodo galvânico, em 18% das bombonas plásticas e em 24% das lâmpadas fluorescentes. De acordo com Simas (2007), para o Lodo Galvânico a reciclagem é considerada tecnicamente viável, pois a partir de processos sofisticados reaproveitam-se alguns materiais contidos no resíduo, porém nem todos os materiais presentes neste podem ser recuperados. Para este “tratamento” parcial estão sendo destinados apenas 27% do lodo galvânico gerado pelas empresas em estudo, realizado na empresa Puremetal Indústria e Comércio de Metais LTDA. Esta vem recolher o Lodo Galvânico das empresas para as quais presta serviço no Município de Juazeiro do Norte e os leva para sua sede no município de Araucária, estado do Paraná, onde realiza a reciclagem.

As bombonas plásticas também estão sendo recicladas, porém de forma incorreta, sendo transformada através da reciclagem em outros objetos, sem passarem por nenhuma forma de tratamento para remover os resquícios de substâncias contidas nas mesmas. A forma de gerenciamento mais adequada para as bombonas plásticas, conforme regulamentação do Art. 33 da Lei 12.305/2010 é a logística reversa (BRASIL, 2010), através da qual se busca viabilizar a coleta e a restituição dos RS aos fabricantes, para reaproveitamento, no ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. As lâmpadas fluorescentes apresentam um ótimo potencial de reciclagem, porém a forma mais adequada de manejo para este resíduo é a logística reversa.

Quanto ao tratamento de efluentes das atividades de galvanoplastia, que tem como finalidade a remoção dos resquícios de metais diluídos no mesmo, as empresas pesquisadas tratam os efluentes líquidos oriundos dos banhos através do procedimento físico-químico, tratamento

predominantemente entre os empreendimentos do setor no município. Todas as estações de tratamento de efluentes são dotadas de sistemas de operação semiautomatizadas (Figura 9).

Figura 9 - ETE em Operação de uma das Empresas Estudadas.



Fonte: Arquivos digitais da AMAJU, 2013.

Ao longo da pesquisa constata-se a presença do lodo galvânico dentre os resíduos sólidos perigosos identificados, este sendo resultado do tratamento do efluente. Anterior ao processo de destinação final do lodo tem-se o desaguamento, feito de forma artesanal pelas empresas de Juazeiro do Norte licenciadas pela Amaju. Dentre essas destaca-se a forma na qual se utiliza tampas de tambores ou de bombonas plásticas (Figura 10) para expor o lodo galvânico ao sol, promovendo assim a remoção da umidade. No entanto, Simas (2007) observou que 75% das empresas de galvanoplastia desaguavam o seu lodo através do leito de secagem, sendo a alternativa ambientalmente adequada.

Figura 10 - Formas Alternativas de Desaguamento do Lodo.



Fonte: Arquivos digitais da AMAJU, 2013.

Nem todos os materiais perigosos presentes no lodo galvânico podem ser reciclados, restando assim como técnica de tratamento a incineração ou a disposição em aterros industriais. Como a região dispõe apenas de incinerador e não dispõe de aterro industrial, a técnica de incineração é mais viável economicamente. A incineração é uma técnica de tratamento que está sendo aplicada

pelas empresas em 33% do lodo galvânico, em 32% das bombonas plásticas, em 43% dos resíduos de estopas e em 36% dos EPI usados.

No caso das bombonas, muitas vezes as cadeias de logística reversa não foram implementadas ou não funcionam de forma adequada, restando aos empreendedores executarem a incineração das mesmas. Em relação às estopas e aos EPI usados, estes resíduos apresentam materiais ou constituintes presentes nos mesmos que inviabilizam a sua reciclagem, restando assim, como técnica de tratamento mais viável no município de Juazeiro do Norte a incineração dos mesmos.

O armazenamento de resíduos na própria empresa tem sido a técnica utilizada para 40% do lodo galvânico, 50% das bombonas plásticas e 40% das lâmpadas fluorescentes. O Armazenamento de resíduos nas dependências da empresa torna-se uma técnica que constitui um grande passivo ambiental, uma vez que nem todas as empresas atendem à legislação e às normas brasileiras, nos quesitos de infraestrutura especial com sistemas de segurança e monitoramento contínuo. Observa-se, finalmente, que uma parte dos resíduos sólidos perigosos não é tratada. Do total gerado nas empresas analisadas, 57% das estopas, 64% dos EPI usados e 36% das lâmpadas fluorescentes gerados nas respectivas empresas em estudo, não recebem nenhuma forma de tratamento.

Servindo como subsidio a esta pesquisa, estudos técnicos executados no âmbito municipal foram selecionados objetivando o confronto com a realidade apresentada na destinação final dos efluentes originados no setor galvanoplástico do município. Viana (2007) relata que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), responsável pelo tratamento de efluentes em Juazeiro do Norte, foi alvo de muitas reclamações por exalar mau cheiro na estação de tratamento, causando incômodos para a população local, romeiros e turistas. Por isso foram realizadas análises de metais pesados, onde os pontos de coleta foram na saída de algumas empresas de folheados, constatando que as mesmas estavam lançando metais pesados além do permitido nas normas vigentes.

A partir dos resultados das análises foi exigida da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (Semace) uma cobrança de pré-tratamento dos efluentes dessas empresas antes de serem lançados na rede coletora de esgoto da Cagece. Após a regularização por partes dessas empresas, foram feitas novas coletas e análises, onde seus resultados apresentaram redução brusca nos valores. Costa, Santos e Tavares (2008) apresentaram a característica física do perfil químico da água residual não tratada das empresas de galvanoplastia que fizeram parte do estudo. As amostras de água residual foram coletadas diretamente da caixa receptora das estações de tratamento de efluentes das indústrias e submetidas à microanálise em espectrofotometria de absorção atômica (EAA) para verificação do teor de metais pesados e cianeto.

As análises mostraram que existe uma grande quantidade de metais pesados na água residual gerada pela indústria de galvanoplastia de Juazeiro do Norte, principalmente os metais Cobre e Zinco. Os teores médios para cobre e zinco são, respectivamente, de 135 ppm e 46,6 ppm. As menores quantidades observadas para níquel e cádmio são em função da formulação de cada solução eletrolítica que compõe o conjunto de banhos do processo de galvanoplastia. No estudo ainda se relata uma quantidade de 400.000 litros de água residual produzidos em um período de 30 dias pelo setor, que apresenta um potencial de descarte mensal de 54,20 kg de metais pesados,

considerando um efluente não tratado. No caso do cianeto, o potencial de descarte mensal apresenta um valor médio de 1,35 kg.

Estes dois estudos deixam claro o potencial da contaminação proveniente das indústrias de galvanoplastia no município de Juazeiro do Norte, bem como a degradação ambiental de copos hídricos, caso não seja reforçado o uso de tecnologias econômica e ambientalmente viáveis que minimizem os resíduos, trazendo à empresa uma responsabilidade socioambiental. Portanto, um aspecto importante observado nesta investigação é a forma como as empresas, objeto deste estudo, licenciadas pela AMAJU, estão dispendo seus efluentes no meio.

Constatou-se que apenas duas empresas, destinam seus efluentes para a rede coletora da Cagece. As demais destinam em sumidouros e nas canaletas de drenagem pluvial do município. Aquelas que dispõem seus efluentes “tratados” em sumidouros não são atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário do município. Assim como as demais que dispõem nas canaletas, alternativa também encontrada pelos empreendedores.

As duas alternativas utilizadas pelas empresas que não são atendidas pela rede coletora de esgoto podem ser consideradas ambientalmente inadequadas, em se tratado de água residual contendo metais pesados. Uma vez essa água residual misturada às águas pluviais ocorrerá o carreamento dos resíduos de metais para os principais riachos que drenam o município, o riacho dos Macacos e Batateira. Além de aumentar a probabilidade de esses resíduos infiltrarem nos aquíferos, havendo, em consequência, a contaminação das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público e das águas utilizadas para irrigação de pequenas lavouras. Resultando, desta forma, em grandes passivos ambientais.

#### **4. CONCLUSÕES**

As empresas de médio porte são as principais geradoras de Resíduos Sólidos, em sua totalidade classificados como resíduos sólidos de classe I (perigosos). Dentro dos setores das empresas, os responsáveis pela maior geração de resíduos sólidos são os de produção e manutenção. Constatou-se também que os principais resíduos sólidos gerados são: lodo galvânico, bombonas plásticas, estopas, EPI usados e lâmpadas fluorescentes, destacando-se dentre estes o lodo galvânico.

Os principais passivos ambientais encontrados dentro das empresas foram: o acondicionamento inadequado dos resíduos sólidos perigosos, em desconformidade com as normas e legislações vigentes, bem como as formas de tratamento executadas para com estes, não sendo as mais indicadas e viáveis, do ponto de vista econômico e ambiental. Além das formas alternativas de desaguamento do lodo observadas dentro das empresas, podendo afetar a saúde dos funcionários e da população vizinha, em caso de acidentes ambientais. Ademais, a disposição final dos efluentes das empresas estudadas, pode ser um fator intensificador dos passivos ambientais. Pode-se, assim, afirmar que o setor de galvanoplastia na cidade de Juazeiro do Norte tem importante contribuição no que diz respeito à poluição e degradação ambiental dos recursos ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p. Disponível em: <<http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro de 2014.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12235: **Armazenamento de resíduos sólidos perigosos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, MMA - **Lei n. 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Brasília, agosto de 2010.
- COSTA, C. T.; SANTOS, E. F.; TAVARES, P. R. L. **Potencialidade da Contaminação por metais pesados procedente da indústria galvânica no município de Juazeiro do Norte/CE**. 2008. Trabalho apresentado ao XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, 2008.
- GIL, L. G. **Uso de resíduos de galvanoplastia como fonte alternativa de zinco para a produção de matéria seca de girassol (*Helianthus annuus* L.) e de milho (*Zea mays* L.) em latossolo vermelho (Rhodic Kandiodox)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil município de Juazeiro do Norte – CE**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=230730&idtema=152&search=ceara|juazeiro-do-norte|produto-interno-bruto-dos-municipios-2013>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil município de Juazeiro do Norte – CE**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=230730&search=ceara|juazeiro-do-norte|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.
- JUAZEIRO DO NORTE – CE. Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU). Arquivos, Juazeiro do Norte – CE, 2013.
- JUAZEIRO DO NORTE – CE. Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU). Arquivos, Juazeiro do Norte – CE, 2014.
- JUAZEIRO DO NORTE – CE. **Decreto Municipal nº 486 alterado pelo Decreto Municipal n. 513 que regulamenta os critérios e parâmetros de Licenciamento Ambiental no Município de Juazeiro do Norte – CE**. Diário Oficial do Município de 27 de dezembro 2011.
- KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Passivo Ambiental**. AMDA, 2003. Disponível em: <[http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo\\_21.pdf](http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_21.pdf)> Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.
- MANGONARO, J.C. Desenvolvimento Sustentável: Considerações acerca do desenvolvimento econômico versus passivo ambiental. **Revista de Direito Público**, Londrina, v.5, n. 1, p. 157-168, abr. 2010.
- MATTOS, C. S. **Geração de resíduos sólidos de galvanoplastia em regiões densamente povoadas – Avaliação, inertização e destinação**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências, Área de Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – USP, São Paulo, 2011.



RODRIGUES, A. S 2014; ALVES, C. L. B; PINHEIRO, V. F. Reflexões sobre trama metropolitana no contexto da urbanização da Região do Cariri. **DRd - Desenvolvimento Regional em Debate**, Canoinhas, v. 4, n. 2, p. 204-231, jul./dez. 2014.

SIMAS, R. **Levantamento da geração de resíduos galvânicos e minimização de efluentes contendo cianeto**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIANA, N. O. Viana. **Vulnerabilidade e risco à poluição do sistema aquífero médio – entre Crato e Missão Velha, Bacia do Araripe, Ceará**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geologia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

### **3.4. ANÁLISE DA GESTÃO AMBIENTAL DAS LAVANDERIAS TÊXTEIS DE CARUARU-PE**

**LORENA, Emmanuelle Maria Gonçalves**

Mestranda

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais  
da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CITAR/UFRPE)  
emmanuelle@lorenas.com.br

**PAZ, Yenê Medeiros**

Doutoranda

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)  
Universidade Federal de Pernambuco  
yenemedeiros@hotmail.com

**HOLANDA, Romildo Morant de**

Doutor

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais  
da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CITAR/UFRPE)  
romildomorant@gmail.com

**ARAÚJO, Vinícius Dantas de**

Doutor

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais  
da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho  
(CITAR/UFRPE/UACSA)  
vicodantas@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

As indústrias de confecção e têxtil atingiram desenvolvimento e expansão no agreste do estado de Pernambuco, o que desencadeou o surgimento das lavanderias industriais de peças de jeans, modificando positivamente a economia local e negativamente quanto a problemas de poluição ambiental. O objetivo deste trabalho consiste em analisar o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) das lavanderias em Caruaru, observando a utilização de 7 requisitos da NBR ISO 14.001:2015. Neste estudo foi realizado o levantamento das 46 lavanderias da cidade com a sua caracterização e em seguida realizada entrevistas telefônicas em 9 destas indústrias. Concluindo que a prática de um SGA nessas lavanderias é baixa, visto que os requisitos considerados não são atendidos em sua maioria, e o atendimento a leis ambientais ocorre no setor conforme as necessidades estabelecidas pela fiscalização, sob medida de penalidades legais, ficando as boas práticas ambientais como item secundário nesse ambiente fabril.

**PALAVRAS-CHAVE:** NBR ISO 14.001:2015, lavanderia, setor têxtil, SGA.

## 1.INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor têxtil representa 16,7% dos empregos e 5,7% do faturamento da indústria de transformação, é considerado o quinto maior produtor têxtil do mundo com produção média de 1,9 milhões de toneladas (ABIT, 2016).

Silva et al. (2012) destaca que as indústrias de confecção e têxtil têm atingido desenvolvimento e expansão no estado de Pernambuco, se caracterizando como a principal atividade industrial da mesorregião do agreste do estado, com concentração produtiva nas cidades de Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Caruaru.

Com esse desenvolvimento, surgiram empresas específicas para o beneficiamento têxtil de peças em jeans a exemplo das lavanderias indústrias, modificando positivamente a economia local (ALMEIDA, 2013) e negativamente quanto a problemas de poluição ambiental, caracterizado pela geração de poluentes lançados em corpos hídricos, oriundos da lavagem e tingimento das peças de jeans (SILVA; BARROS; REZENDE, 2005).

Em função de, durante o processo das lavanderias industriais serem aplicados produtos químicos, tais como, corantes e outros aditivos, estes são carregados para os resíduos finais, em forma de lodo e efluente, elevando no meio ambiente os níveis de DBO, DQO e metais pesados, provocando um alto impacto ambiental (SILVA; BARROS; REZENDE, 2005).

Brito (2013), considera que os processos realizados durante o beneficiamento do jeans colocam em risco a saúde dos trabalhadores e a população que vive nas áreas próximas as lavanderias. A aplicação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) possibilita menor impacto ao meio ambiente pelas ações humanas com a utilização de forma sustentável de insumos, matérias primas e de recursos naturais (PILEZER; LIMA, 2014).

Um SGA sistematiza e controla o desempenho ambiental de uma organização, constituído por meio de procedimentos ambientais que definem o que será feito, quem será responsável, quando e onde será realizado, conduzindo para a conformidade com as políticas ambientais estabelecidas (CAMPOS; ALBERTON, 2005) e as leis ambientais.

O objetivo deste trabalho consistiu em analisar o sistema de gestão ambiental das lavanderias industriais têxteis do município de Caruaru em Pernambuco, observando o nível de utilização de requisitos básicos de gestão com base na NBR ISO 14.001:2015 e itens de legislações ambientais.

## 2.METODOLOGIA

A cidade de Caruaru está localizada no agreste pernambucano a uma distância de 135 km de Recife. A escolha da localidade esteve motivada pela concentração de indústrias de beneficiamento têxtil do jeans e pelo Arranjo Produtivo Local (APL) têxtil existente que também abrange outros

municípios. A área de estudo pode ser considerada a cidade com maior número de lavanderias legalmente constituídas, requisito necessário para certificações de sistemas de gestão.

Esta pesquisa constitui em consultas a artigos científicos, livros, dissertações, teses e sites mediante busca por palavras-chaves previamente estabelecidas, sendo estas: gestão ambiental, gestão da qualidade, monitoramento ambiental e lavanderias têxteis. Com relação ao total de empresas em funcionamento do setor na cidade, através de realização de levantamento junto a Associação de Lavanderias de Caruaru (ALC), onde apontou-se um total de 43 unidades industriais.

Partindo-se das empresas identificadas pela ALC, avaliou-se a legalidade destas via cadastro de CNPJ ativo junto à Receita Federal, em seguida retiradas as inativas e acrescidas outras por intermédio de pesquisa em sites de buscas na internet, confirmadas pela atividade junto à receita federal, totalizando em Caruaru 46 unidades fabris deste segmento. Ocorrendo ainda, um levantamento de informações a partir dos dados junto à Receita Federal, tais como, tempo de constituição empresarial, localidade e porte da empresa.

Com o objetivo de verificar o volume das empresas certificada na norma NBR ISO 14.001, vigente no Brasil, em Pernambuco e em Caruaru e no setor têxtil, realizou-se consulta às informações de certificações empresariais junto ao Inmetro em abril de 2016. Após a coleta de dados para caracterização das empresas, foram realizadas entrevistas por meio de contato telefônico, às empresas previamente identificadas, guiadas por questionários que buscavam avaliar os itens de gestão ambiental nas lavanderias têxteis, com base na NBR ISO 14.001:2015, utilizando o ciclo PDCA para categorizar os requisitos básicos de gestão ambiental em: planejamento (PLAN), Execução (DO), Verificação (CHECK) e Ações (ACT) (CAMPOS, 1999).

Na etapa PLAN (planejamento) questionou-se à existência de políticas de gestão e procedimentos ambientais. Para verificação da etapa DO (execução), examinados os controles de insumos e equipamentos de uma forma geral e ampla e a realização de treinamento, para a etapa CHECK (verificação) interrogados se a empresa passa por processo de auditoria ou fiscalizações ambientais e a realização de monitoramento, e finalmente foram arguidos se são tomadas ações corretivas, ACT, visando identificar um SGA, com características mínimas.

A entrevista deu-se em 9 lavanderias industriais, avaliando no perfil empresarial o quantitativo de funcionários, a gestão e as leis ambientais. As perguntas obtiveram respostas diretas com opções de sim ou não, possibilitando a abstenção da resposta. Os comentários dos entrevistados foram registrados para agregar valor na análise dos resultados.

De modo a garantir o atendimento a necessidade da pesquisa, realizou-se teste piloto em uma empresa selecionada aleatoriamente, com a aplicação da primeira versão do questionário. O teste proporcionou melhorias na estrutura do questionário e maior direcionamento para a gestão ambiental, assim como clareza nas visando tornar o contato mais ágil e eficaz. Ao finalizar as entrevistas, os resultados foram tabulados com o uso de planilha eletrônica do Excel, gerando tabelas e gráficos representativos.]

### 3.RESULTADOS

Os resultados da pesquisa, obtidos através da consulta ao site do Inmetro, permitem identificar a quantidade de empresas com certificação válida pela Norma NBR ISO 14.001 (Tabela 1), na esfera nacional, estadual e municipal e também especificamente as empresas no ramo têxtil, conforme dados do Inmetro.

Tabela 1 - Quantidade de empresas certificadas pela NBR ISO 14.001

<b>Dimensão</b>	<b>Quantidade</b>
Brasil	1.507
Pernambuco	32
Caruaru	0
Setor têxtil no Brasil	7
Em Pernambuco	0
Lavanderias no Brasil	0

Fonte: Adaptado do Inmetro, 2016.

O estado de Pernambuco contempla 2% das empresas com certificados válidos em todo o Brasil, estando na 7ª posição em quantidade de empresas certificadas pela norma NBR ISO 14.001 (INMETRO, 2016), ocorrendo uma evolução ao ano de 2011, que estava na 11ª posição, com 7 empresas certificadas (CORREIA; SANTOS; CARNIELLE, 2012). Já no setor têxtil, em todo o Brasil, são 7 empresas com certificação válida pela norma NBR ISO 14.001. No ramo de acabamento têxtil não se identificou nenhuma empresa certificada em todo Brasil, assim não há lavanderias de beneficiamento de jeans certificadas na cidade de Caruaru.

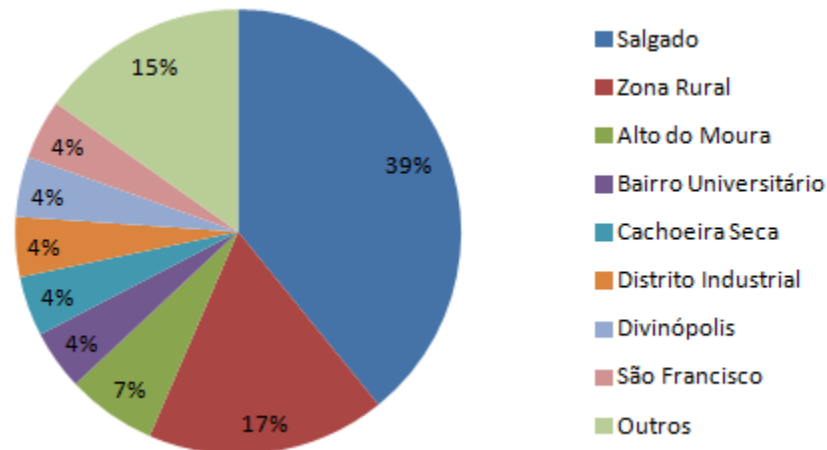
Com os resultados alcançados, a partir do levantamento das unidades fabris, junto a dados da Receita Federal, verificou-se que todas foram categorizadas em empresas de pequeno porte, entre microempresa (ME), empresário individual e empresas de pequeno porte (EPP). Uma das características das pequenas empresas são seus recursos limitados à gestão, geralmente nem possuem um organograma definido (CAMPOS; ALBERTON, 2005), o que dificulta o entendimento de autoridades e responsabilidades.

É interessante frisar que durante a implantação e manutenção de um SGA são necessários alguns recursos, em especial: infraestrutura, capacitação, novas tecnologias, dentre outros (OLIVEIRA; SERRA, 2010). Implementar um SGA com base na norma NBR ISO 14.001 consistiu-se em um processo que demanda investimentos financeiros e tempo (CAMPOS; ALBERTON, 2005), porém permite que uma organização possa formular as políticas e os objetivos que tenham de forma agrupada requisitos e informações pertinentes aos significativos impactos ambiental gerados (CAMPOS, 2012).

Oliveira e Serra (2010), após avaliar 69 indústrias em São Paulo, observaram que empresas de pequeno porte são menos conhecidas e um certificado como NBR ISO 14.001 ajuda na sua

visibilidade e no fortalecimento de confiança por parte dos consumidores. Segundo os dados coletados junto Receita Federal, em relação à localização das lavanderias na cidade de Caruaru, observou-se que disposição ocorre potencialmente no bairro do Salgado com 39% e na Zona Rural 17%, o restante encontra-se espalhado em outros 14 bairros da cidade (Gráfico 1) (BRASIL, 2016).

Gráfico 1 – Localização das lavanderias em Caruaru



Fonte: Adaptado da Receita Federal, 2016.

Referente ao tempo de funcionamento das lavanderias (Tabela 2) observa-se que 59% das empresas foram constituídas a mais de 10 anos (BRASIL, 2016).

Tabela 2 – Anos de constituição da empresa das lavanderias industriais de Caruaru

Tempo de constituição	Quantidade	Porcentagem
maior que 20 anos (<1996)	5	11%
entre 10 e 20 anos (1997 - 2006)	27	59%
menor que 10 anos (2007 - 2016)	14	30%
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	

Fonte: Adaptado da Receita Federal, 2016.

A idade da empresa pode ser um caráter desfavorável para implantações de sistemas de gestão, pois com o passar dos anos as boas práticas encontram dificuldades para serem implementadas.

Durante a entrevista com as 9 indústrias, ocorreu o questionamento do quadro de funcionários (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantidade de funcionários da amostra entrevistada

<b>Quantidade de funcionários</b>	<b>Quantidade de lavanderias</b>	<b>Porcentagem</b>
<10	3	33%
10 a 19	1	11%
20 a 29	3	33%
30 a 40	2	22%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	

Fonte: autor, 2016.

As lavanderias no APL estudado são caracterizadas por empresas com mais atuação de quadros reduzidos de funcionários. Um ponto significativo no tocante a infra-estrutura e APL, discorre do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) firmado entre as lavanderias e o Ministério Público de Pernambuco (MPPE) em 2012. Um dos itens do TAC dispõe da mudança das instalações das empresas para o Polo de Desenvolvimento Sustentável do Agreste (PDSA), acredita-se que a mudanças para um novo ambiente com espaços físicos adequados pode ser um item positivo para o SGA, tendo em vista melhorias em infra-estrutura (PERNAMBUCO, 2015).

No que diz respeito à análise da aplicação de sistema de gestão ambiental, foram calculadas as porcentagens dos itens questionados (Tabela 4).

Tabela 4 – Avaliação PDCA das lavanderias industriais em Caruaru

<b>Grupo</b>	<b>Itens avaliados</b>	<b>Quantidade e Porcentagem</b>					
		<b>NÃO</b>		<b>SIM</b>		<b>NÃO OPINOU</b>	
P	<b>Política ambiental</b>	6	67%	0	0%	3	33%
	<b>Procedimentos</b>	6	67%	0	0%	3	33%
D	<b>Controle de insumos</b>	0	0%	9	100%	0	0%
	<b>Controle de equipamentos</b>	0	0%	9	100%	0	0%
	<b>Treinamentos</b>	2	22%	7	78%	0	0%
C	<b>Auditorias e/ou fiscalização</b>	0	0%	9	100%	0	0%
A	<b>Ações corretivas</b>	6	67%	2	22%	1	11%

Fonte: autor, 2016.

No grupo P, em relação à política ambiental todos os entrevistados alegam não possuir uma política estabelecida, alguns comentam não tem conhecimento da necessidade de uma política de gestão ambiental. Observa-se que a declaração da política expõe as intenções da empresa quanto a

sua gestão ambiental, com a finalidade de promover uma estrutura para ação e definição de objetivos e metas ambientais (ABNT, 2015). Assim, a sua ausência não esclarece aos envolvidos, clientes e funcionários, o compromisso que a organização tem com o meio ambiente. Um dos requisitos da NBR ISO 14.001 para o estabelecimento de um SGA significa a disponibilidade de recursos e definição de responsabilidades e autoridade para garantir a sua implementação (RODRIGUEZ; ALEGRE; MARTINEZ, 2011).

Neste item, um dos entrevistados comentou que atua com foco na qualidade dos produtos como condição intrínseca nos processos da empresa e alega estar em busca constante do atendimento a legislações ambientais, porém não nenhum registro formal deste acontecimento. No tocante ao grupo P, questionou-se quanto ao estabelecimento de procedimentos para as atividades ambientais. A maior parte comentou que não existem procedimentos formais (67%), o que acarretar em uma falta de padronização e podendo ocasionar falta de controle. Durante a implantação de a gestão de um SGA devem-se padronizar e documentar os processos (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2010). Valle (2002), afirma que a uniformização das rotinas e dos procedimentos é necessária para uma organização certificar-se ambientalmente, cumprindo o padrão estabelecido pela norma ISO em questão.

No que se refere ao grupo D, a capacitação dos funcionários, 78% confirmam que realizam algum treinamento, porém estes são focados em segurança do trabalho ou operação de máquinas, sem nenhum objetivo de melhoria ambiental. Segundo a NBR ISO 14.001, a organização deve fornecer treinamento a todos os funcionários cujas tarefas possam criar um impacto significativo sobre o meio ambiente, os conscientizado sobre a importância da conformidade com a política ambiental, dos impactos ambientais significativos, da preparação e atendimento às emergências e das consequências de procedimentos operacionais específicos (AMORIM, 2012).

Sambasivan e Fei (2008) apud Oliveira e Pinheiro (2010) comentam que educação e treinamento são considerados essenciais para o aumento das competências dos colaboradores, contemplando política ambiental, objetivos, procedimentos operacionais, proporcionando benefícios para as ações ambientais. Um dos benefícios consideráveis com a prática de capacitação é a motivação dos colaboradores para as questões trabalhadas. Consoante ao grupo D, os itens controle de insumos e equipamentos foram respondidos de forma interligada pelos entrevistados, o que permitiu inferir que estes podem ter tido uma compreensão de que se tratava da mesma questão, pois todos que responderam sim a um item similarmente responderam ao outro. Complementando, comentou-se que os produtos químicos são adquiridos em atendimento as leis ambientais, quanto a presença das Fichas Internacionais de Seguridade Química (FISQ).

No grupo C observa-se que todos os entrevistados, já passaram por um processo de auditoria ou fiscalização ambiental, principalmente para à adequação aos itens do TAC de 2012, referente a itens ambientais. As fiscalizações no setor na cidade ocorrem atualmente com base no TAC firmado em 2012, sendo um dos itens a ser cumprido por meio neste documento, a apresentação ao órgão fiscalizador estadual, os relatórios de análises de monitoramento, de forma mensal, dos seus efluentes industriais, elaborado por laboratório competente (MPPE, 2015).



A respeito do grupo A, ocorreu o questionamento referente a utilização de métodos para ações corretivas tomadas, 67% não aplica a metodologia de correção de problemas estabelecidos por normas de gestão.

Em continuidade ao detalhamento do grupo anterior, grupo C que se refere de verificações, foram questionados itens de monitoramento de impactos ambientais, visto que a norma NBR ISO 14.001:2015 agrupam a esta etapa as avaliações de desempenho ambiental. Observou-se que as empresas realizam os monitoramentos dos impactos ambientais de forma a cumprir o TAC de 2012, pois todos relacionam apenas com a realização do monitoramento do efluente final, no qual, um dos itens dessa TAC2, refere-se ao compromisso das empresas em não destinar os efluentes líquidos industriais sem o tratamento primário, além de manter o sistema de tratamento físico-químico dos resíduos em correta operação (MPPE, 2015).

Como resultado, constatou-se que as destinações dos resíduos ocorrem de forma geral, nas empresas entrevistadas, em Estação de Tratamento de Efluente (ETE) para os efluentes e os resíduos sólidos para aterros (Tabela 5).

Tabela 5 – Destinação dos resíduos das Lavanderias industriais

<b>Efluente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>ETE -&gt; Reúso da água</b>	5	56%
<b>ETE -&gt; Saneamento municipal</b>	4	44%
<b>ETE -&gt; Corpos d'água adjacentes</b>	0	0%
<b>Diretamente esgoto</b>	0	0%
<b>Diretamente Corpos d'água adjacentes</b>	0	0%
<b>Resíduos sólidos (lodo)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Reciclagem</b>	0	0%
<b>Aterro</b>	9	100%
<b>Lixão</b>	0	0%

Fonte: autor, 2016.

Percebe-se que o reúso da água ocorre em 56% das empresas avaliadas. Esta iniciativa coloca-se de grande importância, pois a cidade de Caruaru passa por períodos de longa estiagem, que acarreta na diminuição do nível de água dos reservatórios da cidade. A água é um recurso que aparece com predominância na gestão das empresas certificadas NBR ISO 14.001, a empresa certificada pela norma constitui um diferencial no processo de gestão da água (MACHADO JUNIOR, 2012).

Como parte de monitoramento a ser realizado, ainda sem controle de índices ou características, tem-se o lodo, esse resíduo sólido, é encaminhado, na totalidade de seu volume, para a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) em Jaboatão dos Guararapes, localizada a cerca de

130 km da cidade de Caruaru. De acordo com informação dos entrevistados, o aterro sanitário local não comporta estes resíduos, assim elevando os custos com destinação. Outro indicador que pode ser observado no monitoramento ambiental trata-se do consumo de energia, seja por meio de gás (11% das empresas entrevistadas), energia elétrica da rede de distribuição (22%) ou madeira adquirida legalmente com Documento de Origem Florestal (DOF)(67%) (Tabela 6).

Tabela 6– Matriz energética das lavanderias industriais de Caruaru

<b>Caldeiras</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Energia elétrica</b>	2	22%
<b>Gás</b>	1	11%
<b>Lenha</b>	6	67%

Fonte: autor, 2016.

Na queima de lenha são emitidos gases a atmosfera, podendo comprometer a qualidade do ar (SILVA; BARROS; REZENDE, 2005). Nenhum dos entrevistados comentou sobre o assunto de impactos atmosféricos. A madeira, usada como fonte de energia, oriunda de destinos não permitidos pela lei contribuem para a degradação dos últimos remanescentes de mata nativa (SILVA; BARROS; REZENDE, 2005). Dessa maneira também foi relevante certificar que as empresas que utilizam esta matriz energética adquirem a madeira de maneira legalizada. De maneira ao atendimento aos requisitos do TAC de 2012, as empresas devem apresentar as notas fiscais de aquisição de lenha e de derivados de madeira.

A certificação NBR ISO 14.001 tem o fator de contribui para a diminuição do consumo de energia, de qualquer tipo, durante etapas do processo fabril, com a aplicação de equipamentos eficientes e com adequada manutenção e bem como pela padronização de processos (OLIVEIRA; SERRA, 2010). É conveniente lembrar que as implantações de certificação das normas ISO, não substituem a legislação vigente, mas reforça por meio de seus requisitos o atendimento a legalidade e proporcionam as boas práticas ambientais (VALLE; 2002).

Dentre as melhorias alcançadas com a implantação de sistema de gestão, pode-se destacar: atos seguros e condições seguras no ambiente do trabalho, auxílio no cumprimento de leis, em especial as ambientais, otimização do controle de processos e redução de desperdícios (OLIVEIRA; SERRA, 2010). É importante apontar que as melhorias ocorrem com alinhadas ao comprometimento da alta direção (SAMBASIVAN; FEI, 2008 apud OLIVEIRA; PINHEIRO, 2010).

As empresas com um SGA implantado são mais propensas a reduzir as emissões de poluição do que aquelas que não têm (NISHITANI et al, 2012 apud TESLA et al., 2014). A definição de uma política ambiental, objetivos e metas garantem o monitoramento de impactos ambientais. Tendo em vista que o acompanhamento de resultados de análises em resíduos finais podem ser parâmetros para controle de ambiental, e que os controles de processos geram redução de custos, garantindo a dosagem correta de insumos.

Gerando indicadores, que no contexto ambiental são relacionados com as condições ambientais em que uma organização está relacionada: eles podem ser aplicados em diversos níveis,

tais como, regional, nacional e em contextos globais. Os indicadores não avaliam diretamente os impactos ambientais das atividades de uma organização, mas dão informações sobre questões ambientais que as organizações têm de enfrentar (SCIPIONI et al., 2008 apud ALMEIDA; NUNES, 2014).

## 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a prática de um sistema de gestão ambiental nas lavanderias de beneficiamento têxtil de jeans em Caruaru, partindo na análise das empresas entrevistadas, é considerada de baixo atendimento a NBR ISO 14.001:2015, visto que os requisitos considerados não são atendidos e nem reconhecidos como necessários pelos entrevistados, o atendimento a leis ambientais ocorre conforme as necessidades estabelecidas pela fiscalização, sob medida de penalidades legais.

Assim, as oportunidades para constituição de um Sistema de Gestão Ambiental são grandes no segmento e na cidade, e os benefícios podem ser conquistados diante de medidas contínuas e evolutivas, alinhadas a itens legais e formação de conscientização ambiental.

A consciência ambiental pode ser alcançada pelos empresários e funcionários através de capacitações, como também por meio de auditorias e fiscalizações ambientais. Desta forma 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.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. B. **Roupa suja se lava em casa: A seca no agreste Pernambucano e a gestão ambiental na lavanderia água limpa**. Administração Pública e Gestão Social. v. 5, p. 134-138. 2013.

ALMEIDA, C. L.; NUNES, A. B. de A. **proposta de indicadores para avaliação de desempenho dos sistemas de gestão ambiental e de segurança e saúde no trabalho de empresas do ramo de engenharia consultiva**. Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 4, p. 810-820, 2014.

AMORIM, C. M. M. P. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade - uma análise das práticas ambientais e da aplicação da ISO 14.001: estudo de caso numa empresa do setor**. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001/2015: Sistemas de Gestão Ambiental**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA INDÚSTRIAS TÊXTEL E DE CONFECÇÕES. Acesso em 30 abr. 2016. Online. Disponível em: <http://www.abit.org.br>.

BRASIL, RECEITA FEDERAL. Acesso em 30 abr. 2016. Online. Disponível em: [http://www.receita.fazenda.gov.br/pessoajuridica/cnpj/cnpjreva/cnpjreva\\_solicitacao.asp](http://www.receita.fazenda.gov.br/pessoajuridica/cnpj/cnpjreva/cnpjreva_solicitacao.asp).

BRITO, G. A. **Sustentabilidade: um desafio para as lavanderias industriais**. Revista de Design Inovação e Gestão Estratégica. v. 4, n. 02, ago. 2013.

CAMPOS, L. M. S. **Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in Southern Brazil**. Journal of Cleaner Production. v.32, p.141-148, 2012.

CAMPOS, L. M. S.; ALBERTON, A. **Environmental management systems (ems) in the context of small businesses**. Revista Eletrônica de Administração. v.10, n.6, p.1-32, 2004.

CAMPOS, V. F. **TQC Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte, Minas Gerais. 1999.

CORREIA, A. M.; SANTOS, M. J. dos; CARNIELLO, M. F. **Empresas brasileiras certificadas pelo sistema de gestão ambiental, por unidade de federação**. Revista Cereus, v.4, n.1, p.105-116, 2012.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Acesso em 30 abr. 2016. Online. Disponível em: <http://certifiq.inmetro.gov.br/>.

MACHADO JUNIOR, C.; MAZZALI, L.; SOUZA, M. T. S. de; FURLANETO, C. J.; PREARO, L. C. **A gestão dos recursos naturais nas organizações certificadas pela norma NBR ISO 14.001**. Production. v. 23, n.1. São Paulo jan./mar, 2013.

PERNAMBUCO, MINISTÉRIO PÚBLICO ESTADUAL DE PERNAMBUCO. Acesso em 30 abr. 2016. Online. Disponível em: <http://www.mppe.mp.br/mppe/index.php/comunicacao/noticias/ultimas-noticias-noticias/4688-mppe-acompanha-de-perto-situacao-das-lavanderias-de-jeans-de-caruaru>.

OLIVEIRA, O.; PINHEIRO, C. **Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001: uma contribuição da área de gestão de pessoas**. Gestão & Produção, v. 17, n. 1, p. 51-61, 2010.

OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. **Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14.001 empresas industriais de São Paulo**. Produção. v. 20, n. 3, p. 429-438, 2010.

PELIZER, P. G. R.; LIMA, E. A. P. **Implantação de sistema de gestão ambiental em pequenas empresas de prestação de serviços: uma avaliação sob a ótica da gestão de pessoas**. Revista Vox Fases, v. 3, p. 10-25, 2014.

RODRIGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTINEZ, G. **Evaluation of environmental management resources (ISO 14001) at civil engineering construction worksites: A case study of the community of Madrid**. Journal of Environmental Management. V 92, p. 1858-1866, jul, 2011.

SILVA, G. L. da; BARROS, C. R.; REZENDE, R. B. de. **Diagnóstico ambiental das lavanderias de jeans de Toritama**. 23º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Campo Grande, Minas Gerais. 2005.

SILVA, M. V. A.; SILVA, A. L.; BRITO, D. J. M.; BRANCO, D. K. S.; FERREIRA M. O. **A Questão Ambiental no polo de confecções de Caruaru: Um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental**. Revista Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul, n. 35, p. 108-132, jan./jun. 2012.

TESLA, F.; RIZZI, F.; DADDI, T.; GUSMEROTTI, N. M.; FREY, MARCO.; IRALDO, F. **EMAS and ISO 14001: the differences in effectively improving environmental performance**. Journal of Cleaner Production. v.68, p.165-173, 2014.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14.000**. 4 ed. São Paulo: SENAC, 2002.

RODRIGUEZ, G.; ALEGRE, F. J.; MARTINEZ, G. **Evaluation of environmental management resources (ISO 14001) at civil engineering construction worksites: A case study of the community of Madrid**. Journal of Environmental Management. V 92, p. 1858-1866, jul, 2011.

### **3.5.RESÍDUOS SÓLIDOS DE MINERAÇÃO DE SCHEELITA: UM DEPÓSITO MINERAL ANTROPOGÊNICO DE SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL**

**ARAÚJO, Bruna Marcela Soares de**

Mestre

Grupo de Pesquisa Mineral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (GPM/IFRN)  
bruna.araujo@ifrn.edu.br

**CAVALCANTI NETO, Mário Tavares de Oliveira**

Doutor

Grupo de Pesquisa Mineral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (GPM/IFRN)  
mario.tavares@ifrn.edu.br

**DIAS FILHO, Luiz Fernando**

Mestre

Grupo de Pesquisa Mineral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (GPM/IFRN)  
lfdfilho@gmail.com

#### **RESUMO**

A Mineração precisa que suas atividades estejam atreladas às questões socioambientais, pois são demandas que caminham juntas, já que a primeira interfere intimamente nas seguintes. No semiárido nordestino, a atividade apresenta-se como alternativa de renda ao agricultor. A complexidade desta relação acontece na medida em que a execução de tais atividades deixa rastros de impactos ambientais significativos, dentre eles as pilhas de rejeitos da lavra e do beneficiamento mineral, que configuram uma quantidade grande de material inerte, com consequências graves em diversos níveis. Nesse trabalho, são apresentados dados de pesquisas que abordaram o aproveitamento dos rejeitos gerados pelas atividades de mineração, cujos resultados apontam um material rico em metais de interesse econômico para a Indústria, além de metodologias de extração, ainda que em escala experimental, destes metais, abordando o exemplo de uma mina de Scheelita e seus depósitos minerais antropogênicos (Mina de Cafuca), no Estado do Rio Grande do Norte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Scheelita, Mineração, Depósito Mineral Antropogênico.

## 1. INTRODUÇÃO

Contribuir com a pesquisa para o aproveitamento sustentável dos rejeitos gerados pela atividade de mineração se apresenta como uma demanda urgente, já que estes formam pilhas de material inerte que podem acarretar muitos problemas consequentes como transporte desse material pelo vento e assoreamento de rios, para citar apenas alguns exemplos. Conforme Cavalcanti Nt. & Brito (2009), estes rejeitos contêm teores anômalos de substância mineral útil e, por isto, podem ser denominados como Depósitos Minerais, do tipo Antropogênico, ensejando uma oportunidade de geração de atividade econômica produtiva.

Por se tratar de material já desmontado, com volume à vista e teor médio facilmente obtido através de trabalhos de pesquisa e prospecção mineral, esses depósitos apontam baixo risco de pay-back, embora demandem alta tecnologia de processamento necessária para a recuperação de finos em escala industrial (CARVALHO et. al. 2002, SILVA JR et. al. 2008).

No semiárido nordestino, região de significativo contingente populacional, o estudo desses depósitos ganha em importância econômica, ambiental e social, pois abre a possibilidade de geração de emprego e renda numa região de poucas oportunidades, além da diminuição das pilhas de material, que representam um passivo ambiental em muitos níveis. Esta pesquisa enfoca como exemplo, os trabalhos realizados para levantamento de teores de  $WO_3$  nos Depósitos Minerais Antropogênicos da mina de scheelita Cafuca, em Currais Novos – RN. Segundo Cavalcanti Nt. & Brito (2009) estes depósitos podem ser englobados em dois tipos genéricos: (i) os rejeitos da lavra, “run-of-mine” ou Bota-fora e (ii) os rejeitos do beneficiamento mineral, também chamados de Tailing.

Os primeiros são constituídos, predominantemente, de blocos desde métricos à sub-milimétricos provenientes do desmonte de rochas contendo minério e encaixantes (no caso das minas em aqui estudadas predominam calciossilicáticas, gnaisses e mármore). O segundo tipo é proveniente das diversas etapas do processamento mineral ou de etapas específicas (rejeito de mesa, rejeito de eletro-ímã, rejeito de jig, entre outros) a depender da disposição dos mesmos pela empresa de mineração e/ou garimpeiros que o produziu.

Conforme Cavalcanti Nt. (2016; Comunicação Pessoal) o mapeamento deve ser executado como unidades litológicas antropogênicas individualizadas e a descrição do teor de cada uma, da mesma forma como se faz nos depósitos naturais secundários e primários. Um conhecimento das características do rejeito de cada uma dessas etapas de processamento é fundamental para o mapeamento adequado das unidades. As características Gerais dos Depósitos Antropogênicos, podem ser resumidas conforme abaixo:

- a) Baixa relação minério: estéril e concentrações preferencialmente nas frações granulométricas mais finas no caso do Tailing;
- b) Nos Tailings o teor recuperável é, via de regra, significativamente menor que o teor médio do Depósito Mineral, devido às dificuldades de recuperação de frações granulométricas mais

finas em escala industrial. Este fato demanda estudos de caracterização tecnológica para o seu processamento adequado;

- c) Da mesma forma que no ambiente natural secundário, nos Depósitos Minerais Antropogênicos o teor de metal tende a uma homogeneização. Assim, o Coeficiente de Variação Estatístico tende a ser menor quando comparado ao do depósito primário;
- d) Os custos e tempo despendidos pelos trabalhos de prospecção e pesquisa mineral, visando à cubagem do metal contido, são muito mais baixo quando comparados aos depósitos primários;
- e) Geralmente são acumulações ao ar livre que impactam negativamente no cenário natural paisagístico (SEDEC 2006, Pfeifer, 1999). O processo extrativo desses depósitos ensejaria medida de recuperação ou mitigação deste impacto.

Dependendo do tempo de exposição às intempéries, os processos naturais superimpostos podem ter maior ou menor contribuição no aumento da concentração da substância útil, quer seja em toda área do Tailing, em porções onde a ação intempérica é mais acentuada ou capaz de promover a concentração natural do mineral-minério. (CAVALCANTI NT.,2016; Comunicação Pessoal)

## 2.OS REJEITOS DA MINA CAFUCA: METODOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DE $WO_3$

A metodologia utilizada nos Tailings foi através de amostragens realizando 29 furos com trado manual eventualmente auxiliado por abertura de poços de até 2,0 m de profundidade com retro escavadeira nos locais de maior volume. A figura 1 ilustra os Depósitos Minerais Antropogênicos da Mina Cafuca em seus dois tipos: Rejeito do processamento mineral e do R.O.M. ou “Bota-fora”.

Figura 1: (a) Tailing ou Rejeito do Processamento Mineral; (b) Rejeito da Lavra ou de Run of Mine ou simplesmente “Bota-Fora”.



(a)



(b)

Fonte: Cavalcanti Nt. & Brito, 2009.

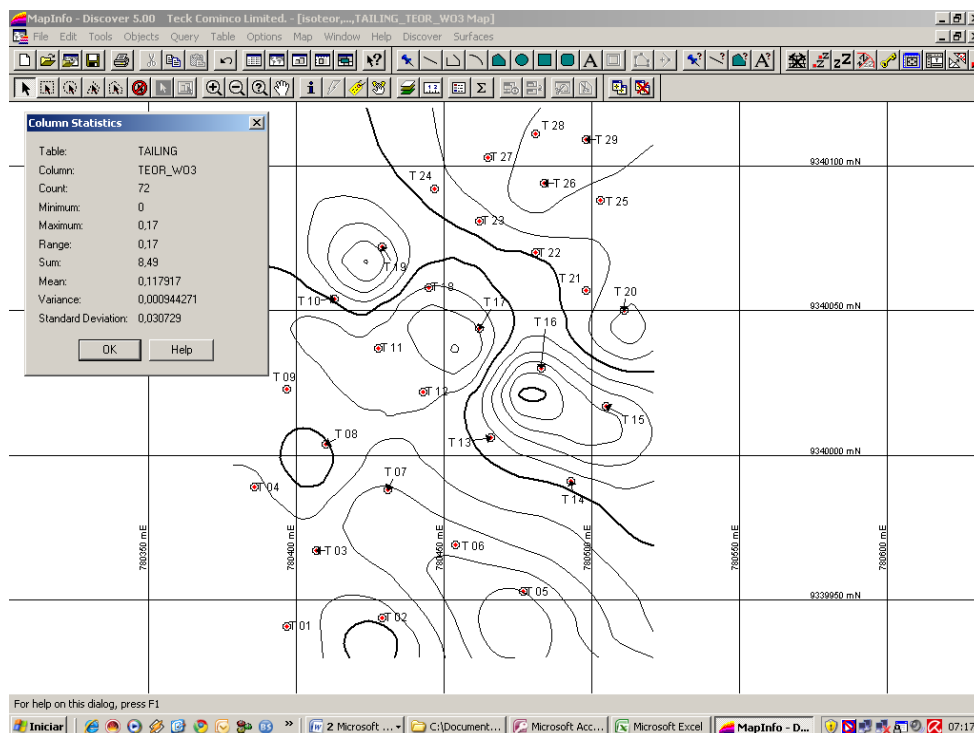


Todo o material coletado em cada furo manual foi pesado e, após o peneiramento, cada uma das três frações granulométricas foi pesada, sendo elas: maior que 1 mm, entre 1 mm e 0,1 mm e abaixo de 0,1 mm. Em seguida as amostras foram quarteadas e uma alíquota foi submetida à análise de teor. Considerou-se ainda a possibilidade de aumentar o teor de alimentação, descartando o material com faixa granulométrica acima de 1,0 mm. Nesse caso o teor médio ponderado passa a ser de 0,18% de  $WO_3$  com perda de cerca de 16% de material e, conseqüentemente, da Vida Útil, correspondente ao descarte da faixa granulométrica maior que 1 mm que seria rejeitada no processo de peneiramento.

Assim, seriam processados apenas os materiais correspondentes às faixas granulométricas entre 1,0 mm e 0,1 mm e abaixo de 0,1 mm. Não foi considerada a possibilidade de descarte da menor fração granulométrica analisada tendo em vista a impossibilidade de se excluir, por peneiramento em um processo em escala industrial, material abaixo de 0,1 mm.

Para a verificação dessa possibilidade foram instalados 1 Grupo Gerador e rede elétrica, adução e distribuição de água a partir do açude de Cafuca, 1 peneira com malha de 1 mm, 1 moinho de martelo, 1 Jigue pan-americano e uma mesa vibratória. Foi mobilizado ainda 1 retroescavadeira, uma pá carregadeira, 1 Caminhão Basculante para carregamento e transporte do Tailing até a planta piloto, além de material de reposição e consumo.

Figura 2: Mapa de Localização dos Furos de Sonda, Isotores e principais resultados estatísticos. (O software MapInfo versão 7.5 apresenta a média aritmética).



Fonte: Cavalcanti Nt. & Brito, 2009.

Figura 3: Instalação de Mesa, Jigue para testes com o Tailing da Mina Cafuca.

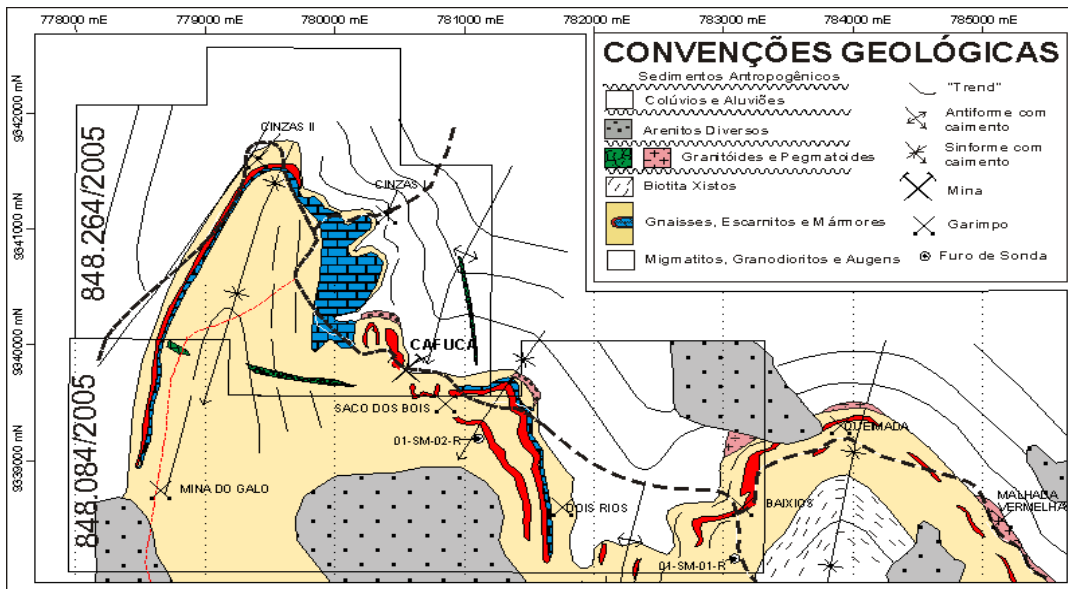


Fonte: Cavalcanti Nt. &amp; Brito, 2009.

### 3.RESULTADOS

Em mapeamento realizado por Cavalcanti Nt. & Brito (2009) das unidades litológicas naturais e antropogênicas em sua totalidade, para conhecimento dos Tailings e Bota-Fora da Mina Cafuca, foi elaborado o mapa demonstrado na figura 4.

Figura 4: Mapa geológico da Faixa Cafuca – Malhada Vermelha.



Fonte: Parcialmente compilado de Nesi *et. al.*, 1981.

Os ensaios exploratórios usando os equipamentos descritos e regulagens tradicionais apresentam uma recuperação de 40% e concentrados de scheelita com teor de 50% de  $WO_3$ . Em termos econômicos observou-se que os custos de produção foram bastante elevados devido ao uso do óleo diesel para acionar o grupo gerador e outras máquinas.

O teor de corte situou-se em torno de 0,30% de  $WO_3$ . Estima-se que o uso de energia elétrica reduziria esse teor de corte para 0,12% de  $WO_3$ . Quanto à análise de volume e teor do Tailing da

mina Cafuca, por meio de cálculo da média ponderada das faixas granulométricas, o quadro 1 apresenta os resultados por faixa:

Quadro 1: Resultado de volume e teor das amostras de Tailing da mina Cafuca (Média ponderada ao volume das faixas granulométricas)

Granulometria	+ 1mm	1.0 - 0.1 mm	- 0.1 mm
Volume (%)	16	74	10
Teor Médio (% WO <sub>3</sub> )	0,17	0,25	1,18

Fonte: Cavalcanti Nt. & Brito, 2009.

O Tailing é composto predominantemente por material na faixa granulométrica entre 1,0 mm e 0,1 mm e o teor médio ponderado ao volume é de 0,13% WO<sub>3</sub>. Conclui-se também que existe uma tendência de aumento de teor de trióxido de tungstênio nas frações mais finas. Esta tendência se confirma em apreciação a pesquisa realizada por Godeiro *et al.* (2010), onde podemos observar em amostras de rejeitos de Scheelita, submetidas a análise química semiquantitativa por meio de Fluorescência de Raios-X.

Quadro 2: Análise Semiquantitativa do Pré-concentrado de Rejeitos de Scheelita por faixa Granulométrica

Elementos	Faixas							
	-60#	-80#+	-100+	- 150#	-200#	-250#	- 325#	-400#
	+80#	100#	150#	+200#	+250#	+325#	+400#	
CaO	35,34%	44,63%	44,32%	48,24%	47,72%	33,15%	36,69%	31,94%
SiO <sub>2</sub>	44,25%	34,65%	33,56%	29,76%	31,94%	45,32%	39,86%	38,61%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,62%	7,41%	8,40%	8,81%	7,64%	4,98%	5,10%	6,76%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,74%	7,66%	7,84%	7,50%	8,63%	14,12%	15,42%	19,09%
K <sub>2</sub> O	2,09%	1,74%	1,61%	1,28%	0,89%	0,87%	0,87%	1,00%
TiO <sub>2</sub>	0,43%	0,50%	0,62%	0,68%	0,79%	0,51%	0,53%	0,60%
MnO	0,37%	0,51%	0,53%	0,59%	0,56%	0,29%	0,35%	0,34%
WO <sub>3</sub>	0%	0%	0,08%	0,27%	0,25%	0,40%	0,73%	0,94%
<b>Outros</b>	<b>1,30%</b>							

Fonte: Godeiro *et al.*, 2010.

A área do Tailing foi calculada em 19.270 m<sup>2</sup> a partir de uma ferramenta do software MapInfo, versão 7.5. A profundidade média foi de 2,0 m, obtida a partir de 29 furos a trado manual. A densidade do Tailing é de 1,8 ton/m<sup>3</sup>, e a quantidade de WO<sub>3</sub> contido é de 93,40 toneladas.

Quadro 3: Síntese das reservas do Tailing da mina Cafuca.

TAILING	+ 1mm	1,0 mm – 0,1 mm	- 0,1 mm
<b>WO<sub>3</sub> Contido por Granulometria (ton.)</b>	16,67	69,12	7,61
<b>Total de WO<sub>3</sub> Contido (ton.)</b>		93,40	

Fonte: Cavalcanti Nt. & Brito, 2009.

Em pesquisa realizada por Cavalcanti Nt & Brito (2009) a considerar o preço do Kg de trióxido de tungstênio a R\$ 20,00, calculou-se a época o valor econômico do Tailing de R\$ 1.868.091,00 (Um milhão, Oitocentos e Sessenta e Oito mil e Noventa e Hum Reais), sem considerar as perdas do processamento. Os Depósitos Minerais Primários de scheelita são classificados, segundo a classificação dos Depósitos Minerais quanto a sua Regularidade estatística (adaptado de Kreiter *in* Maranhão, 1982), como Irregulares a Muito Irregulares, respectivamente  $40\% < V < 100\%$  a  $100\% < V < 150\%$ , com valores de Coeficiente de Variação (V) comumente na faixa de transição entre essas classes.

A mina Cafuca alternou períodos de lavra garimpeira e industrial ao longo de sua história produtiva (Nesi *et. al.* 1981).

#### 4. CONCLUSÕES

Os dados levantados nesta pesquisa, bem como de pesquisas anteriores aqui apresentados, apontam a necessidade da continuidade nas pesquisas dos resíduos sólidos das minerações, já que as reservas se exaurem, mas nas pilhas de material inerte destas atividades contem quantitativos importantes de material economicamente viável, em muitos casos, como aqui demonstrado, metais de importância para base de processos industriais. Portanto, caracterizar tecnologicamente o material originário das pilhas dos rejeitos, em especial, das minas de Scheelita, inclinam a achados que vão além de metais nobres, a comprovação de outros elementos significativos para produção industrial.

Assim, enquanto não se viabilizar rotas econômicas de tratamento de minério, os Tailings de scheelita do Seridó só poderão ser classificados como Recursos Minerais pelas normas JORC, cuja viabilidade de uma lavra industrial é, ainda, duvidosa. Desenvolver a região Semiárida é necessário, sem deixar de avaliar as dimensões do desenvolvimento em seus variados aspectos, especialmente o da sustentabilidade, para promoção de melhorias socioeconômicas, considerando a questão da destinação dos resíduos destas atividades.

Finalmente, ressaltamos o estado contemplativo onde, de um lado, uma riqueza mineral disponível e quantificada e, do outro lado, uma região com poucas oportunidades de geração de renda e emprego. A falta de uma maior empatia entre as instituições de pesquisa, indústria de mineração e sociedade em geral visando buscar alternativas viáveis, parece ser o maior entrave para a resolução destas restrições.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, **CENSO IBGE 2010**. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>> Acesso em 29 dez. 2015
- CARVALHO, E. B.; LIMA, R. F. S.; PETTA, R. A.; PAULO, J. B. A.; SOUZA, L. C. **Caracterização de rejeitos provenientes da usina de beneficiamento do minério da Mina Brejuí/RN**. In: XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2002, Recife-PE. Anais do XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Recife-PE : Carlos Adolpho M. Baltar, 2002. v. I. p. 75-81
- CAVALCANTI Nt, M. T. O. , JARDIM DE SÁ, M. E. F.; SALIM, J. **Geologia da Faixa da Mina Brejuí, Currais Novos/RN: Reavaliação de Dados**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Geologia, v. 7. p. 2772-2774, 1988.
- CAVALCANTI Nt., M. T. de O. & BRITO, J. V. de S. Depósitos Minerais Antropogênicos: uma síntese preliminar dos trabalhos de Pesquisa Mineral nos rejeitos das Minas Cafuca, Bodó/RN e Barra Verde, Currais Novos/RN. **HOLOS – Revista Eletrônica de divulgação da Produção Científica dos Pesquisadores do IFRN**, Natal, 2009, Ano 25, v.2, p. 21–38.
- JORC Code. **Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)**. Joint Ore Reserves Committee (JORC) – The JORC Code. 1989.
- LEITE, J. Y. P.; ARAUJO, F. S. D.; SANTOS, E. P. **Análise das Plantas de Concentração de Scheelita do Estado do RN**. II Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica, São Luiz/MA, 2007.
- GODEIRO, M. L. da S.; BORGES Jr., J. P.; FERNANDES, B. R. B.; LEITE, J.Y.P. Caracterização de pré-concentrado do rejeito de scheelita da mina Brejuí em concentrador centrífugo. **HOLOS – Revista Eletrônica de divulgação da Produção Científica dos Pesquisadores do IFRN**, Natal, 2010, Ano 26, v.5, p. 81–90.
- MARANHÃO, Ricardo Jorge Lobo. **Introdução a Pesquisa Mineral**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1982. 680 p.
- NESI, J. de R.; SOUZA, G.M.C. de; TINOCO SOBRINHO, J. **Considerações sobre a importância dos jazimentos scheelitíferos que compõem a faixa calcário-escarnítica de Riachão-Bodó-Cafuca-Santana do Matos/RN**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 10. Recife, 1981. Atas. Recife, SBG, 1981. 513p. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 8). p.204-212.
- PFEIFER H R, **Environmental risks related to natural and mineral ore deposits of the Central and Western Alps**. *Schweiz. Mineral.Petrogr. Mitt.* 79, pp. 339-40., 1999.
- SEDEC. **Passivo Ambiental no Setor Mineral do RN** (<http://www.sedec.rn.gov.br/Cd%20codem/Cap%C3%ADtulos%20em%20PDF%20Revisados/Cap%C3%ADtulo%206%20Passivo%20Ambiental%20no%20Setor%20Mineral.pdf>)
- SILVA Jr, E. F. da, SAMPAIO, J. A. e GUZZO, P. L. **Estudo do Fracionamento de Estéreis e Rejeito da Lavra de Scheelita na Província Borborema (RN) por Separação Magnética e Líquidos Densos**. XVI Jornada de Iniciação Científica, CETEM, 2008.

### **3.6.RESÍDUOS SÓLIDOS: COLETA, GERENCIAMENTO E RECICLAGEM DE PNEUMÁTICOS USADOS E INSERVÍVEIS**

**BRAINER, Sâmara Aline Brito**

Especialista

Supervisora na Escola de Saúde Pública de Pernambuco(Caruaru/ESPPE)

samara\_aline06@hotmail.com

**SOUZA, Gabrielly Laís de Andrade**

Especialista

Instituto Brasileiro de Tecnologia em Saúde (Caruaru/IBRATS)

gabriellyLaís18@gmail.com

**SANTOS, Marcos Antônio Bezerra**

Graduando

Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns

marcos.nucleodigital@hotmail.com

**DUQUE, Anderson Enio Silva**

Especialista

Secretaria Municipal de Saúde – Caruaru - PE

andersonenio@hotmail.com

#### **RESUMO**

O aumento da produção e consumo de pneus em todo o mundo é considerável, e se não reciclados de forma adequada irão acarretar em danos graves. Sendo assim, o objeto de pesquisa foi Como reduzir a quantidade de pneus depositados em lixo comum em Caruaru/PE? Este estudo objetivacoletar e promover um destino adequado para os pneumáticos em Caruaru/PE. Para isso os pneus foram recolhidos em 2014 e 2015. As coletas foram feitas quinzenalmente, sendo o material coletado e transportado para um ambiente no Bairro Alto do Moura, onde uma empresa especializada recolhia e encaminhava para capital Pernambucana os pneus usados. Nos dois anos estudados foram coletados um total de 28.155 pneus. Nota-se que a destinação correta dos resíduos sólidos no nordeste ainda é um assunto que vem ganhando espaço a poucos anos, desta forma que o compromisso entre gestão pública, fornecedores e usuários seja aumentado.

**PALAVRAS-CHAVE:**Sustentabilidade, Reciclagem de pneus, Logística Reversa.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos tempos modernos cada vez mais se fala em comodidade, rapidez, tecnologia, avanços científicos nas diversas áreas, todavia um assunto pouco falado é a contaminação do meio ambiente. Muito tem se investido em modernidade e tecnologia, entretanto se investigar os riscos que isso pode trazer para o meio ambiente e conseqüentemente para o ser humano ainda é pouco discutido (FERREIRA, ROCHA, FIGUEIREDO, 2013). É notório os benefícios que os pneumáticos trazem para coletividade, sendo os mais importantes a facilidade, o deslocamento de indivíduos e cargas, movimentando toda uma economia de um país, em conseqüência a isto se tem o aumento da produção e consumo de pneus em todo o mundo que se não reciclados de forma adequada irão acarretar em danos graves a logo prazo (GALDINO, MONTEIRO, 2013).

A indústria automobilística torna – se cada dia mais expansível, havendo assim uma maior fabricação e consumo de pneus novos, alguns fabricantes defendem que a substituição desse material deve ser em média de dois anos, outros alegam que há necessidade por volta de cinco anos, no entanto quando questionado o tempo para sua decomposição em exposição à natureza é presente uma indefinição, corroborando com o que já se defende sobre seu alto poder de destruição ao ecossistema (SILVA, CASAGRANDE, 2013; ANDRADE, JESUS, CRUZ, 2015).

O crescimento populacional e o elevado índice de produção de resíduos sólidos vêm se tornando um dos principais agentes de degradação ambiental, tal fator trás ainda como resultado uma perda no que diz respeito à qualidade de vida do ser humano, tudo isso decorrente da ineficiência produtiva, falta de consciência ambiental, desperdício de material que poderia ser reciclado e principalmente inexistência da aplicabilidade das regulamentações ambientais (MONTEIRO et al., 2014).

No tocante o incorreto descarte de pneus inservíveis, é considerado um grave problema de saúde pública, tendo uma dimensão de caráter internacional, pneus inservíveis são aqueles que apresentam impossibilidade de reuso, como a recapagem e a recauchutagem, quando considerado a reciclagem desses tipos de resíduos sólidos, como alternativa de diminuição dos problemas ambientais é colocado com algo difícil e dispendioso, no entanto vários estudos mostram diversas opções para o reprocessamento de pneus, de forma a beneficiar o meio ambiente e o próprio homem (MONTEIRO et al., 2014) Floriani, Furlanetto, Sehnem (2016) levanta algumas possibilidades referente a garantia da sustentabilidade através de boas práticas ambientais, no que concerne o reuso de pneus anteriormente considerados “lixo”.

Dentre elas destaca – se o coprocessamento, onde os pneus inservíveis são utilizados como combustível alternativo em fornos de cimenteiras, em substituição ao coque de petróleo, laminação que é utilizado na indústria moveleira, solas de calçados, dutos de águas pluviais, artefatos de borracha que possibilita a fabricação de tapetes para automóveis, pisos industriais e pisos para quadras poliesportivas, além do asfalto-borracha que pode ser um dos componentes para a confecção da massa asfáltica, oferece uma maior vida útil, bem como maior segurança ao usuário (FLORIANI, FURLANETTO, SEHNEM, 2016).

Diante desse contexto de consumo x poluição foi criada pelo Conselho Nacional do meio Ambiente (CONAMA) através da resolução nº 416, no ano de 2009 uma legislação, direcionada para regulação dos impactos ambientais dos pneus inservíveis e das atribuições dos agentes da cadeia reversa. A cadeia reversa tem por finalidade estabelecer um ciclo do local de consumo até a destinação final destes objetos, permitindo uma logística reversa de pneus inservíveis que possibilite uma solução, visando uma diminuição do descarte errôneo (SOUSA, RODRIGUES, 2014).

Como forma de minimizar os impactos ambientais, os resíduos sólidos podem ser parcialmente reprocessados, esse reuso também contribui para melhoria na saúde pública e na movimentação econômica a partir da implementação de um sistema de gerenciamento para resíduos sólidos, onde envolva a previsão de demanda de resíduos, o tipo de material, a forma de coleta, armazenamento e transporte desse produto, e ainda o reconhecimento de um destino final adequado (MONTEIRO et al., 2014). Galdino e Monteiro (2013) evidenciam que o pneumático inservível comportou-se como uma questão social, ambiental e econômica por acarreta danos ao produtor e poder tornar-se foco de patologias (como a dengue) e, quando queimado a céu aberto, polui o solo e o ar. Desse modo se faz necessário a participação dos produtores, revendedores e consumidores para a coleta e destinação final adequada, como a reciclagem, visando evitar a degradação do meio ambiente e problemas de saúde à população.

Pensando nisto e respaldado pela legislação a secretaria municipal de saúde de Caruaru buscou formas de destinar corretamente os pneus visando à diminuição da contaminação do ambiente bem como a diminuição da proliferação do *Aedes aegypti* neste município, sendo assim o objeto deste estudo foi Como reduzir a quantidade de pneus depositados em lixo comum? De que forma o município de Caruaru pode contribuir para a reciclagem de pneus?

Esta pesquisa teve por objetivo coletar e promover um destino adequado para os pneumáticos do município de Caruaru/PE, melhorado assim a saúde pública deste município.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

A área explorada é situada no município de Caruaru, no estado de Pernambuco, Brasil. Pertencendo este município à Mesorregião do Agreste pernambucano e à Microrregião do Vale do Ipojuca, localiza-se ao oeste de sua capital Recife, apresentado uma distância desta de aproximadamente 130 km. Tem uma área de extensão territorial de 920,611 Km<sup>2</sup>.

### **2.2 Coleta de material**

Entre os períodos de janeiro a dezembro de 2014 e de 2015 foram coletados pneus em revendedoras e borracharias cadastradas e classificadas como pontos estratégicos. Vale salientar que a população também era informada de números de contato da secretaria (vigilância ambiental), onde os mesmos poderiam ligar para que fosse feita a coleta de pneus avulsos. As coletas foram feitas quinzenalmente por uma equipe formada por cinco agentes de endemias, os quais tanto



faziam a coleta como orientavam os donos das borracharias e funcionários bem como a população no local da coleta. O material coletado era transportado em veículo apropriado para um ambiente coberto no Bairro Alto do Moura, Caruaru, PE, onde uma empresa especializada coletava e transportava para o Recife, para posterior aproveitamento destes pneus.

### 2.3 Análise dos dados

Foi utilizada estatística descritiva para analisar os dados obtidos nesse estudo. O software Microsoft Excel 2013 foi utilizado para tabulação dos dados e posteriormente a criação das tabelas e gráficos encontrando-se os mesmos ilustrados abaixo.

## 3.RESULTADOS

Todas as borracharias e revendedoras de pneus da cidade são cadastradas e o agente de combate às endemias faz a visita quinzenalmente com o objetivo de analisar os lugares onde estes pneumáticos se encontram bem como analisar a quantidade de pneus para acionar a equipe responsável pelo recolhimento (Figura 1).

Figura 1- Dimensionamento da equipe em um dia de coleta, Caruaru/PE



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde, 2016.

A equipe de recolhimento de pneus composta por cinco agentes de endemias faz a visita nestes pontos estratégicos cujo total é de 97 borracharias cadastradas e faz o recolhimento dos pneus inservíveis (Figura 2), que são colocados em um galpão coberto no bairro Alto do Moura até a empresa parceira fazer o recolhimento e posterior encaminhamento para Recife e em seguida o reaproveitamento dos mesmos.

Um das distinções de um país em desenvolvimento como o Brasil, comparado a outras nações desenvolvidas no que refere aos aspectos econômicos, tecnológicos e industriais, é a destinação dada aos resíduos sólidos, onde nestes países não é presente o desperdício de materiais, no entanto em alguns municípios brasileiros já observa-se a preocupação com os descartes indevidos de

diversos produtos, dentre eles os pneus, que é significativamente prejudicial a natureza quando considerado que este demora anos para se decompor (SOUZA, MONTEIRO 2015). “Quinhentos milhões de automóveis foram licenciados no mundo entre 1950 e 2000, isso significa em pneumáticos essa soma acrescida no mínimo em 5 vezes esse valor” (SILVA, CASAGRANDE, 2013).

Em um estudo realizado no estado do Paraná, buscando avaliar a destinação dos resíduos sólidos dada pela população, foi possível observar que o destino final dado aos resíduos sólidos, a exemplo o pneu, 39% comercializava utilizando este instrumento como geração de renda, 9% das famílias armazenava os entulhos em um depósito para uma futura coleta, sendo em 67% dos casos dessa retenção feita nas proximidades de sua moradia, água corrente e matas (CERRETA, SILVA, ROCHA, 2013).

Figura 2- Coleta De Pneus Em Uma Das Borracharias Cadastradas, Caruaru/PE.



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde, 2016.

São produzidos no Brasil um alto quantitativo de pneus anualmente, estima-se que entre os anos de 2002 à 2010 foram fabricados cerca de 493,7 milhões de pneus, diante desse elevado consumo e consequente aumento de fabricação. Foi estabelecido desde o ano de 2002 que os fabricantes e importadores de pneus tem por responsabilidade coletar e oferecer a destinação final dos pneus inservíveis, ou seja, realizar a prática de logística reversa (LAGARINHOS, TENÓRIO, 2013).

A destinação dos pneus de forma errada ainda é muito comum no Brasil, salientado que não se podem queimar esses pneus, pois os mesmos acabam por poluir o lençol freático bem como o ar, pois liberam gases tóxicos, sem falar que o acúmulo em lugares impróprios desencadeia a proliferação de vetores e consequentemente trazem vários problemas à saúde pública (MONTEIRO et al., 2014).

A equipe responsável pelo recolhimento fazia também um árduo trabalho com relação à limpeza desses pneus (Figura 3), onde os mesmos eram higienizados e após secarem os mesmos eram depositados no galpão próprio, com essa prática acredita-se que o número de criadouros do *Aedes* era diminuído, vale salientar também que vários moradores ligaram avulso quando perto da sua moradia existia pneus em locais inapropriados e essa mesma equipe fazia a coleta de pequenas quantidades de resíduos sólidos.

Um dos objetivos desta pesquisa foi à retirada dos pneus de locais abertos e que poderiam molhar e que a água ficasse depositada nos pneus sendo criadouro de vetores, dentre eles o que tem assolado o presente município e o estado Pernambucano o *Aedes Aegypti*, dados estes que encontraram respaldo na pesquisa de Sousa e Rodrigues (2014) onde mostra o estado do Piauí com enorme incidência e a secretaria estadual de saúde intensificando as coletas destes resíduos sólidos em prol da diminuição de casos da dengue.

Figura 3- Higienização Dos Pneus Para Posterior Armazenamento Em Galpão Coberto, Caruaru/PE



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde, 2016.

Após os pneus serem colocados neste galpão coberto evitando assim o acúmulo de água de chuva e conseqüentemente a criação do mosquito causador das arboviroses, o *Aedes aegypti*, a empresa **PNEU VERDE RECICLADORA e COMÉRCIO DE RESÍDUOS** é contatada e quinzenalmente nas sextas-feiras vem com seu caminhão baú para fazer essa coleta e posterior aproveitamento desta matéria na adesão à massa asfáltica de pó de borracha. Segundo Monteiro et al. (2014) os pneus que agredem o ambiente tem solução para eles enfatizando que os mesmos são 100% recicláveis, com várias alternativas que hoje existem, tornando esse pneu usado em uma oportunidade de novos negócios de ramos os mais variados.

Silva e Casagrande (2013) lista algumas das formas de reaproveitamento de pneus inservíveis dentre eles destaca-se a utilização de pneus para decoração de ambiente, fabricação de tijolos, como combustível, para parques, na usina de asfalto e para produção de cimento. As destinações dos pneus inservíveis podem acontecer de duas maneiras: a reciclagem e coprocessamento, para facilitar a compreensão de como acontece a reciclagem, é importante classificar de acordo com resíduo utilizado, a exemplo tem as raspas, pó de borracha e as lâminas, cada um tem como finalidade a fabricação de diversos produtos, as lâminas se destina a produção de artefatos, como: autopeças, tapetes, pisos e outros, o pó de borracha se destina a indústria de construção rodoviária e as raspas contribuem na área de construção civil. No que diz respeito o coprocessamento, este é realizado em fornos de fabricação de clínquer, matéria-prima da indústria cimenteira (BAUER et al., 2015).

Foi possível observar e comprovar a partir de estudos realizados, que a adição de polímeros de borracha reciclada, contribui de forma significativa para melhoria nas propriedades do asfalto, esse estudo trouxe em seus dados que a mistura onde possui polímeros, apresenta em sua composição o

ácido polifosfórico, sendo este o cofator da beneficiação do asfalto polímero, já no que tange o asfalto de borracha não houve o acréscimo de nenhum outro produto, o que justifica e consolida a pesquisa realizada (ROSA et al., 2012).

Um grande marco para o enfrentamento dos problemas ambientais foi à criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010 que acarretou nos últimos anos em um aumento da reciclagem de pneus no Brasil, isto ocorreu, pois a responsabilidade foi compartilhada entre os fabricantes, gestores públicos e consumidores, onde os mesmos acabaram por desenvolver uma responsabilidade e conscientização ecológica (FLORIANI, FURLANETTO, SEHNEM, 2016). A logística reversa é um novo conceito de logística empresarial em nosso País, teve seu surgimento na década de 90, a partir da observação e reconhecimento dos profissionais de logística, quando consideraram os benefícios lucrativos que era possível obter com os componentes e a matéria – prima dos pneus inservíveis, se este fosse administrado de maneira adequada, através do seu retorno de pós – consumo ou pós venda, proporcionando por meio dessa prática a reutilização, reciclagem, valorização energética, bem como a disposição final dos produtos no ciclo final da vida útil (LAGARINHOS, TENÓRIO, 2013).

Um sistema de logística reversa pode ser compreendido como um conjunto de interações entre os agentes principais, os quais são interdependentes no processo logístico reverso dos pneus inservíveis. Contudo, se faz necessário que os agentes da cadeia reversa de pneus inservíveis como fabricantes, importadores, destinadores, distribuidores, revendedores, órgãos públicos, pequenos comerciantes, borracheiros e consumidores finais, estejam cientes dos riscos ao ambiente bem como a saúde pública que estes resíduos oferecem, para que ocorram esforços mútuos e contribuição no descarte, coleta e destinação em perspectivas ambientalmente corretas (SOUSA, RODRIGUES, 2014). Nos dois anos estudados (2014 e 2015) foram coletados um total de 28.155 pneus como mostra a (tabela 1) abaixo.

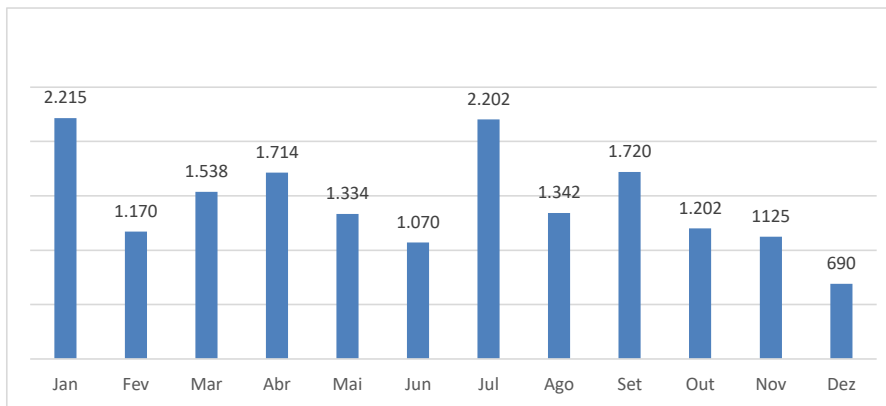
Tabela 1 – Quantidade de pneus coletados por ano, Caruaru-PE

<b>Ano</b>	<b>Pneus Coletados</b>
<b>2014</b>	17.322
<b>2015</b>	10.833

FONTE: Secretaria Municipal De Saúde, 2016.

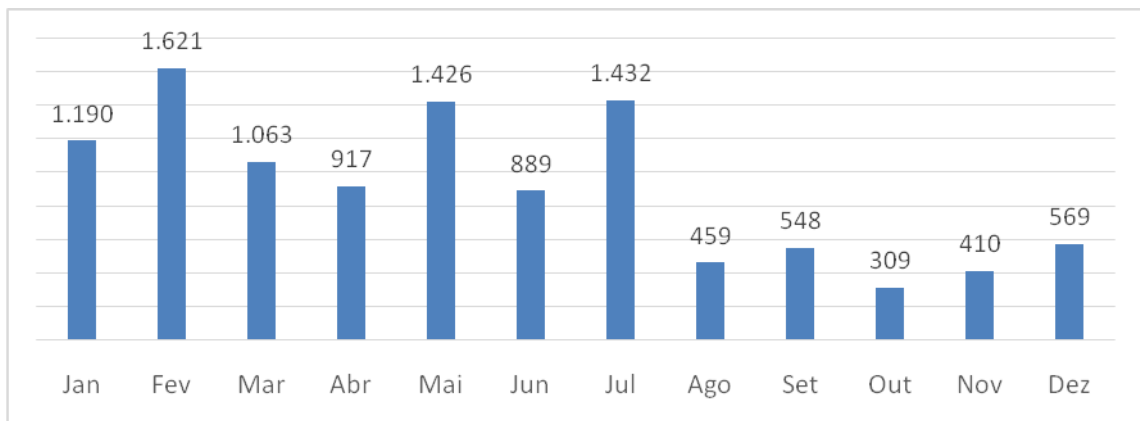
O número de pneus recolhidos no ano de 2014 foi uma quantidade considerável, com exceção dos meses de janeiro e junho onde passaram dos 2000 pneus coletados, a média neste ano foi de 1.444 unidades, este número podemos verificar no (gráfico 1) abaixo. Em meados de 2015 a empresa citada, parou de recolher estes pneus na cidade por isso a queda no quantitativo recolhido a partir do mês de agosto, como é possível observar no (gráfico 2) abaixo.

Figura 4- Quantidade De Pneus Recolhidos No Ano De 2014 - Caruaru -PE



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde, 2016.

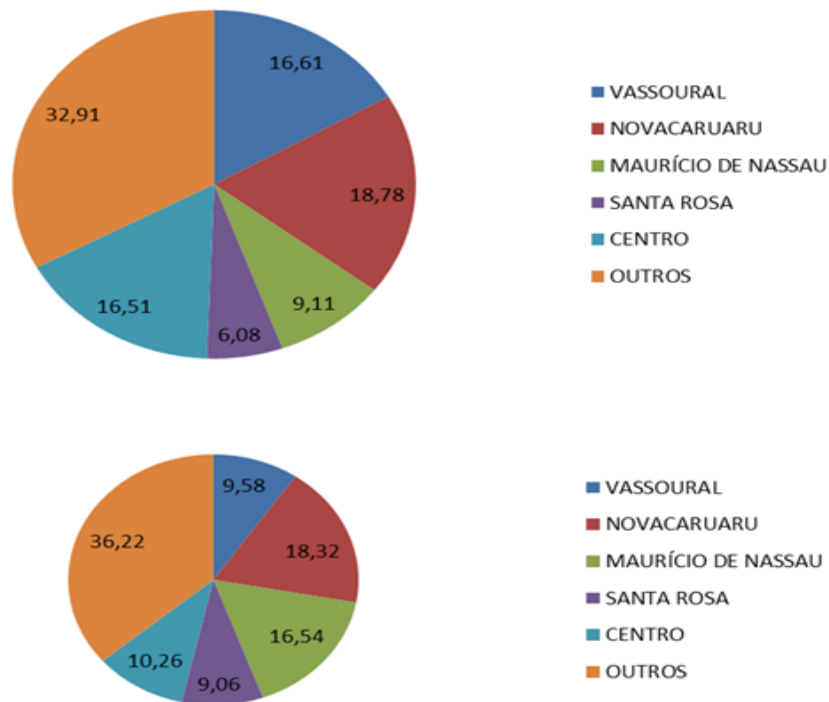
Figura 5 - Quantidade De Pneus Coletados No Ano De 2015 em Caruaru-PE



FONTE: Secretaria Municipal De Saúde, 2016.

O município de Caruaru apresenta 35 bairros dentre estes os bairros no ano de 2014 que foram pontos de coleta e se destacaram com maiores prevalências foram nova caruaru (18,78%), vassoural (16,61%) e o centro (16,5%), enfocando que o número de borracharias nesses bairros é mais concentrada daí as maiores prevalências terem ocorridos nesses bairros, já no ano de 2015 a prevalência ficou da seguinte forma centro, Maurício de Nassau e nova Caruaru, dando ênfase ao bairro Maurício de Nassau que se concentra muitas empresas devido à importância da logística reversa (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição do recolhimento dos pneus por bairro, Caruaru - 2014 e 2015(%)



FONTE: Secretaria Municipal De Saúde, 2016.

Silva e Casagrande (2013) relatam que se algumas práticas fossem adotadas pelos usuários dos pneus poderia se diminuir o número exorbitante que temos de pneus e prolongar consequentemente o uso desses resíduos, tais práticas conscientes incluem evitar freadas bruscas desnecessárias, calibragem adequada, realizar rotineiramente o balanceamento das rodas.

Cabe aos municípios brasileiros buscarem formas dentro de suas condições para preservar o ambiente e diminuir a eliminação dos resíduos sólidos a céu aberto devido aos prejuízos que estes podem causar para a população, infelizmente um dado ainda alarmante é que mais de 50% dos resíduos sólidos são destinados erroneamente no Brasil, sendo assim se precisa urgentemente trabalhar as questões ambientais (SILVA, FRANCISCHETT, 2013).

#### 4.CONCLUSÕES

Nota-se que a destinação correta dos resíduos sólidos no nordeste ainda é um assunto que vem ganhando espaço há poucos anos, principalmente por a lei que assim regulamenta essa destinação ser do ano de 2009, onde após a mesma é que o poder público e as empresas têm buscado formas sustentáveis para os pneus em todo Brasil.

Desta forma a reciclagem dos pneus traz vários benefícios em diversos ramos, salientando que o pneu é um produto com 100% de reaproveitamento, gerando inúmeros empregos e muito volátil.

Faz-se necessário que as empresas observem e conheçam os inúmeros benefícios da reutilização destes materiais bem como a gestão pública adote esse papel de conscientização e informação tanto a população quanto a empresas.

O município de Caruaru contou com a parceria de uma empresa, todavia por motivos dispendiosos para a empresa a mesma parou de coletar os pneumáticos neste município, sendo assim que outras empresas venham a ter interesse no agreste pernambucano para que esse reaproveitamento volte a funcionar de forma sustentável.

## REFERÊNCIAS

ARLON CÂNDIDO FERREIRA, A.C.; ROCHA, L.C.; FIGUEIREDO, M.A. Resíduos sólidos: estudo sobre a atual situação no município de São João Del-Rei/MG. **Revista nacional de gerenciamento de cidades**, v. 01, n. 05, p. 107-122, 2013.

ANDRADE, C.I.A.R; JESUS, R.M.; CRUZ, J.O. Análise da viabilidade de implantação de uma usina de reciclagem de pneus em Teixeira de Freitas – BA. **R. Bras. Planej. Desenv.**, v. 4, n. 1, p. 107-127, 2015.

BAUER, J. M.; CÁSSERES, M.; SAUERESSIG, G.; LUCHESE, J.; SELLITTO, M.A. Destinação de pneus usados servíveis e inservíveis: dois estudos de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1292-1302, 2015.

CERRETA G.F, SILVA F.K, ROCHA A.C. Gestão Ambiental e a problemática dos resíduos sólidos domésticos na área rural do município de São João – PR. **Revista ADMpg Gestão Estratégica, Ponta Grossa**, v. 6, n. 1, p.17-25, 2013.

FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. A. Resíduos Sólidos: Estudo Sobre A Atual Situação No Município De São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 5, p.107-122, 2013.

FLORIANI, M.A.; FURLANETTO, V.C.; SEHNEM,S. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016.

GALDINO, D.M.R.; E MONTEIRO, M.S.L. Reciclagem de pneus. **Revista eletrônica informe econômico**, v. 1, n. 1, p. 39-44, 2013.

LAGARINHOS, C.A.F.; TENÓRIO, J.A.S. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. **Polímeros**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

MONTEIRO, J.M.;GOMES, C.C.P.; SÁ, L.; FURTADO, T.F.S. Política nacional de resíduos sólidos - lei 12.305/2010 uma visão geral e sua interface com o porto de Santos. **Revista de saúde, meio ambiente e sustentabilidade**, v.9, n.1, p. 19-42, 2014.

ROSA, A.P.G.; SANTOS, R.A.; CRISPIM, F.A.; RIVA, R.D.D. Análise comparativa entre asfalto modificado com borracha reciclada de pneus e asfalto modificado com polímeros. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.20, p.31-38, 2012.

SILVA, I.O.R.; FRANCISCHETT, M. N. A destinação de resíduos sólidos o caso de Francisco Beltrão/PR. **Revista GeoNordeste**, n.2. p 116-130, 2013.

SILVA, M. A.; CASAGRANDE, A. A controvérsia dos pneus, o princípio da prevenção e precaução e o dever de sustentabilidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, p. 758-768, 2013.

SOUSA, J.V.O.; RODRIGUES, S.L. Sistema de logística reversa de pneus inservíveis na cidade de Teresina: um estudo exploratório da aplicação prática da resolução de nº 416/2009 do CONAMA. **XVII SEMEAD Seminários em Administração**, p. 01-12, 2014.

SOUZA, G.M, MONTEIRO, L.S. Apontamentos sobre a história do projeto eco que – o que é lixo pra você? **Revista de extensão e iniciação científica UNISIOCIESC**.2015.



## **Capítulo 4: Biogás**

## ABERTURA

O biogás constitui uma fonte alternativa de energia renovável, podendo ser gerado e captado a partir da decomposição anaeróbia de materiais orgânicos, desde dejetos agrícolas e agropecuários à matéria orgânica encerrada em aterros sanitários. O Brasil é notado pelo seu imenso potencial de geração de biogás favorecido, entre outros fatores, por estar localizado numa região de clima predominantemente tropical. Os principais componentes do biogás são os gases metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), também gases responsáveis pela manutenção do Efeito Estufa, foco de discussões nos principais eventos internacionais que buscam acordos para diminuição das emissões.

O processo de digestão anaeróbia tem sido utilizado, com sucesso, tanto para o tratamento de resíduos sólidos quanto de efluentes, gerando biogás como subproduto destes processos, que muitas vezes não é reaproveitado diante da ausência de um sistema de captação e armazenamento adequados para esta finalidade. Neste sentido tem aumentando o número de pesquisas e investimentos na busca para identificar melhores alternativas. Observa-se que em todas estas há um direcionamento claro no uso sustentável deste recurso, compreendendo-se que a atividade microbiótica pode ser um agente de produção energética de baixo custo e impacto controlável.

Este capítulo apresenta estudos sobre a geração de biogás de origem animal, a partir do tratamento de seus dejetos. Também são analisados parâmetros químicos que influenciam diretamente na geração do biogás, buscando indicadores que denotem qualidade a este. Estudos contemplando a utilização de resíduos de restos alimentares e estudos de com o auxílio de modelagem matemática também fazem parte deste acervo, fechando esta visão geral sobre o assunto.

## 4.1. PRODUÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE DEJETOS DE ORIGEM ANIMAL

**BARROS JÚNIOR, Antônio Pacheco de**  
Mestre

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco (PRODEMA/UFPE)  
pachecogeoambiental@hotmail.com

**REIS NETO, Afonso Feitosa**  
Mestre  
PRODEMA/UFPE  
afonsofeitosa@hotmail.com

**ALVES, Stevam Gabriel**  
Mestre  
PRODEMA/UFPE  
stevam\_gabriel@hotmail.com

**RODRIGUES, Gilberto Gonçalves**  
Doutor  
PRODEMA/UFPE  
biol.gilbertorodrigues@gmail.com

### RESUMO

Os dejetos de origem animal são considerados resíduo agrícola gerado diariamente em virtude de práticas ali existentes e da quantidade de animais. O biodigestor é um equipamento que converte o esterco animal das criações animais em gases e energia. Este estudo tem como objetivo destacar o uso do esterco bovino como alternativa energética enquanto matéria-prima na produção de biogás e biofertilizante em biodigestor no Povoado Lagoa da Volta, no Município de Porto da Folha, em Sergipe. A metodologia envolve o levantamento de dados a partir de fontes primárias e fontes secundárias no período de julho de 2014. Os resultados obtidos indicam que o esterco bovino e adição de água formam a matéria-prima usada no biodigestor que gera biogás e biofertilizante. É uma alternativa viável, pois reduz o custo com transporte de fertilizantes químicos e gás de cozinha, despolui o meio ambiente, evita a retirada da lenha, a contaminação dos corpos d' água e recupera o solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Térmica, Matéria Orgânica, Sólidos Agropecuários.

## 1. INTRODUÇÃO

“A palavra lixo origina-se do latim *lix*, que significa cinzas ou *lixívia*. Atualmente, o lixo é identificado, por exemplo, como *basura* nos países de língua espanhola, e *refuse, garbage, solid waste* nos países de língua inglesa” (BIDONE; POVINELLI, 1999, p. 01).

O lixo, propriamente dito, é proveniente das atividades humanas. O homem tem como resultado da sua capacidade de transformar os recursos naturais, o lixo, que é variável de acordo com o estilo de vida, o nível de riqueza; o grau de instrução; urbanização e industrialização das sociedades urbanas, entre outros (LIMA, 2005).

Tommasi (1979, p. 154) aduz:

A quantidade e composição dos despejos sólidos variam muito de local para local, segundo especialmente o nível de vida e o grau de industrialização da região (do país, etc.). Quanto mais uma região se industrializa, mais se formam resíduos sólidos de origem industrial, comercial e agrícola [...].

O resíduo sólido oriundo das atividades agrícolas e da pecuária, dentre os quais, embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e outros, é uma preocupação crescente em várias regiões do mundo, destacando-se pela alta produtividade do esterco animal provenientes de propriedades rurais (fazendas) e da pecuária intensiva (LIMA; CHENNA, 2009).

De acordo com Ferreira (2013, p. 06) “qualquer que seja o sistema de produção animal adotado pela propriedade rural, a geração de esterco é característica intrínseca da atividade [...]”. Konzen (1999, p. 01) cita que “os sistemas de produção animal, especialmente a criação de bovinos leiteiros, de maneira geral, produzem grandes volumes de resíduos”.

Eis o que Grippi (2006, p. 21) aduz acerca da importância do gerenciamento do lixo:

Gerenciar lixo na concepção da palavra significa cuidar dele do berço ao túmulo; esta expressão “do berço ao túmulo” define muito bem como deve ser o gerenciamento do lixo nos dias de hoje: desde a sua geração, a seleção e finalmente sua disposição final.

Especificamente, no caso do gerenciamento do esterco bovino (resíduo sólido) é importante a difusão de tecnologias alternativas com base ecológica para o reaproveitamento desse insumo animal e, neste caso, a utilização de biodigestores é uma possibilidade que vem a possibilitar a sustentabilidade ambiental. Pederiva et al. (2012, p. 12-13) aduz:

O uso de biodigestores em propriedades rurais pode trazer uma série de benefícios para o proprietário e para o meio ambiente, produzindo biogás através de um dejetos animal muitas vezes rejeitado, e também gerando fertilizantes que podem ser usados em diversas culturas.

Basicamente de um material que seria descartado é possível se obter energia elétrica, térmica, e um fertilizante natural que pode também ter um valor comercial.

A utilização de biodigestores é algo muito antigo, tão antigo, que eles já foram até confundidos com fenômenos sobrenaturais e manifestações de seres místicos ou folclóricos. Na Segunda Guerra Mundial, a biodigestão foi bastante difundida entre os países europeus, usando-se o biogás em substituição aos derivados de petróleo, através da queima direta e o uso em veículos (PALHARES, 2007).

O uso de biodigestores no Brasil é algo recente e tem como principal marco referencial a década de 70 do século passado. Neste sentido, Oliver et al. (2008, p. 08) traz a seguinte contribuição:

Com a crise do petróleo na década de 70 os biodigestores foram trazidos para o Brasil. Os principais modelos implantados foram o Chinês e o Indiano, quase que exclusivamente orientados para produção do biogás. Na região nordeste foram implantados vários programas de difusão dos biodigestores e a expectativa era muito grande, mas os resultados não foram satisfatórios.

No Estado do Piauí, localizado na região do nordeste brasileiro, o projeto Energia do Produtor, desenvolvido pela Organização não Governamental (ONG) brasileira - a CARE do Brasil, os criadores de bodes e carneiros têm produzido energia através dos biodigestores instalados no ano de 2010, com a participação ativa dos beneficiários. Os biodigestores convertem o esterco animal das criações em gases e energia, resultando em economia de cerca de R\$ 40,00 mensais, por produtor, em razão do uso do biogás para cozimento dos alimentos, bem como a venda de biofertilizantes (CARE, 2011).

O biodigestor consiste num tanque onde é inserida biomassa, adicionada a água que, sob ação das bactérias anaeróbicas, resultam no biogás e no biofertilizante. O biodigestor é uma ferramenta que pode ser usada na melhoria da qualidade de vida de pequenas propriedades familiares em todo o Brasil, conforme exemplo tipificado no Estado do Piauí.

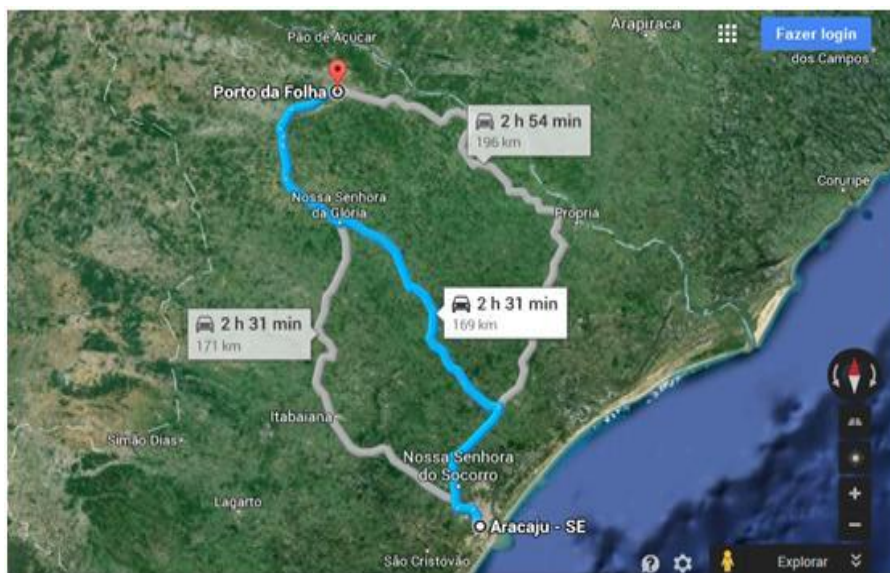
Diferentemente da realidade da “chegada” dos biodigestores em território piauiense que se deu por uma ONG, no Estado do Sergipe, também inserido na mesma região do nordeste brasileiro, foi verificado que a introdução do biodigestor ocorreu por conta do intercâmbio de oficinas realizadas com o apoio do Movimento de Pequenos Agricultores – MPA do Município de Porto da Folha no alto sertão sergipano que esteve participando de oficinas no Município de Riachão do Jacuípe, no Estado da Bahia.

O objetivo deste estudo foi destacar o uso do esterco bovino como alternativa energética enquanto matéria-prima na produção de biogás e biofertilizante em biodigestor no Povoado Lagoa da Volta, no Município de Porto da Folha, em Sergipe. Sendo justificado, pelo fato de proporcionar conhecimento à sociedade, bem como o auxílio de fontes de futuras pesquisas para produção de energias alternativas e de baixo custo.

## 2.METODOLOGIA

O presente trabalho busca destacar o uso do esterco bovino como alternativa energética utilizada em biodigestor no Povoado Lagoa da Volta, no Município de Porto da Folha em Sergipe, configura-se como tema da pesquisa científica. De acordo com Cintra et al. (1990), o Município de Porto da Folha está situado no extremo noroeste do estado de Sergipe, na latitude 09°55'00" sul e longitude 37°16'44" oeste, na margem direita do rio São Francisco, a 190 km de Aracaju (Figura 1). Porto da Folha tem como limites, os seguintes municípios: ao norte, Pão de Açúcar (AL); ao sul, Monte Alegre de Sergipe (SE); ao leste, Gararu (SE); e ao oeste, Poço Redondo (SE).

Figura 1: Localização do Município de Porto da Folha em relação à capital Aracaju.



Fonte: <http://earth.google.com>

Segundo diagnóstico elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2002), o Município de Porto da Folha possui um clima megatérmico semi-árido, com temperatura média anual de 26,2° C, precipitação média no ano de 548,9 mm e período chuvoso de março a julho. O relevo é caracterizado pelas unidades geomorfológicas Superfície Pediplanada e Pediplano Sertanejo, contendo relevos dissecados em colinas e cristas com interflúvios tabulares.

Para Cintra et al. (1990), a vegetação natural é a caatinga hiperxerófitas, apresentando-se densa e bem conservada nos relevos fortes ondulados da zona de entalhe do rio São Francisco. Quanto às grandes unidades de solo, os regossolos e os bruno-não-cálcicos são os mais representativos do município.

A população total do Município de Porto da Folha, segundo o Censo Demográfico de 2010, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE é de 27.146 habitantes, cuja densidade demográfica hab/km<sup>2</sup> é de 30,94. A população residente rural é de 17.191 e a população

residente urbana é de 9.955 pessoas, nota-se, o predomínio da população rural sobre a população urbana.

A fim de realizar o estudo de cunho exploratório, foi necessário o levantamento de dados a partir de fontes primárias e secundárias. No que concerne às fontes primárias foi necessário visita ao povoado Lagoa da Volta (Figura 2), cuja coordenada UTM 24 L 0674442 8905429, estando inserido no Município de Porto da Folha. A atividade de campo foi desenvolvida em 09 de julho do ano de 2014, no sítio da agricultora, experimentadora, conhecida popularmente por dona Cida, uma das fundadoras de uma Associação de Mulheres em Lagoa da Volta e proprietária do biodigestor, que concedeu termo de consentimento prévio para a pesquisa, como prevê Comitê de Ética.

Figura 2: Local objeto de estudo.



Fonte: <http://earth.google.com>

Quanto, à caracterização do local que se encontra o equipamento biodigestor no Povoado Lagoa da Volta em Porto da Folha, é válido ressaltar os apontamentos de Sergipe (2013, p.01):

“No meio do sertão, de solo árido e rostos curtidos pelo sol, a sabedoria do sertanejo em vencer a seca se sobressai. É lá, em Lagoa da Volta, que uma das fundadoras da Associação de Mulheres de Lagoa da Volta, Maria Aparecida da Silva, construiu um fogão a gás de esterco animal. Maria Aparecida é a primeira sergipana a ter um biodigestor em pleno funcionamento no quintal de sua casa. De longe, a casa de Cida da Silva, como é conhecida na região, se destaca pelo jardim florido e animais nutridos. Ela cria cabra e galinhas que fornecem, juntamente com o esterco de boi recolhido nas pastagens vizinhas, a matéria-prima do combustível que faz acender o fogão em sua cozinha.”

No que se refere às fontes secundárias compreendeu o levantamento bibliográfico, a interpretação de dados cartográficos e a organização dos dados a fim de subsidiar a elaboração do estudo científico.

### 3.RESULTADOS

No Município de Porto da Folha o projeto biodigestor fruto do trabalho desenvolvido pelo Centro Dom José Brandão de Castro (CDJBC) e com parceria do Projeto Dom Helder Câmara (PDHC) permitiu que 80 famílias ligadas agricultura familiar no território do Alto Sertão Sergipano tivessem acesso a tal equipamento. De acordo com Goveia, Sodr e e Dourado (2011) citam que as agricultoras no Povoado Lagoa da Volta em Porto da Folha em Sergipe contam com assessoria técnica, com base aos princípios da agroecologia, de uma (ONG) denominada de Centro Dom José Brandão de Castro.

Segundo a entrevistada o equipamento foi implantado há dois anos, fruto de sua própria iniciativa, pois a mesma se dedica a inova es que agregue sustentabilidade, advindo daí a fabrica o do biodigestor. As imagens abaixo destacam o biodigestor na propriedade de dona Cida (Figura 3A e B).

Figura 3 (a) e (b): Biodigestor instalado no Povoado Lagoa da Volta – Porto da Folha.



(a)



(b)

Fonte: Autor.

O intercâmbio ao vizinho Estado da Bahia, especificamente, na comunidade do Mucambo, no Município de Riachão do Jacuípe, permitiu que dona Cida conhecesse o agricultor Abel Manto que desenvolve inova es para conviver no semi- rido baiano. Como pode ser observado nas seguintes declara es da entrevistada:

“Os intercâmbios pros agricultores pra todos nós   importante que   o aprendizado n  de todos nós agricultor, estudante e tudo mais n    onde a gente aprende isso. Eu fui pra Riachão do Jacuípe l  seu Abel Manto um



gênio e eu vi esse, esse biodigestor lá e eu fiquei encantada eu com um caderno anotando tudo e eu disse eu vou fazer um lá. Eu vim no meu sentido. Eu vou fazer um porque eu sou é daquelas agricultora que é observadora e experimentadora” (Dona Cida, agricultora, Povoado Lagoa da Volta - Porto da Folha).

Segundo a entrevistada não existiu dificuldades de construção do biodigestor, mas a maior dificuldade foi à operacionalização do biodigestor por falta do conhecimento técnico, neste sentido, o Sr. Abel Manto teve que vim da Bahia até ao povoado de Porto da Folha e prestou assistência técnica. É importante mencionar que o povoado no entorno participou diretamente na construção do biodigestor, pois houve a doação de cimento, de canos, da mão de obra, dentre outros.

Roratto (2014) no minucioso estudo apresenta proposta para pequenos produtores rurais tratarem os dejetos de suas propriedades de maneira eficiente pela utilização do biodigestor. O mesmo ressalta que tal equipamento possui um baixo investimento de capital financeiro e tem como matéria-prima para construção a utilização de recipientes descartáveis e tubulação de PVC.

No que concerne à construção do biodigestor a participação do agricultor Cleonaldo foi fundamental neste processo, pois o mesmo contribuiu prestando mão de obra, através do qual este relatou as partes que compõe tal equipamento (Figura 4 A e B). Neste sentido, o referido agricultor de forma gentil concedeu a seguinte declaração:

“O biodigestor é composto por três partes alimentador, reservatório e decantador todos os dias alimenta por aí ta certo. Isso aqui é o alimentador pega um balde de esterco de gado fresco não pode ser seco, um balde desses por dia e dois de água desses, desmancha os três e faz aquela pasta. Aí derrama aqui e daqui vai lá pra baixo, tem um cano descendo e sai a 1m (um metro) ou 1.20m (um metro e 20 centímetros), mais ou menos, ali embaixo. Aí quando ele entrar ali, ele vai entrar em processo que entrou hoje e lá já sai que já tá curtido. Botou em três e quatro horas depois já tá fermentado conforme a temperatura do tempo quanto mais o tempo quente mais ele fermenta rápido. O gás estar acumulado todo nesta caixa aí ele sai aqui por uma encanação e vai todo pro fogão” (Sr. Cleonaldo, agricultor, Povoado Lagoa da Volta - Porto da Folha).

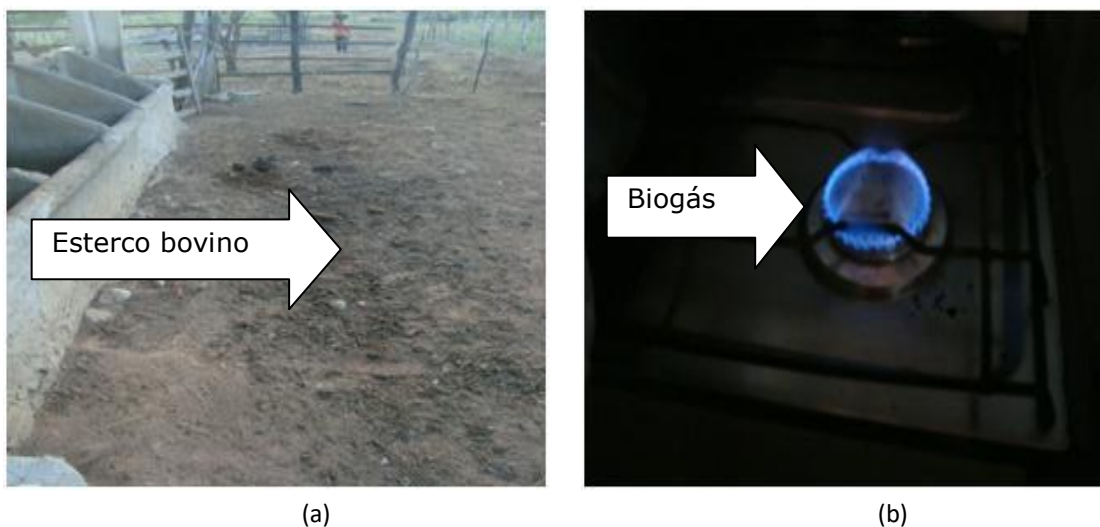
Constata-se que o sucesso da implantação do biodigestor na propriedade de dona Cida reside nos seguintes fatores: baixo custo, facilidade de aquisição de materiais e a manutenção é simples. É importante mencionar que a fabricação do biodigestor teve um caráter experimental e o êxito do funcionamento de tal equipamento possibilitou a replicação deste em outros locais, como é o caso da construção de 80 biodigestores, desenvolvido pelo Centro Dom José Brandão de Castro (CDJBC) e com parceria do Projeto Dom Helder Câmara (PDHC). Os entrevistados declararam que o esterco bovino é obtido no próprio povoado oriundo de currais e matadouro e não existe cobrança pela obtenção do esterco, como pode ser observado na declaração do Sr. Cleonaldo:

Figura 4 (a) e (b): Partes do Biodigestor - Povoado Lagoa da Volta – Porto da Folha.



Para encher a gente recomenda pegar o rumem do gado quando mata o gado que abre o bucho é ótimo para encher o biodigestor como ele é melhor na fermentação. Também vai ao curral e pega em grande quantidade de uma vez ou no matadouro, aqui é de graça. Depois dele cheio ele é usado um balde desses de manteiga de dezoito quilos por dia. Um balde de esterco e dois de água é usado diariamente que é utilizado para gás de cozinha e assim mesmo é pequeno porque foi modelo (Sr. Cleonaldo, agricultor, Povoado Lagoa da Volta - Porto da Folha). De acordo com Amaral et al. (2004), os dejetos bovinos são compostos orgânicos de alto teor energético, com macro e micronutrientes que oferecem água, abrigo e temperatura, sendo preferido por inúmeros micro e macrovetores de grande importância sanitária, como nicho ecológico. Para Neves (2010), o esterco bovino (Figura 5A), é mais abundantes, o qual tem grande potencial energético, se fermentado corretamente em biodigestores, obtendo como um dos produtos finais, o biogás (Figura 5B).

Figura 5 (a): Esterco Bovino Usado no Biodigestor. Figura 5 (b): Biogás proveniente do Biodigestor



Segundo Comastri Filho (1981), a produção de biogás, nos biodigestores que utilizam dejetos nos animais como matéria - prima, não apresenta nenhum problema, pois as fezes dos animais já contém bactérias metanogênicas. O esterco bovino representa a matéria-prima por excelência para a produção de biogás, pelo fato de já possuir naturalmente os microrganismos responsáveis pela fermentação. No que diz respeito à produção de biogás e biofertilizante natural pelo biodigestor, cumpre destacar os apontamentos de Silva e Oliveira (2014, p. 09):

A captação de biogás através de equipamentos de biodigestão possui um papel importante no gerenciamento de resíduos sólidos, proporcionando o destino para o lixo como gerador de energia renovável, pois o tempo de reposição dessa fonte energética é curto devido à grande produção pelas atividades humanas. A partir de um material descartado pela sociedade é possível obter biogás para produção de energia elétrica e energia térmica, e um fertilizante natural que também pode ser comercializado.

Corroborando com o pensamento acima, Santos e Nardi Júnior (2013, p.89-90) citam que:

O biodigestor pode atender as exigências de tratamento dos dejetos, reduzindo em grande parcela os possíveis impactos ambientais sobre o solo, água e ar da região. A produção do biogás e do biofertilizante pelo sistema de biodigestão agrega valor à propriedade rural, seja pelo fator financeiro, como pela integração às mais variadas atividades que se desenvolvem no meio rural, trazendo geração de energia renovável, reciclagem de nutrientes para as plantas e saneamento ambiental.

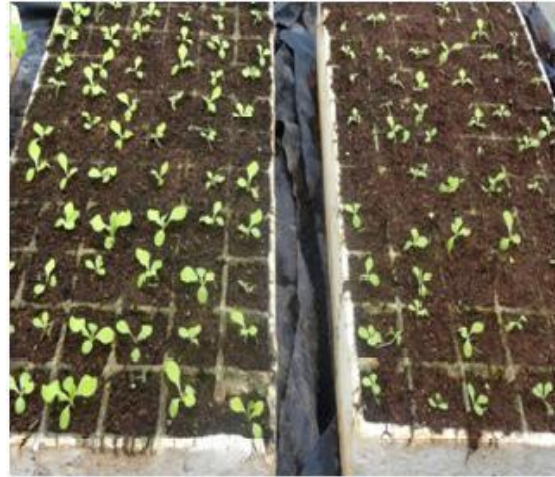
Os entrevistados destacaram a economia proveniente do biodigestor, pois não teve mais necessidade de comprar gás de cozinha que no mercado custa numa média de R\$ 45,00. Além disso, o biodigestor trouxe outras vantagens, tais como: i) conservação da biodiversidade, pois não houve mais necessidade de cortar lenha da caatinga, evitando o avanço de desmatamento, ii) o esterco do gado teve uma destinação adequada, pois antigamente, era despejado no meio ambiente favorecendo o desenvolvimento de carrapatos e moscas, bem como evitando a contaminação de nascentes e lençóis freáticos. “Os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e manejo inadequado dos resíduos da produção animal são incalculáveis” (CAMPOS, 2001, p. 01).

Outra vantagem do biodigestor destacado pelos entrevistados é a produção de biofertilizante, que tem sido utilizado por dona Cida no plantio de hortaliças, plantas medicinais e verduras em sua propriedade (Figura 6 A e B), além de comercializar parte do adubo orgânico, gerando uma fonte de renda. Segundo Barros et al. (2009, p. 95) “[...] os biodigestores representam alternativa atraente para tratamento desta matéria orgânica e conversão em biogás e lodo, respectivamente aplicáveis como fonte energética e biofertilizante” [...].

Figura 6 (a): Biofertilizante usado em horta. Figura 6 (b): Biofertilizante usado na produção de mudas.



(a)



(b)

Fonte: Autor.

É na paisagem do bioma da caatinga, no Povoado Lagoa da Volta em Porto da Folha inserido no Alto Serão Sergipano é possível encontrar iniciativas humanas de convivência com semi-árido por meio de atividades produtivas da agricultura alternativa baseada em práticas agroecológicas, fomentando o desenvolvimento sustentável. Neste caso, o uso do biodigestor converge na concepção da agroecologia, tendo em vista, a produção de biofertilizante, utilizado em horta da própria agricultora experimentadora e parte do insumo agrícola é comercializado na própria região, contribuindo para uma renda extra.

De acordo com Goveia, Sodr e e Dourado (2011, p.01):

[...] No Povoado Lagoa da Volta em Porto da Folha   possível encontrar mulheres associadas que lutam desde a convivência com o semi- rido até questão de g nero. São 30 agricultoras que desenvolvem atividades de produ o baseada em práticas agroecológicas na busca do desenvolvimento sustentável de sua região [...].

Destarte, Amorim et al. (2015), menciona que no Povoado Lagoa da Volta no Município de Porto da Folha em Sergipe a agricultora Cida conheceu a tecnologia social do biodigestor e reproduziu-a em sua propriedade. O referido equipamento produz gás metano por meio da fermenta o anaeróbica das fezes do gado (matéria orgânica), além de produzir o concentrado biofertilizante.

O pesquisador Comastri Filho (1981), afirma que o biofertilizante, também denominado de efluente, já se encontra completamente curado, quando sai do interior do biodigestor, não possui odor, não   poluente e não cria moscas. Pode ser aplicado diretamente no solo na forma líquida ou desidratada, dependendo das condi es locais.

De acordo com Oliver et al. (2008), a biodigestão anaeróbia permite o aproveitamento do esterco animal para produção de biogás e biofertilizante, com benefícios no aumento de produtividade, preservação do meio ambiente e na saúde humana e animal. Entre os benefícios alcançados com a utilização do biodigestor, destacam-se: geração de biogás, energia renovável e limpa; produção de biofertilizante; melhoria das condições de higiene para os animais e as pessoas; tecnologia sustentável; benefícios ambientais sociais e econômicos.

O uso do biodigestor no Povoado Lagoa da Volta em Porto da Folha em Sergipe na propriedade da agricultora dona Cida a entrevistada ressaltou que não houve mais necessidade de cortar a lenha da caatinga, pois o aquecimento do fogão da sua residência tem como essência o biogás oriundo do aproveitamento do esterco bovino. No dizer de Barros Júnior (2015) a retirada da vegetação da caatinga pelo homem para obtenção da lenha com fins energéticos, interferiu negativamente no equilíbrio da paisagem natural.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante do exposto concluímos que o uso do biodigestor na propriedade de dona Cida, no Povoado Lagoa da Volta, em Porto da Folha é considerado pioneiro e a mesma foi responsável pela fabricação de tal equipamento, cujas informações foram obtidas do agricultor Abel Manto, no município de Riachão do Jacuípe, na Bahia. No processo de biodigestão utiliza-se esterco bovino para produção de energia renovável, neste caso, o biogás usado como gás de cozinha e ainda a produção de biofertilizante, trata-se de um adubo orgânico, usado pela agricultora no próprio sítio e parte da produção do adubo orgânico é vendida gerando uma fonte de renda.

Foi constatado que o esterco bovino ganhou uma destinação adequada, evitando-se, a contaminação de nascentes, do lençol freático e impedindo a proliferação de moscas e carrapatos. A produção do biogás acarretou na substituição do gás do petróleo no meio rural e a redução da retirada de lenha da caatinga. É um equipamento de baixo custo, com facilidade de construção e a manutenção é simples. É uma alternativa viável, pois reduz o custo com transportes de fertilizantes químicos e de gás de cozinha, despolui o meio ambiente e recupera o solo.

#### REFERÊNCIAS

AMARAL, Cecília Maria Costa do et al. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 06, 2004. 1897-1902 p.

AMORIM, Lucas Oliveira do et al. **Novidades produtivas: (re)criando a agroecologia no Alto Sertão Sergipano**. Cadernos de Agroecologia, v.10, n. 3, 2015. 05 p. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/17502/12124>>. Acesso em: 30 maio 2016.

BARROS JÚNIOR, Antônio Pacheco de. **Impactos ambientais da vulnerabilidade dos trabalhadores nas casas de farinha no agreste pernambucano**. 2015. 133 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio

Ambiente) - Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BARROS, Regina M. et al. Estudo da produção de biogás da digestão anaeróbia de esterco bovino em um biodigestor. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 2, 2009. 95-116 p.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. 1. ed. São Carlos: EESC/USP, v. 1, 1999. 120 p.

CAMPOS, Aloísio Torres de. **Tratamento e manejo de dejetos de bovinos**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 02.

CARE. **Criadores de bodes e carneiros viram produtores de energia**. 27 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.care.org.br/noticias/biodigestores-semiarido-nordestino/>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

CINTRA, Fernando Luís Dutra et al. **Diagnóstico municipal**: relatório de Porto da Folha. Aracaju: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Coco – CNPCo), 1990. 41 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46724/1/CPATC-DOCUMENTOS-11-DIAGNOSTICO-MUNICIPAL-RELATORIO-DE-PORTO-DA-FOLHA-FL-13146.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

COMASTRI FILHO, José Aníbal. **Biogás**: Independência energética do pantanal mato-grossense. Corumbá: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá), 1981. 53 p. (Circular Técnica, 9) Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT09.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

FERREIRA, Jandira. **Produção de biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de ciências**. 2013. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://earth.google.com>. Acesso em: 09 fev. 2016.

GOVEIA, Bruno Santiago Silva; SODRÉ, Maria Lúcia da Silva; DOURADO, Aucéia Matos. **A prática agroecológica no bioma caatinga: uma experiência no alto sertão sergipano**. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2011. **Resumos**. Fortaleza: Centro de Eventos do Estado do Ceará, v. 6, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/viewFile/10507/7154>>. Acesso em: 30 maio 2016.

GRIPPI, Sidney. **Lixo: reciclagem e sua historia: guia para as prefeituras brasileiras**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006. 166 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA - IBGE. **Sergipe**: Porto da Folha: informações completas. 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=280560&search=sergipe|porto-da-folha|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

KONZEN, Egídio Arno. **Manejo e utilização de esterco de bovinos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1999. p. 05 (Comunicado Técnico, 14).

LIMA, Evaldo de Souza; CHENNA, Sinara Inácio Meireles. **Reciclagem de entulho**. Viçosa: CPT – Centro de Produções Técnicas, 2009. 230 p.

LIMA, Luiz Mário Queiroz. **Remediação de lixões municipais**: aplicações de biotecnologia. [s. L.]: Hemus, 2005. 280 p.

NEVES, Vera Lucia Vitorelli. **Construção de biodigestor para produção de biogás a partir da fermentação de esterco bovino**. 2010. 57 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis) – Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2010.

OLIVER, André de Paula Moniz et al. **Manual de treinamento em biodigestão**. Salvador: Winrock, 2008. 23 p.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. **I curso sobre uso de biodigestores no tratamento de dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/hp/Downloads/palestras\_6177e7m%20(1).pdf> Acesso em: 09 abr. 2016.

PEDERIVA, Andre Cristiano et al. **Gestão ambiental: análise de viabilidade e dimensionamento de um biodigestor para geração de energia elétrica e biofertilizante**. In: 2ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR, 2012, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2012. 14 p.

RORATTO, Lucas. **Análise e construção de um biodigestor para pequenas propriedades rurais**. 2014. 51 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014. Disponível em: <[http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Lucas\\_Roratto.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2014/Lucas_Roratto.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2016.

SANTOS, Edval Luiz Batista dos; NARDI JÚNIOR, Geraldo de. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. **Tekne e Logos**, Botucatu, v. 4, n. 2, 2013. 80-90 p. Disponível em: <file:///C:/Users/hp/Downloads/216-709-1-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 30 maio 2016.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Comunicação Social. **Grupos de mulheres do alto sertão recebe prêmio em Brasília**. Aracaju, 2013. Disponível em: <<http://www.agencia.se.gov.br/noticias/politicas-para-mulheres/grupo-de-mulheres-do-alto-sertao-recebe-premio-em-brasilia>>. Acesso em: 30 maio 2016.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnóstico do município de Porto da Folha**. Aracaju: Projeto Cadastro da Infra - Estrutura Hídrica do Nordeste – Sergipe, 2002. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/dehid/Sergipe/Portofolha.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2016.

SILVA, Ediana dos Santos; OLIVEIRA, Gisllane Santos de. Biodigestor: uma proposta de aproveitamento do lixo orgânico no município de Santarém. In: III JORNADA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ (UFOPA), 2014. **Resumos**. Santarém: UFOPA, 2014. Disponível em: <[http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_biodigestor.pdf](http://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_biodigestor.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2015.

TOMMASI, Luiz Roberto. **A degradação do meio ambiente**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1979. 169 p.

## 4.2. MODELAGEM MATEMÁTICA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS

**DRUDI, Ricardo**

Titulação - Mestrado

Local de trabalho – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Fundação  
Universidade Federal do ABC (CECS/UFABC)  
ricardo.drudi.br@ieee.org

**DRUDI, Kelly Cristina Rosa**

Titulação – Doutoranda

Local de trabalho – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Fundação  
Universidade Federal do ABC (CECS/UFABC)  
kellydrudi@gmail.com

**ANTONIO, Graziella Colato**

Titulação – Doutorado

Local de trabalho – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Fundação  
Universidade Federal do ABC (CECS/UFABC)  
graziella.colato@ufabc.edu.br

**TONELI, Juliana Tófano de Campos Leite**

Titulação – Doutorado

Local de trabalho – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Fundação  
Universidade Federal do ABC (CECS/UFABC)  
juliana.toneli@ufabc.edu.br

### RESUMO

A crescente geração de resíduos sólidos no Brasil, aliada à deposição inadequada de parte desses resíduos, traz consideráveis preocupações socioambientais. A situação do tratamento de resíduos no país carece de soluções que sejam ambientalmente corretas e financeiramente viáveis. Nesse contexto, a utilização do biogás produzido em aterros sanitários mostra-se como uma opção viável, pois sua produção ocorre de maneira natural, dispensando investimentos em conversão energética, e tendo como produto final um combustível de elevado potencial energético. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de produção de biogás em aterros sanitários através do modelo matemático de Verhulst, utilizado para a representação de fenômenos naturais limitados por um ponto de saturação. Para tanto, foram analisados os dados de produção de biogás obtidos no aterro de Caieiras (SP). Os resultados mostraram que o modelo desenvolvido está bem correlacionado com os dados observados, mostrando-se adequado como modelo de previsão da produção de biogás.

**PALAVRAS-CHAVE:** aproveitamento energético de resíduos, biogás, modelagem matemática.



## 1. INTRODUÇÃO

A crescente geração de lixo, mais apropriadamente denominados Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), nas grandes metrópoles tem se constituído em um problema para as administrações públicas. De um lado, temos o aumento populacional associado à concentração dessa população em áreas urbanas, e, de outro, o crescente consumo de produtos industrializados que geram, como subproduto de sua cadeia de produção-consumo, uma quantidade de resíduos de difícil manejo.

Esforços têm sido empreendidos para minimizar os impactos ambientais que a exposição desse resíduo causa à natureza, como a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei aprovada em 2010. A PNRS estabelece os princípios para a elaboração de planos municipais, regionais, estaduais e nacional para o tratamento dos resíduos sólidos, hierarquizando a prioridade das ações em não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final, sendo esta definida como: “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes...” (BRASIL, 2010, cap. II, art. 3º, item VII).

Assim, a utilização do RSU como fonte energética não apenas é preconizada pela atual política nacional para o tratamento de resíduos como também se alinha ao esforço mundial em diminuir a dependência de combustíveis fósseis como principal fonte de energia, contribuindo para a diversificação da matriz energética e mitigando os efeitos nocivos da decomposição natural dos constituintes do RSU. Dentre as várias formas de aproveitamento energético dos resíduos, os processos por conversão térmica, incineração, pirólise e gaseificação, apresentam desafios como a baixa eficiência, devido à presença de elevado teor de umidade, e a possível geração de gases tóxicos, como dioxinas e os furanos, devido à elevada temperatura na câmara de combustão.

A geração de biogás em aterros sanitários apresenta-se como uma alternativa a esses processos, pois ocorre naturalmente durante a decomposição da fração orgânica dos resíduos através da ação de micro-organismos, que a convertem principalmente em metano (CH<sub>4</sub>). Uma vez captado adequadamente, o metano pode ser utilizado com combustível em planta instalada no próprio aterro sanitário, ou então transportado para sua utilização posterior. Desse modo entende-se que a correta previsão da capacidade de produção de biogás em um aterro sanitário é um passo importante para a definição das características da rota de conversão energética que será utilizado para aproveitamento desse biogás. No caso de elevadas produções, é possível que seja economicamente mais adequado a instalação de uma planta de geração de eletricidade no próprio aterro sanitário. Em outros casos, cuja produção não justifique tal investimento, o biogás pode ser transportado para outro local a fim de ser utilizado posteriormente.

Assim, o objetivo deste trabalho é, a partir da utilização da equação de Verhulst, propor um modelo matemático para a previsão da produção de biogás de um aterro sanitário. Ao final do trabalho, será apresentada a equação que modela o comportamento da geração de biogás em função do número de semanas a partir da deposição do resíduo no solo, permitindo prever como será a produção de biogás desse resíduo ao longo de toda sua vida útil.

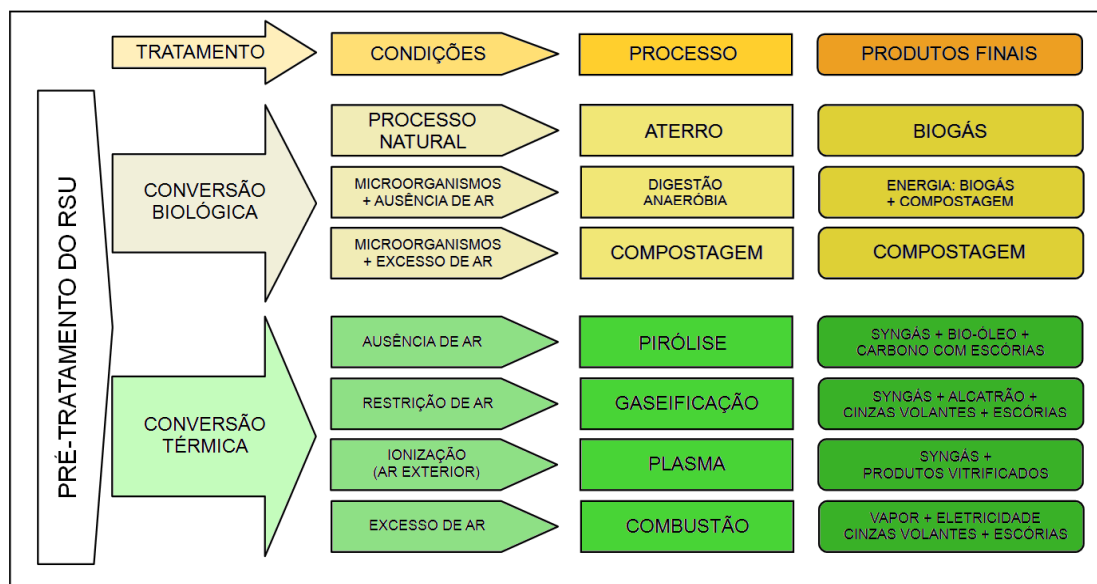
## 2. APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS

A utilização do RSU como fonte de energia constitui-se, além de uma alternativa energética, uma necessidade sanitária, pois, com o crescimento constante da produção de lixo nas grandes cidades, a simples disposição desse material em solo constitui-se em um perigo tanto para a saúde pública como também para o meio ambiente. Em levantamento realizado sobre análises de ciclo de vida da utilização de biogás em várias regiões da Europa, Hijazi *et al* (2016) concluíram que a produção e utilização do biogás como combustível em plantas de ciclo combinado pode reduzir substancialmente a emissão de gases potencialmente tóxicos, como metano e óxido nitroso. Uma adequada modelagem deste processo permite que se encontre a melhor solução para cada caso, otimizando assim os resultados e tornando viáveis os projetos de aproveitamento energético do RSU.

### 2.1. Rotas de Conversão Energética

São várias as rotas de conversão energética do RSU (Figura 14). A definição da melhor opção deve levar em conta fatores como: composição do RSU, proximidade com centro consumidor, área disponível para implantação do conversor energético, disponibilidade tecnológica, dentre outros.

Figura 14 - Processos de reaproveitamento do RSU



Fonte: Relatório DDMA, 2010.

Dentre as rotas possíveis, os processos de conversão biológica destacam-se por necessitarem de um menor investimento inicial, viabilizando sua implantação em aterros de qualquer porte. Os processos biológicos podem ser divididos em 2 grupos: naturais e intensificados. Os processos naturais são aqueles que ocorrem naturalmente com a concentração de resíduos em um determinado local. Assim, em um aterro sanitário, o biogás que é gerado pela ação de bactérias na decomposição do lixo é coletado e utilizado como fonte de energia. Os processos intensificados

utilizam-se do mesmo princípio, porém o lixo é tratado e produção de biogás se dá em tanques de biometanização através da ação controlada de bactérias selecionadas para aumentar o rendimento do processo.

## 2.2. Biogás de Aterro Sanitário

Um aterro sanitário é uma forma controlada de deposição dos resíduos sólidos de modo a minimizar os impactos ambientais nocivos do material, bem como possibilitando o reaproveitamento de parte da energia desperdiçada com o lixo.

A produção de biogás em aterros sanitários ocorre naturalmente através da biodegradação do RSU pela ação de micro-organismos. Essa biodegradação é composta por vários subprocessos que ocorrem ao longo do tempo, e pode ser dividida em cinco fases: hidrólise, aeróbia, anaeróbia ácida não metanogênica, anaeróbia metanogênica não estabilizada e anaeróbia metanogênica estabilizada, de acordo com Tchobanoglous *et al.* (1997). O Quadro 1 a seguir apresenta o processo que ocorre em cada fase:

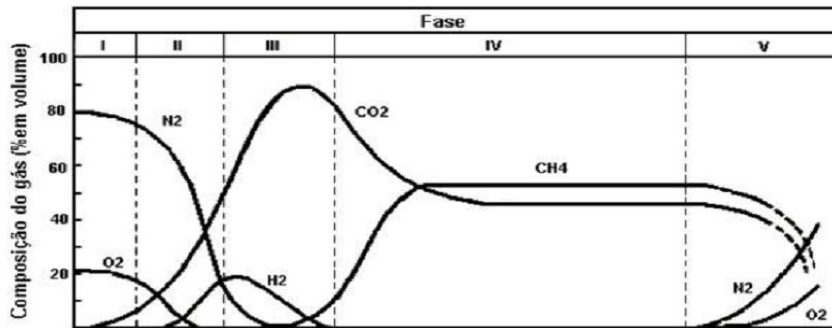
Quadro 1 - Fases do processo de biodegradação

Fase	Processo
<b>I – Hidrolização</b>	O material é depositado para tornar-se uma pasta ou caldo, chamado de substrato, de tal forma que possa ser consumido por micro-organismos, presentes no mesmo.
<b>II - Aeróbia</b>	Nessa fase já é possível identificar material decomposto e apto para gerar metano. No entanto devido à presença de oxigênio, a produção de metano é inibida. O oxigênio é consumido gerando CO.
<b>III – Anaeróbia não metanogênica</b>	Após o consumo de todo oxigênio livre, o processo se torna anaeróbio. Essa etapa é a da acetogênese, onde ocorre a conversão dos ácidos orgânicos da acidogênese em compostos apropriados para os micro-organismos metanogênicos.
<b>IV – Anaeróbia metanogênica não estabilizada</b>	Essa etapa é a da metanogênese, a fase onde se produz metano. Nessa fase a predominância de organismos estritamente anaeróbios. É a mais longa das fases, com período que pode variar entre de dias até 40 anos. As bactérias metanogênicas convertem ácido acético e gás hidrogênio em metano e dióxido de carbono
<b>V – Anaeróbia metanogênica estabilizada</b>	Essa fase ocorre após grande quantidade de material ter sido biodegradado e convertido em CH <sub>4</sub> e CO <sub>2</sub> . O período estimado para essa fase está entre um a quarenta anos.

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous et al. (1997)

A composição do biogás está diretamente relacionada com a matéria orgânica a ser biodegradada, e varia conforme a influência de diversos fatores, como temperatura, umidade, tipo de bactérias, pH do solo, dentre outros. A variação da composição do biogás ao longo do tempo está representada na Figura 2.

Figura 15 – Variação da composição do biogás ao longo de suas fases.



Fonte: Lima *et al* (1993) apud Mendes e Sobrinho (2007)

captação através das células do aterro, com a posterior queima em *flare*, diminuindo assim o potencial poluidor e obtendo créditos de carbono através de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (Lacerda *et al*, 2008). Isso porque o gás metano tem um potencial de formação de gases de efeito estufa consideravelmente maior do que o dióxido de carbono, o que torna a queima do metano processo ambientalmente menos impactante, embora não desprezível.

### 2.3. Utilização de Biogás como Fonte Energética

Embora não haja estimativas recentes no Brasil, o potencial de produção energética a partir do biogás é significativo. Moreda (2016) estimou que, no Uruguai, cerca de 1,3% a 2,1% de toda a energia primária poderia ser suprida com o aproveitamento energético do biogás. Em trabalho similar realizado no México, Rios e Kaltschmitt (2016) chegaram a um potencial técnico médio de geração de energia a partir de biogás de 10,2 TWh/a, o que equivale a cerca de 0,7% das fontes de energia primária daquele país.

Considerando esses trabalhos, pode-se fazer uma estimativa conservadora de que o Brasil teria potencial para gerar 0,5% de sua energia primária a partir do biogás, o que pode ser considerado excelente, haja vista que fontes com eólica e solar ainda estão bem abaixo desse patamar. Outro aspecto é que o biogás será gerado nos aterros de qualquer forma; o que se considera é sua utilização como fonte energética ou não.

Analisando o assunto sob o ponto de vista econômico, Caresana *et al* (2011) compuseram 5 cenários para a reativação da produção de energia a partir de biogás em um aterro de pequeno porte (100 kt/ano) na Itália. Ao final, os autores concluíram que a utilização do biogás como fonte de energia é “inerentemente lucrativa”, e que os 5 cenários projetavam uma relação custo-benefício bastante positiva.

Dessa forma entende-se que a utilização de biogás como fonte energética tem um potencial significativo para o país, e seu aproveitamento é vantajoso tanto em termos econômicos quanto em termos ambientais.

### 3.METODOLOGIA

Muitos modelos para previsão da geração de biogás em aterro têm sido propostos. Behera *et al* (2014) construíram um modelo de previsão de produção de gás metano a partir de dados obtidos em um aterro na Coréia do Sul, utilizando redes neurais artificiais. Aguilar-Virgen *et al* (2014) criaram modelos locais para diversos aterros no México, a partir de um modelo de primeira ordem. Em trabalho realizado no Paquistão, Mahar *et al* (2016) utilizaram um abordagem multicomponente para desenvolver um modelo de previsão de produção de biogás a partir de dados coletados de um simulador em escala laboratorial. Já Wang *et al* (2016) analisaram a curva de produção de biogás na China a partir do modelo multiciclo de Hubbert de duas curvas.

Para o desenvolvimento deste trabalho uma abordagem diferente foi utilizada. A partir de dados coletados em uma célula experimental, aplicou-se o modelo de Verhulst, utilizado geralmente para descrever o crescimento populacional, através de uma regressão linear com minimização de erros pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). A combinação dessas três técnicas matemática possibilitou o desenvolvimento de um modelo bastante alinhado com os dados experimentais.

#### 3.1.Regressão Linear e Modelo de Verhulst

Segundo Bassanezi (2010, p.54), “uma regressão linear ou ajuste de curvas é um recurso formal para expressar alguma tendência da variável quando relacionada com a variável independente ”.

Uma regressão linear, além de adequar dados passados e presentes a uma função, é capaz de fazer previsões futuras e estimativas além do período analisado, com certo grau de precisão.

A regressão na forma linear pode ser expressa como:

$$x(t) = a + bt \quad (1)$$

Sendo obtida a partir de pares de dados , os coeficientes e devem ser determinados de modo a minimizar as diferenças entre os pontos originais (geralmente obtidos pela observação do fenômeno que se deseja modelar) e os pontos gerados a partir da função obtida pela regressão.

Um dos métodos possíveis para minimização dessas diferenças é conhecido como Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). Por esse método, cria-se uma função da soma das diferenças quadráticas entre os valores observados e os valores calculados ( , conforme as equações ( 2 ) e ( 3 ).

$$J = \sum_{i=1}^n [x_i - x(t_i)]^2 \quad (2)$$

$$J = \sum_{i=1}^n [x_i - a - bt_i]^2 \quad (3)$$

Os valores dos parâmetros  $a$  e  $b$  que minimizem essas diferenças serão encontrados quando sua soma for a menor possível, ou seja, quando a função chegar ao seu ponto de mínimo. Para tanto, são utilizadas as derivadas parciais de  $J$ , e os valores de  $a$  e  $b$  podem ser obtidos pelas equações (4) e (5).

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta} = \frac{\sum x_i \sum t_i^2 - \sum x_i t_i \sum t_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{\Delta_b}{\Delta} = \frac{n \sum x_i t_i - \sum t_i \sum x_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (5)$$

Assim, podemos estimar os parâmetros  $a$  e  $b$  de uma regressão linear através do Método dos Mínimos Quadrados.

O modelo de Verhulst supõe que uma população, vivendo num determinado meio, deverá crescer até um limite máximo que seja sustentável, ou seja, ela tende a estabilizar em um tempo finito (Bassanezi, 2010). A produção espontânea de biogás tende a seguir o mesmo comportamento, sendo que, após certo período, ela tende a estabilizar, pois a quantidade de biogás produzido é diretamente proporcional à quantidade de micro-organismos produtores presentes em meio ao material orgânico do aterro sanitário, seguindo assim o princípio de Verhulst. A equação de Verhulst é dada por:

$$\frac{dP}{dt} = r \left(1 - \frac{P}{K}\right) P \quad (6)$$

Onde:

$r$ : é a taxa de crescimento intrínseco da população. Nesse modelo representa a taxa de variação da produção de biogás em um aterro;

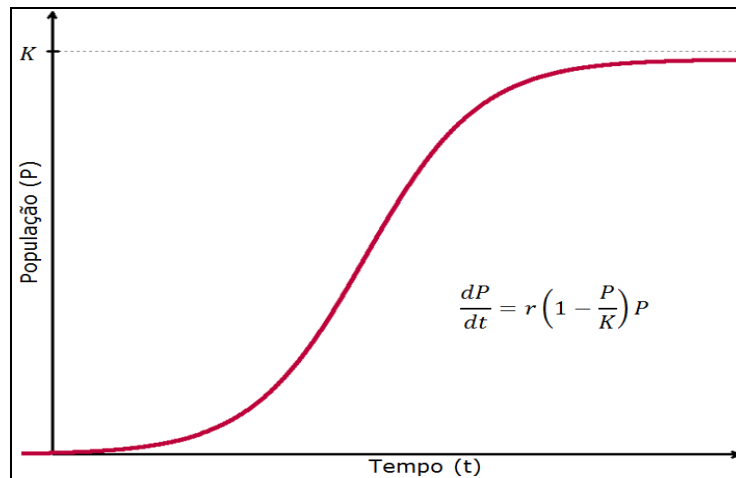
$K$ : é a capacidade de suporte do meio ambiente ou nível de saturação da população. No modelo,  $K$  representa a produção máxima de biogás ao longo de sua vida útil como fonte energética;

$P$ : é a população total estudada. Nesse modelo,  $P$  representa o total de biogás produzido até aquela semana, considerando o acumulado desde o início da disposição do resíduo.

Uma função de Verhulst típica apresenta um comportamento como pode ser observado na Figura 16. Nela pode-se observar que esse modelo apresenta duas fases distintas. Na primeira fase o

crescimento é uma exponencial, até que atinja seu crescimento máximo, onde o ponto de inflexão mostra que a partir desse momento a função cresce de forma cada vez menos acelerada, até atingir um limite a partir do qual se estabiliza, chegando a sua assíntota horizontal (capacidade de suporte ).

Figura 16 - Gráfico típico de um modelo de Verhulst



Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se, através de algumas transformações algébricas, encontrar os parâmetros da função de Verhulst por regressão linear, utilizando-se o MMQ visto anteriormente. Assim, a partir da equação ( 6 ), é possível reorganizar os termos e resolver a equação diferencial, chegando por fim à equação ( 7 ), onde  $x_0$  representa a condição inicial do sistema ( 8 ).

$$x(t) = \frac{Kx_0}{x_0 + (K - x_0)e^{-rt}} \quad (7)$$

$$x_0 = \frac{C}{1 + \frac{C}{K}} \quad (8)$$

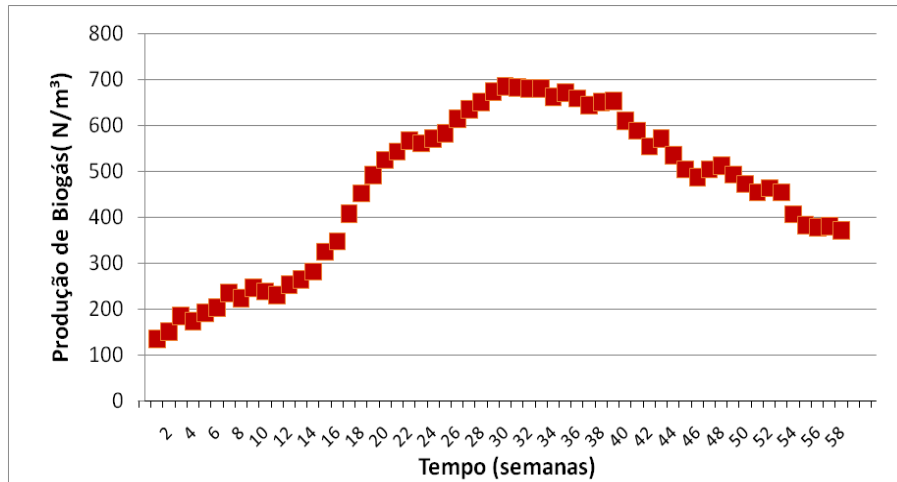
A função ( 7 ) permite calcular os valores previstos para o modelo observado a partir somente da condição inicial  $x_0$ , da condição de estabilização  $K$  e da taxa de crescimento  $r$ , facilitando o estudo comportamental da situação modelada.

### 3.2.Dados de Produção de Biogás do Aterro

Os dados aqui utilizados foram coletados na Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Caieiras, localizado no estado de São Paulo, conforme descrito por Candiani (2011). No trabalho desse autor, foi estudada a produção de metano através de uma célula experimental construída no aterro de Caieiras. A célula experimental possuía dimensões com 30 X 35 X 5 metros, com volume de 5.250 m<sup>3</sup>.

Foram depositadas cerca de 3.786 toneladas de resíduos de uma única vez. A partir desses dados foram elaborados os gráficos de produção semanal de biogás da célula experimental (Figura 17) e também o gráfico da produção acumulada total de biogás (Figura 18).

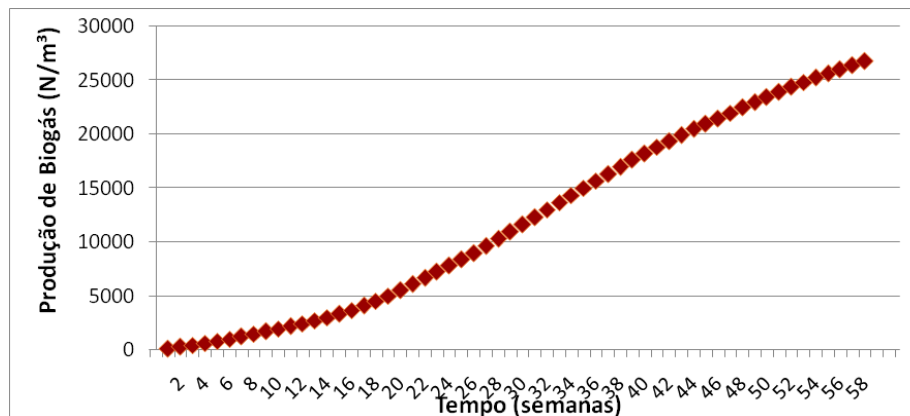
Figura 17 - Produção semanal de biogás da célula experimental de Caieiras



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados de Candiani (2011)

Como pode ser observada, a produção de biogás tem seu auge em torno da 29ª e a 33ª semana depois do depósito da matéria orgânica no aterro, apresentando um decaimento na produção a partir de então. Por se tratar de uma célula experimental, a quantidade de lixo depositada foi muito menor do que geralmente é feito em um aterro, o que acelerou o processo de produção do biogás. No gráfico da Figura 18, é possível notar o comportamento da produção de biogás acumulada a partir dos dados observados. Esse comportamento evidencia que a produção de biogás é mais acentuada entre a 20ª e 49ª semana, e tende a se estabilizar após esse período, sendo que a partir da 50ª semana a produção de biogás diminui progressivamente, até um limite de saturação em torno de 30.000 m<sup>3</sup>.

Figura 18 - Produção acumulada de biogás da célula experimental de Caieiras



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados de Candiani (2011)



## 4.RESULTADOS

O presente trabalho se propôs a construir, através da modelagem matemática pela equação de Verhulst, um modelo que possibilite prever a produção de biogás em um aterro sanitário, utilizando como base de dados observações realizadas no aterro de Caieiras, em São Paulo. A partir das amostras coletadas na célula experimental no trabalho de Candiani (2011), foi possível observar que a produção de biogás em um aterro sanitário apresenta um momento de saturação, e nesse sentido o modelo de Verhulst se mostra adequado.

Considerando-se os dados coletados na célula experimental, foram encontrados os valores dos parâmetros  $a = 6,4$  e  $b = 0,1$ . A correlação entre os dados observados e os dados projetados apresentou um coeficiente de determinação um  $R^2 = 0,968$ . Tal índice significa que o modelo proposto explica 96,8% dos dados observados, o que pode ser considerado excelente. A partir dos parâmetros  $a$  e  $b$  foram estimados os parâmetros  $C$  e  $x_0$  da equação (8), chegando-se a  $C = 613,1$  e  $x_0 = 601$ . O valor do parâmetro  $r$ , que para o biogás representa a taxa de variação de sua produção foi calculado em  $r = 0,1154$ . O valor do parâmetro  $K$  adotado para o ajuste do modelo proposto foi  $K = 3$ . Dessa forma, o modelo final para representação da produção acumulada de biogás da célula experimental no aterro de Caieiras é dado pela equação (9).

$$x(t) = \frac{18.038.634}{601 + 29.399 \times e^{-0,1154t}} \quad (9)$$

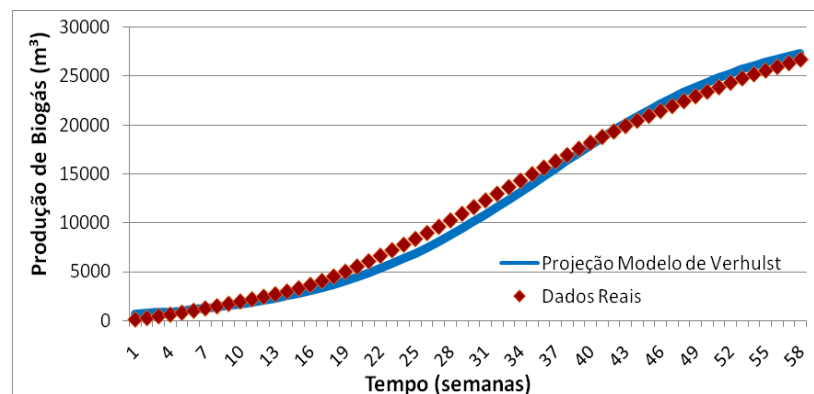
Onde:

$x(t)$ : é o total acumulado da produção de biogás na semana  $t$ , em  $m^3$ ;

$t$ : representa a semana considerada.

A Figura 19 a seguir apresenta o gráfico da relação da produção de biogás a partir dos dados observados com o modelo proposto a partir do modelo de Verhulst.

Figura 19 - Comparativo entre o modelo proposto e os dados reais medidos



Fonte: elaborado pelo autor

No gráfico da Figura 6 é possível observar a proximidade das medições de produção de biogás feita na célula experimental com a projeção do modelo proposto, mostrando o grau de adequação das previsões. Também é possível observar que o coeficiente de determinação obtido  $R^2 =$  está condizente com a representação gráfica. Embora essa equação, com os parâmetros descritos, seja específica para a célula experimental estudada, o modelo ajusta-se a qualquer aterro onde haja a produção natural de biogás, bastando para isso adequar-se o período de tempo , que pode ser em dias, semanas, meses ou até anos, e o limite de saturação , que deverá ser proporcional ao tempo de geração de biogás desejado e à quantidade de resíduos depositada.

## 5. CONCLUSÕES

O modelo mostrou-se bastante adequado para determinar a produção natural de biogás na célula experimental do aterro de Caieiras, podendo ser utilizado em aterros sanitários de um modo geral, com a adaptação dos parâmetros  $K$  e  $t$ , conforme explicado na sessão 4 - Resultados. A função encontrada (equação ( 9 )) apresentou-se bastante aderente no que diz respeito ao seu objetivo, com um coeficiente de determinação bastante elevado ( $R^2 =$ ), comparável aos melhores modelos encontrados na literatura, mostrando que modelo de Verhulst pode ser utilizado com um excelente desempenho para o fenômeno da produção natural de biogás em aterros sanitários.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico Regulamentado pela ANEEL e com o apoio financeiro concedido pela PETROBRAS, CAPES e UFABC.

## REFERÊNCIAS

AGUILAR-VIRGEN, Q.; TABOADA-GONZÁLEZ, P.; OJEDA-BENÍTEZ, S.; CRUZ-SOTELO, S. **Power generation with biogas from municipal solid waste: Prediction of gas generation with in situ parameters**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, pp. 412–419. Elsevier Ltd., 2014.

BASSANEZI, R.C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 2010.

BEHERA, S.K.; MEHER, S.K.; PARK, H.S. . **Artificial neural network model for predicting methane percentage in biogas recovered from a landfill upon injection of liquid organic waste**. *Clean Technologies and Environmental Policy* 17, pp. 443-4453. Springer, 2015.

BRASIL, 2010. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasil: 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acessado em: 13/04/2016.

CANDIANI, G. **Estudoda geração de metano em uma célula de aterro sanitário**. Tese de Doutorado em Energia. Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, UFABC, Santo André, São Paulo, 152 p, 2011.

CARESANA, F.; COMODI, G.; PELAGALLI, L.; PIERPAOLI, P.; VAGNI, S. **Energy production from landfill biogas: An italian case**. Biomass and Bioenergy 35, pp. 4331-4339. Elsevier Ltd. 2011.

DDMA - DOUTORES DO MEIO AMBIENTE. **Caracterização Gravimétrica, Físico-Química e Elementar dos Resíduos Sólidos Urbanos**. São Bernardo do Campo, 2010.

HIJAZI, O.; MUNRO, S.; ZERHUSEN, B.; EFFENBERGER, M. **Review of life cycle assessment for biogas production in Europe**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54, pp. 1291–1300. Elsevier Ltd., 2016.

LACERDA, G. B. M.; GUIMARÃES, H. H. R.; ANDRADE, E. S. M.; TEIXEIRA, G. P.; FREITAS, M. A. V. **Biogás de aterros: a contribuição do Brasil na gestão de resíduos sólidos urbanos e na mitigação do efeito estufa através dos mecanismos de desenvolvimento limpo**. Rio de Janeiro, 2008.

MAHAR, R.B.; SAHITO, A.R.; YUE, D.; KHAN, K. **Modeling and simulation of landfill gas production from pretreated MSW landfill simulator**. Frontiers of Environmental Science & Engineering 10, v. 1, pp. 159-167. Springer Berlin, 2016.

MENDES, L. G. G.; SOBRINHO, P. M. **Comparação entre métodos de estimativa de geração de biogás em aterros sanitários**. Revista Biociências 3-4, v. 13, pp. 134-142. 2007.

MOREDA, I.L. **The potential of biogas production in Uruguay**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54, pp. 1580–1591. Elsevier Ltd., 2016.

RIOS, M.; KALTSCHMITT, M. **Electricity generation potential from biogas produced from organic waste in Mexico**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54, pp. 384–395. Elsevier Ltd., 2016.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste United States Agency International Development**. Office of Energy and Technology Center for Environment, Bureau for Global Programs, Field Support and Research, 1997.

WANG, J.; JIANG, H.; ZHOU, Q.; WU, J.; QIN, S. **China's natural gas production and consumption analysis based on the multicycle Hubbert model and rolling Grey model**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 53, pp. 1149–1167. Elsevier Ltd., 2016.

## 4.3.UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS (RSO) E RÚMEN BOVINO PARA PRODUÇÃO DE METANO

**SANTOS FILHO, Derovil Antonio dos**

Doutorando

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE) e Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais de Pernambuco da Universidade Federal de Pernambuco (GPTA/UFPE)

derovilsantos@gmail.com

**OLIVEIRA, Laís Roberta Galdino de**

Doutoranda

GRS/UFPE

laisgaldino@gmail.com

**VASCONCELOS, Kaline Cavalcante**

Graduanda em Engenharia Química

GPTA/UFPE

kalinecvasconcelos@gmail.com

**JUCÁ, José Fernando Thomé**

Pós-doutor

GRS/UFPE

jucah@ufpe.br

### RESUMO

O processo de biodigestão anaeróbia pode ser empregado para o tratamento de uma gama de substratos, dentre os quais pode-se destacar os resíduos sólidos orgânicos (RSO), que são maciçamente gerados em todo o mundo. Desta forma, o referido trabalho utilizou como substrato, RSO oriundo do Centro de Abastecimento de Pernambuco, e como inóculo, o rúmen bovino. Tais resíduos foram adicionados na proporção inóculo/substrato de 2:1 no sistema AMPTS II (*Automatic Methane Potential Test System*), que é constituído basicamente de um conjunto de reatores hermeticamente vedados, dotado de sensores de metano interligados a um *software* que registra a cada 24 h o volume de metano produzido. De acordo com caracterização inicial, tanto o RSO, como o rúmen bovino, mostrou concentrações de elementos químicos que podem inibir ou estimular o processo de biodegradação, mesmo assim, após 30 dias de digestão, obteve-se uma produção acumulada de metano de cerca de 201 Nml.

**PALAVRAS-CHAVE:** RSO, rumén, metano.

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez de recursos naturais renováveis, o aumento da produção de resíduos, a crescente demanda de energia e todas as implicações ambientais oriundas desse contexto, têm estimulado pesquisas e desenvolvimento de tecnologias alternativas de suprimento energético (GRANATO, 2003).

De acordo com a FAO (2016), cerca de 1,3 bilhões toneladas de alimentos são desperdiçados por ano no mundo, já na América Latina chega-se a desprezar 127 milhões de toneladas no ano. No Brasil, o desperdício chega a 14,6 milhões toneladas por ano (EMBRAPA, 2014 *apud* SAVICZKI, 2015).

Segundo o IPEA (2009), 30% desse desperdício, no Brasil, é oriundo das centrais de abastecimentos, ou seja, aproximadamente 4,38 milhões de toneladas por ano. O Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA-PE), mais especificamente, no ano de 2010, teve um volume de venda de cerca de 960.000 toneladas, gerando 10.800 toneladas de resíduo, dos quais, 80% eram resíduos sólidos orgânicos – RSO (ARAUJO, 2010).

Hoje, a forma mais utilizada para destino final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), no Brasil, é a disposição no solo (lixões, aterros controlados e sanitários). O manejo inadequado desses locais de disposição final pode resultar na poluição do solo, do ar e das águas superficiais e subterrâneas, devido ao alto teor de matéria orgânica, além do potencial de produção de gases do efeito estufa (GEE), durante o processo de decomposição natural dos compostos orgânicos.

Uma estimativa apresentada pelo MCT (2006), fala que as emissões de metano do setor de tratamento de resíduos, no ano de 2000 e 2005, foram de 1177 e 1482 Gg (milhões de toneladas), respectivamente, apresentando um crescimento de aproximadamente 20% na emissão deste gás ao longo desses anos. Diante deste impacto ambiental, e do elevado potencial energético do referido gás, diversos incentivos sociais e econômicos têm sido desenvolvidos para viabilizar o aproveitamento energético, e conseqüentemente, minimização da emissão desse gás para a atmosfera.

Neste contexto, tem-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (2009), que foi uma oficialização do compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro da Organização das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que visa a redução, entre 36,1% e 38,9%, das emissões de gases de efeito estufa projetadas até 2020. No âmbito dos resíduos sólidos urbanos, o plano contemplou medidas de mitigação para o setor de resíduos por meio da recuperação de metano em aterros sanitários, incineração com recuperação energética e reciclagem, além de metas de incentivo ao aproveitamento energético do biogás de aterros sanitários.

Em 2010, por meio da Lei nº 12.305, foi estabelecida uma outra Política Nacional importante para essa temática, a de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual foi um marco fundamental para prática de gestão, não geração, como também tratamento e disposição final adequada dos RSU, entre outros.

Após a PNRS, Alencar et al (2014) realizou um estudo de caso no CEASA-PE, e concluiu que o local é responsável por gerar um volume relevante de RSO, e que a maior parcela desses resíduos é destinada a aterros sanitários da Região Metropolitana do Recife (RMR), onerando a receita do respectivo Centro; então os autores ressaltaram a importância da coleta seletiva dos resíduos no local, possibilitando a utilização RSO para a compostagem.

Outra possibilidade para o tratamento desses resíduos é a biodigestão anaeróbia, que além de gerar biofertilizantes (também produzido pelo processo de compostagem), existe um potencial de produção de biogás e metano, que pode ser utilizado como fonte de energia. No entanto, segundo Chernicharo (1997), o sucesso da digestão anaeróbia está relacionado ao controle rigoroso das condições ambientais, tais como: presença de macronutrientes (nitrogênio, fósforo e enxofre), de micronutrientes (ferro, cobalto, níquel e molibdênio), temperatura, pH, controle da alcalinidade e dos ácidos voláteis gerados. O rúmen, por sua vez, apresenta características peculiares que o tornam um ecossistema anaeróbico propício para o desenvolvimento microbiano (TEIXEIRA, 1992).

O estudo da biodigestão anaeróbia aplicado a RSO, em escala experimental, é o primeiro passo para a perspectiva de implantação da valorização energética dos RSO em centrais de abastecimento, através de biorreatores de grande porte. Essa valorização será realizada através da produção de biogás em reatores a fim de obter a geração da energia elétrica.

Um dos ensaios laboratoriais mais utilizados para avaliação da biodegradabilidade dos resíduos, e conseqüentemente, potencial de produção de biogás é o ensaio BMP (*Biochemical Methane Potential*), o mesmo leva em consideração a composição inicial dos resíduos e as condições de biodegradação com base na produção total de biogás (ALVES, 2008). Mais recentemente, foi desenvolvido o sistema AMPTS II (*Automatic Methane Potential Test System* ou Sistema automático de teste de potencial de metano), que diferentemente do método anterior, remove o dióxido de carbono gerado no processo de biodigestão, quantificando, apenas o volume de metano gerado.

Desta forma, o presente estudo visa analisar o potencial de metanização de resíduos sólidos orgânicos (RSO) inoculados com rúmen bovino, a partir da biodigestão anaeróbia, em escala laboratorial. Neste sentido, o projeto enquadra-se no viés da sustentabilidade, incorporando preceitos que denotam a viabilidade técnica, econômica, social e ambiental do sistema.

## 2.METODOLOGIA

A amostra de resíduo sólido orgânico (RSO) utilizada nesse estudo foi oriunda do CEASA/PE, onde foi coletado cerca de 62 kg de resíduos. Esses, por sua vez, foram encaminhados, imediatamente, ao Laboratório de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, onde foi realizada a amostragem por quarteramento de acordo com NBR-10007 (ABNT, 2004). A amostra representativa obtida, foi caracterizada quimicamente em termos de pH, condutividade elétrica e DQO (demanda química de oxigênio) de acordo LANGE (2002). Outra parte da amostra, foi encaminhada para secagem em uma estufa a temperatura de 105°C, até a constância da massa, para a determinação da umidade – conforme WHO (1979) – e preparação da amostra para determinação

dos seguintes parâmetros: nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e manganês. Em seguida, o resíduo seco foi moído em um moinho de facas e encaminhado para um laboratório externo para a determinação das análises supracitadas, que foram feitas segundo a metodologia da EMBRAPA (2009).

Como inóculo da biodigestão anaeróbia foi utilizado o rumén bovino, coletado em um Abatedouro Público Regional localizado no município de Paudalho, que atende parte das demandas da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco. O rúmen foi acondicionado em um recipiente plástico de 20 L, sendo este mantido em temperatura ambiente, visto que temperatura do ambiente ruminal está, em média, entre 38° a 42° C (RUIZ, 1992). A referida amostra foi encaminhada imediatamente, após a coleta, para caracterização em um laboratório externo, onde foram realizadas as mesmas análises químicas do resíduo orgânico. Tais análises também foram realizadas de acordo com a EMBRAPA (2009).

A avaliação do potencial de produção de metano do RSO mais rúmen bovino, na proporção 1:2 (substrato:inóculo), como recomendado pelo manual do equipamento, foi realizado através do sistema AMPTS II, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Aparato experimental utilizado (sistema AMPTS II)



Fonte: Próprio Autor

O sistema AMPTS II consiste num equipamento dotado de um conjunto de 15 garrafas (reatores) hermeticamente vedadas, com volume individual de 0,5 L, com agitação mecânica opcional e controle de temperatura em banho-maria ( $37 \pm 1^\circ \text{C}$ ) do conjunto reacional. Esses reatores são conectados à recipientes com 80 mL de uma solução 3M de hidróxido de sódio, para remoção do dióxido de carbono produzido pela biodigestão. E por fim, o sistema registra o volume de metano produzido, por meio de sensores de metano interligados a um *software* de interface gráfica que registra a cada 15 minutos a produção do referido gás, e constrói automaticamente a curva de produção acumulada em função do tempo. Em cada reator foi inoculado cerca de 200 g de rúmen bovino e 100 g de resíduo orgânico seco. O experimento foi realizado em triplicata e mantido a temperatura de 37° C, próximo da temperatura ótima do ambiente estomacal dos ruminantes, durante um período de 30 dias e sem agitação.

### 3.RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados da caracterização do resíduo orgânico e do rúmen bovino antes do processo de biodigestão.

Tabela 1: Caracterização dos RSO e do rúmen bovino.

Parâmetros	RSO	Rúmen bovino
pH (adimensional)	5,17	7,33
N (mg/L)	18.000	700
P (mg/L)	3.680	490
K (mg/L)	11.750	240
Na (mg/L)	1.280	320
Ca (mg/L)	19.470	1.710
Mg (mg/L)	260	80
Zn (mg/L)	42	6,30
Cu (mg/L)	48	4
Fe (mg/L)	1,45	66
Mn (mg/L)	60	8,10

Fonte: Próprio Autor

O pH do rúmen bovino encontrou-se na faixa de 6,6 e 7,4, que segundo Chernicharo (1997), é o intervalo favorável para o crescimento ótimo das bactérias produtoras de metano, entretanto, o pH da fração orgânica dos resíduos sólidos, obteve valores abaixo de 6 (5,17), que pode inibir a atividade das bactérias metanogênicas.

Também de acordo com Chernicharo (1997), a incorporação microbiana de fósforo na digestão anaeróbia tem sido de 1/5 a 1/7 daquela estabelecida para o nitrogênio. Desta forma, os resíduos orgânicos apresentam uma relação entre esses nutrientes muito próxima de 1/5, já o rúmen bovino possui uma relação muito mais baixa, indicando excesso de fósforo e carência de nitrogênio.

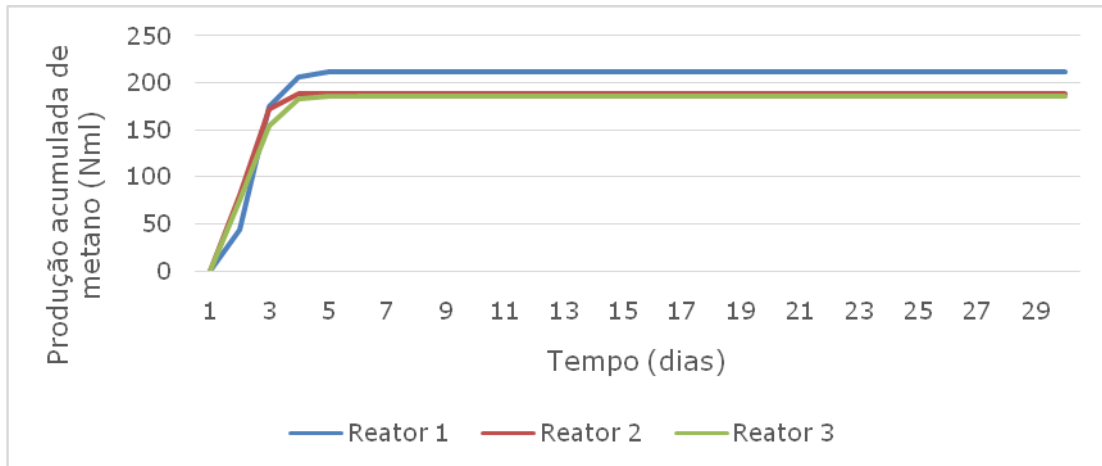
Com relação aos compostos inibidores e estimulantes da degradação, segundo Deublein & Steinhauser (2008), a concentração de potássio, cálcio e cobre, presente no resíduo orgânico, pode inibir digestão, já a concentração de ferro, no resíduo orgânico, e de manganês, no rúmen bovino, está dentro da faixa ideal dos referidos elemento traço, ou seja, pode estimular o processo.

A Figura 2, por sua vez, mostra a produção acumulada de metano nos três reatores preenchidos com resíduo orgânico (substrato) e rúmen bovino (inóculo), na proporção de 1:2, onde pode-se observar um comportamento similar entre as 3 triplicatas, sendo o valor médio obtido de



cerca de 201,43 NmL de CH<sub>4</sub>. Desta forma, a relação entre produção de metano por massa seca de RSO foi aproximadamente 2,01 mL CH<sub>4</sub>/g MS.

Figura 2: Produção acumulada de metano oriunda da biodigestão da RSO utilizando rúmen bovino.



Fonte: Próprio Autor

Nota-se também uma maior produção de metano nos primeiros quatro dias, podendo está relacionada a matéria orgânica de fácil degradação presente tanto no substrato, quanto no inóculo.

De acordo com Alencar et al. (2014), o CEASA/PE produz cerca de 998,75 t/mês, com isto, estima-se, através desse estudo, um potencial de geração de metano de cerca de 2.000 m<sup>3</sup>/mês. No entanto, sabe-se que ensaios laboratoriais visam avaliar a biodegradabilidade dos resíduos, e conseqüentemente, a produção de metano, em condições ótimas de degradação, desta forma, a biodigestão em escala real, geralmente, apresenta menores produções.

Wang et al. (1997) e Vigneron et al. (2005) também realizaram ensaios BMP com resíduos orgânicos e obtiveram uma taxa de geração de 300,7 e 178 NmL CH<sub>4</sub>/g MS, respectivamente, ambos superiores a taxa encontrada neste estudo. Com isso, pode-se sugerir que a ausência de agitação (que promove o contato da biomassa a ser digerida com os microrganismos) e presença de compostos inibidores (encontrados inclusive na caracterização inicial do inóculo e do substrato) podem ter resultado em uma baixa taxa de geração de metano.

Em um outro estudo realizado por Barcelos (2009), a maior produção de biogás, cerca 144L, se deu no reator de resíduos sólidos orgânicos, inoculado com rúmen bovino e uma solução tampão, vale salientar que no referido estudo foram utilizados os seguintes inóculos: esterco bovino e suíno, e rúmen bovino.

## 4. CONCLUSÕES

Nesta investigação, obteve-se uma produção média de metano de 201,43 NmL a uma taxa de 2,01 NmL CH<sub>4</sub>/g da mistura RSO e rúmen bovino (na proporção 1:2), produção acumulada baixa

comparado com a literatura, devido, provavelmente a falta de agitação do sistema e concentração elevada de alguns nutrientes (potássio, cálcio e cobre).

Por outro lado, pode-se observar que tanto o pH, quanto a concentração de manganês, encontradas no rúmen bruto são estimulantes do processo de biodigestão e metanização. Demonstrando o potencial, do tal inóculo de acelerar o processo de digestão e aumentar a produção de biogás (e metano), além de ser uma ótima alternativa para inserir os efluentes e resíduos semi-sólidos nos processos produtivos, podendo até gerar produtos comerciais, como energia elétrica e biofertilizante.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR-10007:2004 – Amostragem de Resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.

ALENCAR, B. S.; SOUZA, J. C. R. SOUZA, M. D. O.; ANDRADE, R. N. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco: diagnóstico dos resíduos orgânicos e potencial para compostagem**. 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, RS, 2014.

ALVES, I.R.F.S. **Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Recife, 2008.

ARAUJO, R.C. **Estudo da reciclagem do resíduo sólido orgânico do centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA/PE) por meio da compostagem**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Recife, 2010.

BARCELOS, B. R. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 17 de setembro de 2015.

BRASIL. Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em 17 de setembro de 2015.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

DEUBLEIN, D & STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe**. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016. Disponível: <<http://www.fao.org/3/a-i5504s.pdf>>. Acesso em: 01 de março de 2016.

GRANATO, E. F. **Geração de energia através da biodigestão anaeróbica da vinhaça**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2003.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Desperdício - Custo para todos - Alimentos apodrecem enquanto milhões de pessoas passam fome. **Revista Desafios do desenvolvimento**. Ano 6, Edição 54, 2009. Disponível: <[http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1256:catid=28&Itemid=23](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1256:catid=28&Itemid=23)>. Acesso em: 30 de maio de 2016.

LANGE, L. C.; SIMÕES, G. F.; FERREIRA, C. F. A.; SANTANA, D. W. E. A.; GARCIA, L. N. **Estudo comparativo de metodologias empregadas para a análise de resíduos sólidos urbanos**. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria u Ambiental, México, 2002.

MCT– Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. CETESB, São Paulo, 2006.

RUIZ, T. L. **Microbiologia Zootécnica**. 1ª Ed. São Paulo: Roca, 1992.

SAVICZKI, F. **Geração de Energia a partir de Resíduos de Centrais de Abastecimento**. VI Seminário sobre Tecnologias Limpas, Porto Alegre, 2015.

TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminante**. Lavras, MG: ESAL/ FAEPE, 1992.

VIGNERON, V.; MAZEAS, L.; BARINA, G.; AUDIC, J. M.; VASEL, J. L.; BERNET, N; BOUCHEZ, T. **Anaerobic digestion of municipal solid waste: a mass balance analysis**. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium, Caligari, Italy, 2005.

WANG, Y. S.; ODLE, W. S.; ELEAZER, W. E.; BARLAZ, M. A. Methane potential of food waste and anaerobic toxicity of leachate produced during food waste decomposition. **Waste Management & Research**, 1997.

WHO – International reference center for wastes disposal. **Methods of Analysis of Sewage Sludge Solid Waste and Compost**. Switzerland, 1979.

## 4.4.POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIOMETANIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO

**VALENÇA, Rebeca Beltrão**

Mestranda em Engenharia Civil (Geotecnia Ambiental) pela UFPE  
Grupo de Resíduos Sólidos/Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE).  
bellvalenca@gmail.com

**HOLANDA, Sávio Henrique de Barros**

Mestrando em Engenharia Civil (Geotecnia Ambiental) pela UFPE  
GRS/UFPE  
savioholanda@hotmail.com

**FIRMO, Alessandra Lee Barbosa**

Doutorado em Engenharia Civil pela UFPE  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
alessandra.lee@gmail.com

**JUCÁ, José Fernando Thomé**

Pós Doutor pela Universidade de São Paulo (USP)  
GRS/UFPE  
jucah@ufpe.br

### RESUMO

No Brasil, um percentual de 51,4%, dos 78,6 milhões de toneladas de RSU gerados, constitui-se de orgânicos. Vê-se como oportuno o aproveitamento/tratamento destes resíduos, agregando-lhes valor econômico e importância socioambiental, além de evitar o envio destes resíduos ao aterro, gerando custos e passivos ambientais. Dentre as tecnologias existentes para tratamento de RSU, fez-se uso da biodigestão anaeróbia para estimar o potencial máximo de geração de biogás e avaliar o processo de bioestabilização dos resíduos orgânicos, oriundos do Restaurante Universitário da UFPE. Para tanto, foi realizado experimento com esses resíduos em três biodigestores de bancada. A quantificação química do biogás foi realizada quinzenalmente, cujos destaques foram para o gás metano (CH<sub>4</sub>), registrando um máximo de 0,4%, e para o gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), atingindo uma concentração de até 4.500ppm. Quanto a caracterização bioquímica dos resíduos, obteve-se: pH 5,69; teor de sólidos voláteis, 90,41%; umidade 80%; DQO, 648,9138 gO<sub>2</sub>/L, características favoráveis para a atividade bacteriana, com exceção do pH. Ao final do 154º dia de monitoramento, houve uma geração acumulada de biogás de 5.500 mbar. O pH ácido e o alto índice de gás sulfídrico fornecem indícios sobre o desequilíbrio do sistema, cujas condições são tóxicas e impróprias ao desenvolvimento de bactérias metanogênicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia, biodegradação, resíduos orgânicos.

## 1.INTRODUÇÃO

A problemática da disposição e tratamento dos resíduos sólidos urbanos torna-se cada vez mais importante, visto que é diretamente proporcional à geração de resíduos (ABRELPE, 2014; REIS, 2012). Comparando-se as gerações de RSU no Brasil dos anos de 2013 e 2014, observa-se um acréscimo de, aproximadamente, 2,0% no índice de geração per capita de resíduos sólidos urbanos e um acréscimo de 2,9% na quantidade total gerada. Em contrapartida, a população brasileira apresentou, no mesmo período, um crescimento inferior a 1,0%. Desse modo, nota-se a perceptível geração exacerbada de resíduos (ABRELPE, 2014). Em uma maior escala, de 2003 a 2014, o aumento de geração de resíduos foi de 29%, cinco vezes a taxa de crescimento populacional, que foi de 6% (ABRELPE, 2014). É possível notar que a evolução na gestão dos resíduos está sendo bastante lenta (ABRELPE, 2014).

Através de uma composição gravimétrica, nota-se que, no Brasil, 51,4% do total de resíduos sólidos urbanos gerados são orgânicos (ABRELPE, 2014). Em relação à composição de RSU mais de 51,4% (cerca de 40 milhões de toneladas por ano) são constituídos de resíduos orgânicos que são dispostos de forma inadequada em lixões e aterros controlados contribuindo para contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e problemas sociais e de saúde pública. Estes dados constituem-se num aperitivo ideal para o fomento à sua ampla utilização em biorreatores anaeróbios. Esta tecnologia tem como principal vantagem a conversão dos resíduos, até então desprezados, em biogás (composto, sobretudo, por metano e dióxido de carbono), chorume (líquido resultante da biodegradação dos resíduos) e resíduos inertes quimicamente estabilizados (FIRMO, 2013; ADEKUNLE e OKOLIE, 2015).

Segundo Benítez (2016), Representante Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, um terço dos alimentos produzidos para o consumo humano no mundo, é perdido ou desperdiçado, ou seja, aproximadamente de 1,3 bilhões toneladas de alimentos são desperdiçados por ano. Surpreendendo as estimativas de muitos pesquisadores, a biodigestão anaeróbia é utilizada na China desde os anos 1950, de maneira bastante rudimentar e incipiente, em biodigestores construídos em poços com formato circular cavados no solo, com pedras irregulares, cujo objetivo era tratar resíduos agrícolas (van Buren, 1976).

Atualmente, em projetos de construção de biodigestores, uma série de variáveis é considerada, sobretudo variáveis econômicas, a fim de se obter elevada rentabilidade e retorno de investimento (payback), num menor espaço de tempo possível (AL SEADI *et. al.*, 2008). De acordo com Adekunle e Okolie (2015), há vários fatores que afetam a produção global de biogás, dentre eles: características do substrato que alimenta o biodigestor, multiplicação e crescimento de microrganismos presentes na massa de resíduo, razão substrato/inóculo e carga orgânica inserida. A composição bioquímica do substrato também é fator bastante relevante, visto que, de acordo com a complexidade das cadeias carbônicas do substrato, tais como presença de proteínas, gorduras, fibras, hemicelulose, celulose, amido ou açúcar, haverá maior ou menor interferência na produção global de biogás e no tempo de retenção hidráulica (ADEKUNLE e OKOLIE, 2015).

Os restaurantes geram bastantes resíduos orgânicos advindos tanto de restos do preparo de alimentos quanto de sobras das refeições. Esses locais são mais fáceis de gerir para valorização dos resíduos e, por esse motivo, foi escolhido para essa pesquisa. Somente na UFPE, são produzidos 700 kg de resíduos orgânicos, os quais vão para o aterro sanitário (Ferreira, 2014).

A fim de valorizar os resíduos orgânicos, a biodigestão anaeróbia é uma alternativa viável com relevante aplicabilidade, visando o tratamento e aproveitamento energético desses resíduos alimentares através da ação bacteriana presente no próprio resíduo. A formação de metano é dividida em quatro fases: Hidrólise, a qual são metabolizados os orgânicos complexos; a Acidogênese, que transforma esses complexos em orgânicos simples; a Acetogênese, que possui bactérias que degradam os produtos da Acidogênese e geram acetato (principal via),  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ ; e a Metanogênese, que, através da ação das bactérias Metanogênicas, transforma os produtos anteriores em metano e  $\text{CO}_2$  (Firmo, 2013). O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a produção de biogás, com ênfase na presença de metano, a partir de resíduos orgânicos advindos do restaurante universitário da Universidade Federal de Pernambuco.

## 2.METODOLOGIA

A coleta foi realizada dia 05 de novembro de 2015 no Restaurante Universitário da Universidade Federal de Pernambuco. Foram coletados dois sacos de 20 litros de resíduos provenientes do refeitório (70%), o qual possui indicação aos usuários para a separação desse tipo de resíduo, e da cozinha (30%), a qual separa restos vegetais da preparação das refeições. Foi necessária uma triagem do resíduo orgânico devido a plásticos que estavam erroneamente na coleta.

Os resíduos foram levados para o pátio da prefeitura da Universidade, onde foram misturados com pás e quarteados para a obtenção de amostras significativas conforme metodologia sugerida pela NBR 10.007 (2004) (Figura 1). As amostras obtidas foram trituradas para que houvesse uma aceleração da hidrólise na biodegradação no biodigestor.

Figura 1- Quarteamento, trituração e triagem da amostra conforme metodologia sugerida pela NBR 10.007 (2004).



Fonte: Autor.

O experimento foi realizado com três biodigestores similares de bancada do tipo batelada, de aproximadamente 10 litros. Esses passaram por testes de vedação para atestar que não havia nenhum vazamento que interferisse no sistema fechado e no valor de geração de gás pela

biodegradação. Após toda a coleta, cada biodigestor foi preenchido com 5,3 kg de matéria orgânica até uma altura de headspace 5,7cm (Figura 2). O volume de resíduo colocado foi de 7823,77 cm<sup>3</sup> em cada biodigestor, com um headspace de volume 1973,2545 cm<sup>3</sup>.

Figura 2- Preenchimento de biodigestor anaeróbio.



Fonte: Autor.

Foi introduzido nitrogênio gasoso durante 2,5 minutos a vazão de 5l/min para que ocasionasse uma situação anaeróbia (nicho ideal de bactérias metanogênicas).

Os três biodigestores foram cobertos com papel alumínio para não haver alteração sobre a microfauna presente nos mesmos (Figura 3).

Houve aferições de pH para controle das alterações possíveis durante o processo de degradação. Também foi retirada uma parcela do resíduo coletado para testes de umidade, Sólidos Totais e Sólidos Voláteis de acordo com NBR 6457 (1986) e WHO, 1979. Foi realizada a análise de DQO, pois esse parâmetro é correlacionado no início e fim do experimento devido a sua remoção concomitante com a produção de biogás.

Figura 3- Biodigestores anaeróbios.



Fonte: Autor.

O monitoramento de temperatura e geração de gás ocorreu diariamente. A caracterização do gás gerado foi realizada quinzenalmente, após o início do experimento, através dos equipamentos Geotech Biogas 5000. A utilização da cromatografia foi testada para metano e CO<sub>2</sub>, porém, nenhuma quantidade de metano foi detectada. Desse modo, não serão avaliadas as avaliações de cromatografia gasosa (Figura 4).

Figura 4- Monitoramento da pressão de biogás gerada (a), temperatura (b) e análise qualitativa do biogás (c).



Fonte: Autor.

O experimento foi encerrado no dia 06 de abril de 2015, após 154 dias de monitoramento.

### 3.RESULTADOS

O pH do resíduo foi de 5,69, considerado ácido para a faixa ideal para as bactérias metanogênicas (Tabela 1). O ideal para a atividade de bactérias metanogênicas é o pH entre 6,8 e 7,4 (Ferreira, 2015). É necessário fazer um ajuste de pH para a faixa ideal, com a finalidade de não ocorrer desequilíbrios no sistema (Torres & Pérez, 2005). Nas fases iniciais da degradação, o meio tende a acidificar ainda mais. Alguns trabalhos já detectaram problemas semelhantes de acidificação do reator, nos quais foi aplicada a metodologia de introduzir bicarbonato de sódio visando elevar o pH, produto já final da metanogênese (Reis, 2012).

Os sólidos voláteis calculados foram de 90,41%, demonstrando grande carga biodegradável potencial para biodegradação (Tabela 1). O teor de umidade foi de 80%, considerado favorável para a atividade bacteriana (Tabela 1). A DQO foi de 648,9138 gO<sub>2</sub>/L determinando que há bastante carga orgânica (Tabela 1). Reis (2012) constatou que a geração de gás é diretamente proporcional à remoção de DQO.

A DBO<sub>5</sub>, ainda não foi realizada por dificuldades operacionais para ser possível correlacionar seu valor com a DQO inicial. Essa relação é diretamente proporcional à biodegradação.



A análise elementar, carboidratos, lipídeos, proteínas, celulose, hemicelulose, lignina e metais pesados são análises importantes que devem ser realizadas para caracterização do substrato para futuras análises de comportamento da biodegradação (Firmo, 2013).

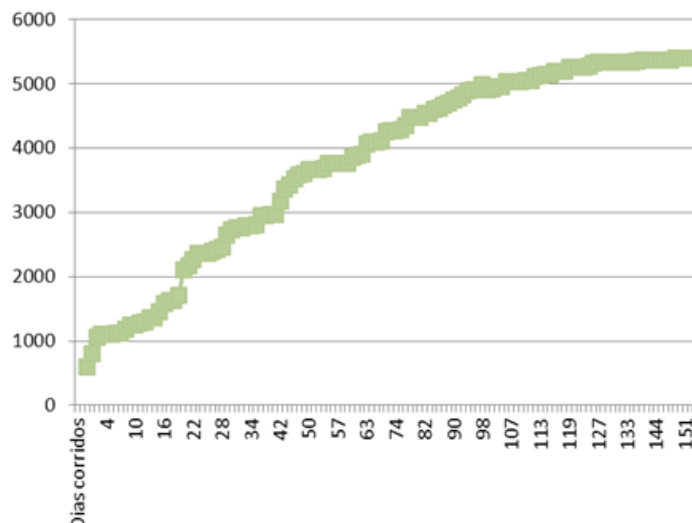
Tabela 1 – Análises do resíduo orgânico utilizado no experimento.

pH	Sólidos Totais	Sólidos Voláteis	Umidade	DQO
5,69	20%	90,415	80,005	648,91 g/L

Fonte: Autor.

Ao fim do experimento, a geração de gás ainda não se encontrou estabilizada. Atingiu aproximadamente 5500 mbar (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Média de pressão gerada de biogás nos biodigestores com resíduos orgânicos.

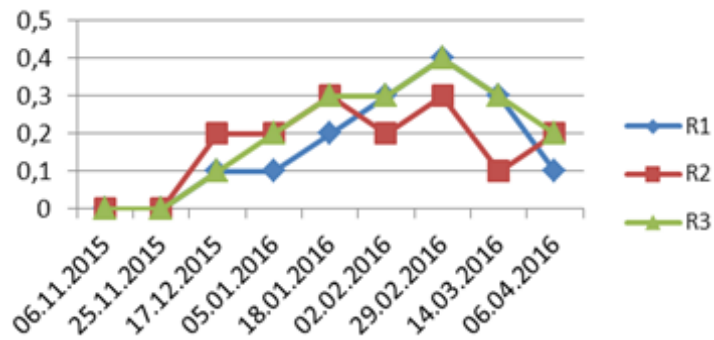


Fonte: Autor.

A temperatura externa e interna dos biodigestores seguiram tendências semelhantes de crescimento. Porém, a interna está sempre mais alta que a externa. Houve temperaturas de 20 a 31°C. A melhor faixa para biodigestão é faixa mesófila (30 a 35°C) e faixa termófila (50 a 55°C) (De Souza, 1984). No experimento, a temperatura interna teve média de 27,0 °C e a temperatura externa, média de 25,8 °C. É necessário controlar temperatura para obter mais eficiência na biodigestão.

Quanto à análise do gás metano, foi encontrado um máximo de 0,4%, com tendência decrescente ao fim do experimento (Gráfico 2). Com resíduos alimentares, outros autores já conseguiram obter até 65% de metano, demonstrando que algum fator está inibindo a Metanogênese (Santos et al, 2010 apud Reis, 2012).

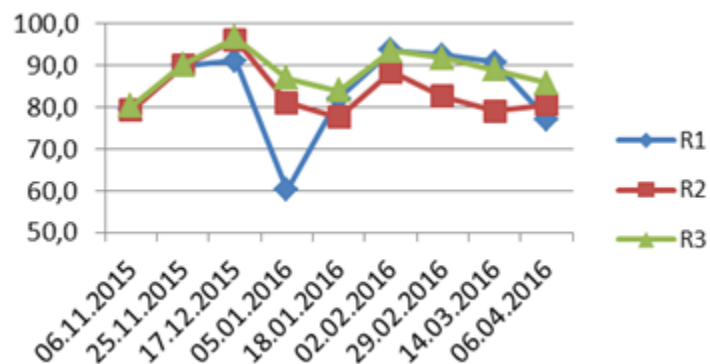
Gráfico 2 – Porcentagem de metano presente no biogás gerado no decorrer do experimento.



Fonte: Autor.

Quanto à análise de dióxido de carbono, desde o início do experimento, sua presença é significativa, com valores de até 95% (Gráfico 3). É uma característica da fase de Acidogênese.

Gráfico 3 – Porcentagem de dióxido de carbono presente no biogás gerado no decorrer do experimento.

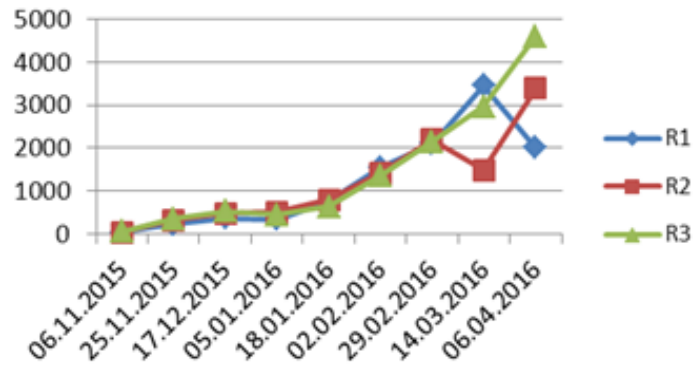


Fonte: Autor.

Quanto ao gás sulfídrico, sua tendência se mostra crescente no decorrer do experimento, demonstrando valores de até 4500ppm (Gráfico 4). Quando o resíduo possui elevada quantidade de sulfatos, a fase Metanogênica é inibida pelas bactérias redutoras de sulfato, as quais transformam os produtos da acidogênese em ácido sulfídrico e CO<sub>2</sub>. É um ambiente tóxico às bactérias metanogênicas (Reis, 2012).

Chen *et al.* (2008) menciona que há dois estágios de inibição resultantes da redução do sulfato: em primeiro lugar, a inibição ocorre devido à competição das bactérias redutoras de sulfato (BRS) pelos substratos orgânicos e inorgânicos comuns às mesmas, o que impede a produção de metano; em segundo lugar, a inibição ocorre devido à toxicidade do gás sulfídrico a vários grupos bacterianos.

Gráfico 4 – Gás sulfídrico presente no biogás gerado no decorrer do experimento.



Fonte: Autor.

## 4.CONCLUSÕES

O pH ácido e o alto índice de gás sulfídrico fornecem indícios sobre o desequilíbrio do sistema, cujas condições são tóxicas e impróprias ao desenvolvimento de bactérias metanogênicas. A biodigestão de resíduos não é viável sem a codigestão com algum inóculo ou adição de uma base para ajuste de pH. Sem esse ajuste, não há geração de biogás com alto índice de metano, gás necessário para geração de energia. São necessários novos estudos com ajuste de pH e/ou adição de inóculos para verificar a eficiência de geração de metano através de resíduos orgânicos do Restaurante da UFPE. Desse modo, será possível criar um modelo de aproveitamento energético dos resíduos orgânicos do Restaurante Universitário da UFPE.

## 5.AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Grupo de Resíduos Sólidos da UFPE pelo apoio em todo o desenvolvimento da pesquisa.

Agradecimentos ao financiamento da pesquisa pelo projeto “Desenvolvimento de soluções tecnológicas a partir do biogás produzido em sistemas de tratamento de esgotos e aterros sanitários para geração de energia elétrica” da Rede Biogás FINEP.

## REFERÊNCIAS

Advances in Bioscience and Biotechnology, **Digestion**. 2015, p.205-212.

AL SEADI, T.; RUTZ, D.; PRASSL, H. KÖTTNER, M.; FINSTERWALDER, T.; VOLK, S.; JANSSEN, R. **Biogas Handbook**. University of Southern Denmark Esbjerg, 2008.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais-ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em:< [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm)>. Acesso em: 01 jun. 2016.

BENÍTEZ, R. O. **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**.FAO. Disponível em <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>> Acesso em: 03 de junho de 2016.

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S. (2008). **Inhibition of anaerobic digestion process: A review**. Bioresource Technology, 99, 4044-4064.

DE ANDRADE et al. **Avaliação do tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos e geração de biogás em células experimentais a partir do teste BMP**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre. 2015.

DE SOUZA, M. E. **Fatores que influenciam na digestão anaeróbia**. Revista DAE. v. 44. N 137. 1984.

FERREIRA, J. V. C. **Quantificação e Caracterização Química e Energética da Biomassa Residual Gerada no Campus Recife da UFPE**. Monografia referente ao curso de Engenharia de Energia. 2014.

FERREIRA, B. O. **Avaliação de um sistema de metanização de resíduos orgânicos alimentares com vistas ao aproveitamento energético do biogás**. Dissertação de mestrado no Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Minas Gerais. 2015.

FIRMO, Alessandra Lee Barbosa. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. 2013.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2012.

LEITE, V. D.; POVINELLI, J. Comportamento dos sólidos totais no processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos e industriais. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.229-232, 1999. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. 1999.

LEITE et al.Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.2, p.190–196. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. 2009.

MARCHI, M. E. V; Bressiani, P. A; Barbosa, P. M. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para cozinha industrial dos restaurantes LATIFE**. Projeto de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no âmbito do Curso de Engenharia Ambiental. São Paulo. 2013.

REIS, A. S. Tratamento **de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. Dissertação submetida ao Programa de Pós graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru. 2012.

TORRES, P; PÉREZ, A. Indices de alcalinidad para el control del tratamiento anaerobio de aguas residuales fácilmente acidificables. **Ingeniería y Competitividad**. Volume 10, N. 2, p. 41 – 52. 2008.

Van BUREN, A. 1979. **A Chinese Biogas Manual**. Microfiche Reference Library.

WHO – International Reference Center for Waste Disposal. **Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost**. Switzerland. 1978.

## **4.5. INFLUÊNCIA DO pH NA GERAÇÃO DE BIOGÁS E METANO PROVENIENTE DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ALIMENTARES**

**FABISAK, Marialua Mello**

Graduanda

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)

fabisakmarialua@yahoo.com.br

**LUCENA, Talita Vasconcelos de**

Mestranda

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)

lucena.tali@gmail.com

**BRITO, Ericka Patrícia Lima de**

Mestranda

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)

erickaplb@gmail.com

**FIRMO, Alessandra Lee Barbosa**

Doutora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)

alessandra.lee@gmail.com

### **RESUMO**

A problemática dos resíduos sólidos é proveniente da crescente geração e da complexidade das características destes. Em diversos países, a digestão anaeróbia vem sendo adotada como tratamento para resíduos orgânicos. Um dos subprodutos gerados no processo é o biogás, composto basicamente por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), este último com alto poder calorífico, podendo ser utilizado para aproveitamento energético. Este trabalho visa avaliar o potencial de geração de biogás dos resíduos alimentares considerando a influência do pH na geração de metano. Para isto foi utilizado ensaio de Potencial Bioquímico de Metano. A análise do biogás foi realizada através da cromatografia gasosa, que permite identificar o percentual de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  na amostra estudada. A partir dos dados obtidos, observou-se que não houve geração de metano na biodegradação do resíduo e que o pH se encontrou abaixo dos valores ótimos relatados na literatura, influenciando na geração do metano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Biodegradação, Potencial Bioquímico de Metano.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e o aumento do poder aquisitivo dos habitantes, a geração de resíduos sólidos vem se intensificando ao longo dos anos, necessitando de atenção especial para seu manejo, que compreende a coleta, transporte, tratamento, disposição e destinação dos resíduos (FIRMO, 2013). No Brasil, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), 51,4% dos resíduos gerados são orgânicos (ABRELPE, 2011), que quando dispostos inadequadamente podem causar graves danos ambientais em decorrência do seu potencial poluidor. As tecnologias usualmente utilizadas para tratar este tipo de resíduo são compostagem e digestão anaeróbia, destacando-se esta última pela possível geração de energia ao invés do seu consumo.

De acordo com Reis (2012), a digestão anaeróbia ou a biometanização é um processo natural que ocorre na ausência de oxigênio, envolvendo a degradação bioquímica da matéria orgânica através de micro-organismos. Esse processo tem como resultado a geração de um gás, chamado de biogás, composto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Para analisar o potencial de geração de biogás a partir dos resíduos sólidos urbanos (RSU), diversos estudos vêm sendo realizados em diferentes escalas experimentais, desde laboratoriais até escalas pilotos.

Ensaio em escalas laboratoriais permitem o maior controle das variáveis, como temperatura, umidade e pH. Desta forma, o presente trabalho objetiva a avaliação da geração de biogás e metano de resíduos alimentares, sem correção de pH, através do ensaio Potencial Bioquímico de Metano (BMP). De acordo com Alves (2008), o ensaio BMP tem como objetivo avaliar a biodegradabilidade dos resíduos através da geração de  $\text{CH}_4$  em condições ótimas de degradação. Desta forma, são utilizadas pequenas frações de resíduos sólidos, previamente seca e triturada, dispostas em frascos de borossilicato, muitas vezes co-dispostas com inóculos, que podem ser de vários tipos, principalmente os provenientes de digestor anaeróbio de estações de tratamento de esgoto (ETE).

As bactérias metanogênicas são extremamente sensíveis a variações de temperatura. O processo de digestão anaeróbia pode ocorrer em três faixas, destacando-se a gama termofílica (de 50°C a 60°C) e mesofílica (de 30°C a 40°C), esta última vem sendo usualmente adotada em virtude do melhor custo-benefício (PAES, 2003 apud ALVES, 2008). O processo de digestão anaeróbia é também influenciado pela alteração do pH, que pode indicar a fase de degradação em que o resíduo se encontra. Para a digestão anaeróbia, o pH ótimo fica entre 5,5 e 8,5 ou entre 6,5 e 7,5 (VERMA, 2002). Neste sentido, para as bactérias acidogênicas, sua atividade é favorecida quando existe a diminuição do pH, abaixo de 6,8, enquanto que para as bactérias metanogênicas a faixa ótima se situa entre 6,8 e 7,2. (SOUZA, 1984).

As alterações repentinas destes parâmetros afetam significativamente as atividades das bactérias metanogênicas e as concentrações de toxicidade de diversos compostos (BORGES, 2003 apud BARCELOS, 2009). Segundo Bouallagui et al. (2004), um desafio da digestão anaeróbia é o aumento da acidificação do meio devido ao decaimento do pH e a produção de ácidos graxos

voláteis, inibindo a atividade metanogênica. Esta inibição foi observada por Jain e Mittiasson (1998), que apresentou resultados de geração de metano com redução de até 75% para operação com pH abaixo de 5. Desta forma, a presente pesquisa objetiva a avaliação da geração de metano sob a influência do pH na degradação anaeróbia de resíduos alimentares utilizando ensaios BMP.

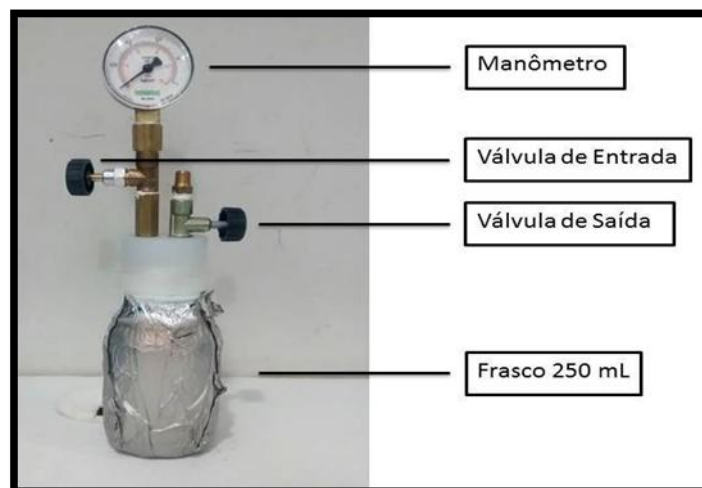
## 2.METODOLOGIA

Para analisar a degradação da matéria orgânica e a geração de biogás e metano nos resíduos alimentares foram realizados ensaios experimentais conhecidos como BMP.

Na realização do ensaio BMP existem várias metodologias na literatura, por ser considerado um ensaio não padronizado, podendo variar em termos de quantidade de resíduo, tamanho de partícula, natureza dos resíduos, temperatura de incubação, tempo de realização do ensaio, entre outros (OWEN et al.,1979; HANSEN et al.,2004; ALVES 2008). O ensaio utilizado foi baseado nas principais metodologias baseadas em Hansen et al.,(2004); Alves (2008); Melo (2010) e Firmo (2013), por ser aplicada mais facilmente.

A metodologia adotada consiste na utilização de frascos de borrosilicato de 250mL (Figura 1) no qual foram adicionados 5g de resíduo seco e triturado e 50mL de água destilada ou inóculo em um frasco com 250mL. Após a pesagem do substrato no frasco, o N<sub>2</sub> é recirculado para garantir as condições anaeróbias no sistema.

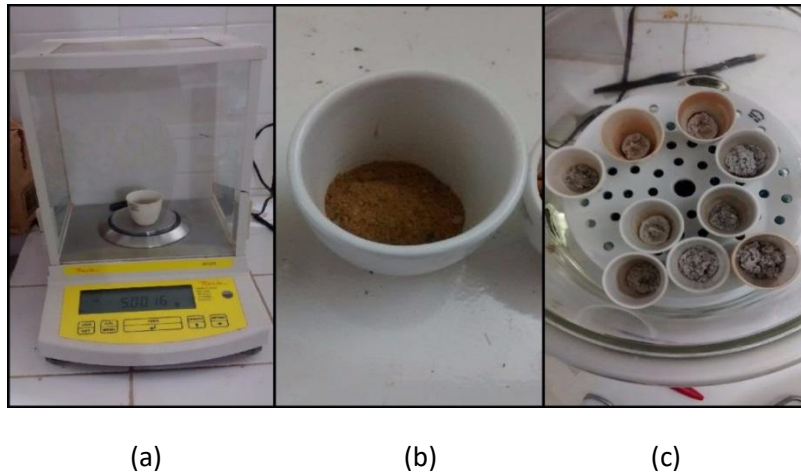
Figura 1-Detalhamento dos frascos utilizados no Ensaio.



Fonte: Próprio autor.

O resíduo alimentar utilizado na pesquisa foi coletado em Maio de 2015, e é proveniente do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Pernambuco (RU/UFPE). A análise do teor de sólidos voláteis permite determinar o percentual de cinzas e indiretamente a quantidade de matéria carbonácea existente na amostra (Figura 2).

Figura 2 – Ensaio do teor de Sólidos Voláteis. (a) Pesagem do cadinho com amostra; (b) Cadinho com amostra; (c) Cadinho com amostra após mufla.



Fonte: Próprio autor.

Para o cálculo do teor de sólidos voláteis, foi utilizada como base e adaptada a metodologia de WHO (1979) e SWEWW – 2540 (2010). Foram submetidas 3 a 5g da amostra seca a uma temperatura de 550-650°C por um tempo de 2:30h em mufla. Após esse período, aguardou-se o resfriamento da amostra calcinada, para posterior pesagem. A equação 1 apresenta o cálculo do teor de sólidos voláteis:

$$\%SV = \frac{M_o - M_f}{M_o}$$

Onde:

$M_o$  = Massa inicial

$M_f$  = Massa final

%SV = Teor de sólidos voláteis

A medição do potencial hidrogeniônico (pH), foi realizado antes do preenchimento e após o encerramento dos ensaios BMP através do equipamento da marca *Digimed* DM23, com a utilização do sensor específico. Para analisar volumetricamente o biogás, utilizou-se a cromatografia gasosa que permite identificar o percentual de  $CO_2$  e  $CH_4$  contidos na amostra do biogás coletada. O cromatógrafo utilizado foi de modelo APPA GOLD – II TCD, com tensão alimentar de 220 VAC. Antes da análise, o equipamento foi calibrado com o gás padrão de 60% de metano e 40% de gás carbônico. A realização dos ensaios BMP e caracterização físico-química do resíduo aconteceu no Grupo de Resíduos Sólidos (GRS), localizado na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).



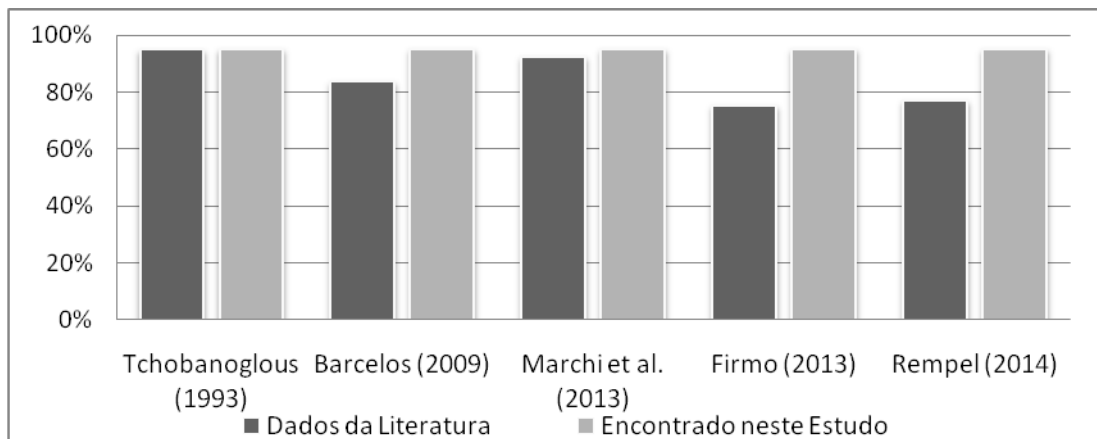
### 3.RESULTADOS

Foi realizado o ensaio de teor de sólidos voláteis para ter entendimento parcial da biodegradabilidade do resíduo e se ele apresentou um teor próximo do encontrado na literatura. Foram também aferidos os dados de entrada e saída de pH dos biorreatores do ensaio BMP com o objetivo de verificar a faixa de pH encontrada e analisar se esta se encontra no limiar ótimo para bactérias metanogênicas. Foi analisada a geração do biogás a partir da cromatografia gasosa com o intuito de observar se através da biodigestão anaeróbia gerou o composto com maior percentagem, o metano.

#### 3.1. Caracterização físico-química do Resíduo

O teor de sólidos voláteis obtido na amostra de resíduo alimentar foi de 95,19%, o que corresponde a um grande percentual de matéria carbonácea, passível a uma alta biodegradabilidade do resíduo. De acordo com Kelly (2002), valores de sólidos voláteis abaixo de 20% indica a bioestabilização do resíduo. Marchi et al.(2013) encontrou valores para o teor de sólidos voláteis próximos ao deste estudo, atingindo 92,4% e foram utilizados resíduos orgânicos de cozinha. Para Tchobanoglous et al. (1993) o resíduo alimentar é considerado rapidamente degradável, e atingiu 94,81%, valor este muito próximo ao encontrado neste trabalho. Em pesquisas semelhantes com resíduos orgânicos foram encontrados valores abaixo comparando com Tchobanoglous et al. (1993) e este trabalho, por exemplo, Barcelos (2009) encontrou 83,6%, Firmo (2013) obteve um valor de 75,3% e Rempel (2014) teve como resultado 77,0% (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Valores de Sólidos Voláteis de acordo com a literatura.



Fonte: Próprio autor.

#### 3.2. Influência do pH na geração de biogás

Como apresentado na metodologia, o pH das amostras sólidas foi medido no material de entrada e de saída dos biorreatores no ensaio BMP preenchidos com resíduos alimentares para

observar a diferença de pH e analisar a sua influência na geração de biogás e teor de metano e dióxido de carbono. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

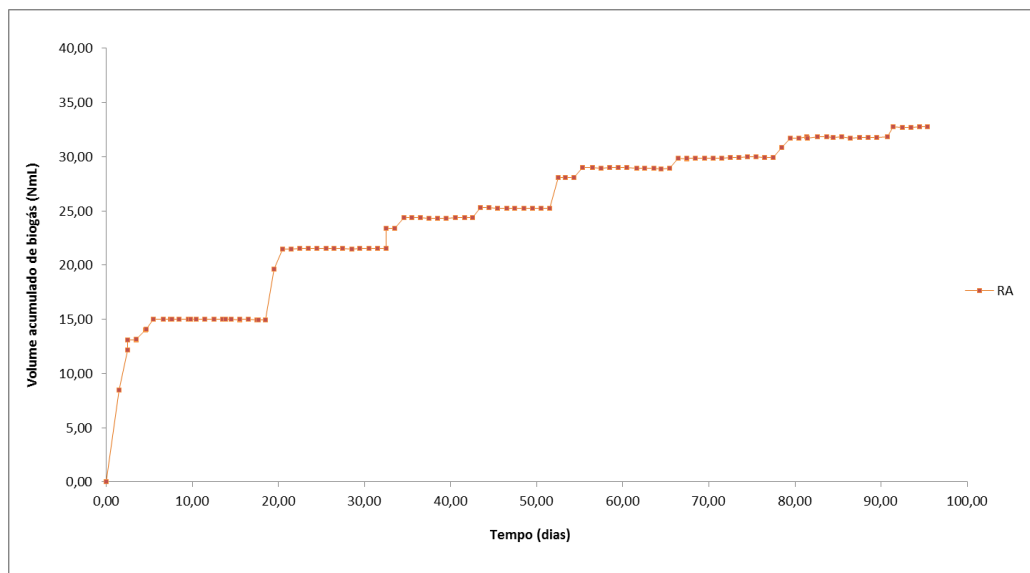
Tabela 1 – Dados de Entrada e Saída do Potencial Hidrogeniônico (pH)

Dados de Entrada			Dados de Saída		
Biorreator	Composição	pH	Biorreator	Composição	pH
T1	RA	5,45	T1	RA	3,85
T2	RA	5,26	T2	RA	3,84
T3	RA	5,15	T3	RA	4,04

\* RA = Resíduo alimentar. Fonte: Próprio autor.

A partir dos dados obtidos, observou-se que os valores iniciais de pH se encontravam em torno de 5,0, considerado abaixo da faixa ideal de acordo com a literatura, no qual situa-se de 6,8 a 7,2 (SOUZA, 1984). Os valores de pH finais situaram-se no limiar de 3, podendo ser justificado pelo acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV) devido a rápida acidificação dos resíduos orgânicos e sua composição (BOUALLAGUI et al., 2004). Em termos de geração de biogás, considerando o valor médio dos três ensaios BMP, o resíduo apresentou um volume acumulado de 32,8 NmL, com uma taxa máxima de 5,6 NmL obtida no 2º dia de experimento (Figura 3). O valor efetivo do potencial de geração de biogás foi de 6,56 NmL/gS, havendo a possibilidade deste valor ser maior pelo fato de o ensaio ainda não se apresentar totalmente estabilizado.

Figura 3 – Gráfico de volume acumulado de biogás no experimento.



Fonte: Próprio autor.

De forma geral, o biogás é composto principalmente pelo metano que pode variar de 65 a 70% e dióxido de carbono de 25 a 30% (CASSINI et al., 2003 apud MELO, 2010). No presente estudo não foram encontrados valores de metano no biogás gerado nos experimentos, porém é importante enfatizar que as análises gasosas realizadas no cromatógrafo só iniciaram a partir da sexta semana

de ensaio, podendo ter ocorrido a geração de metano antes deste período. Já o CO<sub>2</sub> apresentou altas concentrações, atingindo o percentual máximo, que de acordo com Silva et al. (2015) refere-se a fase ácida da biodegradação. Em pesquisas semelhantes envolvendo a biodegradação anaeróbia de resíduos alimentares com pH próximo a 3, como em Silva et al. (2015), também não foram identificados volume de metano ao longo de todo o experimento sendo justificado pela influência do pH e temperatura que estavam fora da faixa ideal de desenvolvimento da fase metanogênica.

Em análises de metano com Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (FORSU) realizado por Vilela (2015), o resíduo também não gerou metano, e o pH foi 4,34. O autor explica que o metano não foi gerado porque a etapa de metanogênese não foi atingida, e isso pode ter ocorrido devido ao baixo pH. Bouallagui et al. (2003) em estudos com resíduos orgânicos alimentou o reator aumentando a concentração do resíduo de 6% para 8% em sólidos totais (ST), com o objetivo de gerar mas biogás, e quando atingiu 10% em ST o pH diminuiu de 7,2 para 5,3, inibindo a geração de metano.

Silva (2009) trabalhou com resíduos sólidos orgânicos, e no seu ensaio na primeira etapa obteve baixos valores de pH necessitando a adição de bicarbonato de sódio para correção do mesmo. Após realizado isto o autor quantificou uma geração máxima de metano no biogás de 61,5%. Já nos estudos de Leite (2008) foram utilizados resíduos orgânicos vegetais de feiras livres em um reator compartimentado com baixo teor de sólidos. Neste trabalho, também foi encontrado um pH ácido, com um valor de 5,6, sendo considerado abaixo do teor ótimo para biodegradação, porém foram encontrados percentuais de metano. Este fato indica que outros fatores podem interferir na geração do mesmo.

## 4. CONCLUSÕES

Vários fatores podem interferir na biodegradação do resíduo e na geração de biogás. É importante que alguns parâmetros como pH devem ser controlados para que se encontrem em faixas ótimas para que ocorra a digestão anaeróbia e a produção de biogás e metano. Os microrganismos que realizam a metanogênese são bastante sensíveis às alterações de pH do meio e neste estudo foi possível identificar que ocorre a degradação dos resíduos porém a geração de metano foi comprometida pela predominância da fase acidogênica, identificada pela geração de biogás com elevado teor de dióxido de carbono, característica desta fase.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2011**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>> Acesso em: 18 de Abril. 2016

ADANI, F.; BAIDO, D.; CALCATERRA, E.; GENEVIVI, P. The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. **Bioresource technology**, v.83. n.3. p.173-179, 2001.

ALVES, I. R. F. S. **Análise Experimental do Potencial de Geração de Biogás em Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2008.

BARCELOS, B. R. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de Resíduos Sólidos domésticos**. Dissertação de Mestrado. Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Pernambuco, 2009.

BORGES, A. C. **Influência da estratégia de alimentação no desempenho do reator anaeróbio em batelada sequencial contendo biomassa imobilizada**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 170p, 2003.

BOUALLAGUI, H.; CHEIKH, R. B.; MAROUANI, L.; HAMDI, M. Mesophilic biogas production from fruit and vegetable waste in a tubular digester. **Bioresource Technology**, v. 86, p. 85-89, 2003.

BOUALLAGUI, H.; HAOUARI, O.; TOUHAMI, Y.; BEM CHEIKH, R.; MAROUANI, L.; HAMDI, M. Effect of temperature on the performance of an anaerobic tubular reactor treating fruit and vegetable waste. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 2143-2148, 2004.

CASSINI, S. T.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDREOLI, C. V.; FRANÇA, M.; BORGES, E. S. M.; GOLÇALVES, R. F. Hidrólise e atividade anaeróbia em lodos. In CASSINI, S. T. (Coord.). **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás**. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB, p.210, 2003.

FIRMO, A. L. B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Pernambuco, 2013.

HANSEN, T. L.; SCHMIDT, J. E.; ANGELIDAKI, I.; MARCA, E.; JANSEN, J. C.; MOSBAEK, H.; CHRISTENSEN, T. H. (2004). Method for determination of methane potentials of solid organic waste. **Waste Management**, v. 24, p. 393-400, 2004.

HARRIES, C. R.; CROSS, C. J.; SMITH, R. **Application of biochemical methane potential (BMP) testing to the study of MSW decomposition in a municipal solid waste lysimeter**. Proceedings Sardinia, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy. Cagliari: CISA. V. 1, p. 589-598, 2001.

JAIN, S. R., & MATTIASON, B. Acclimatization of methanogenic consortia for low pH biomethanation process. **Biotech. Lett.** 20, 771–775, 1998.

KELLY, R. J. **Solid Waste Biodegradation Enhancements and the Evaluation of Analytical Methods Used to Predict Waste Stability**. Dissertação de Mestrado. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2002.

LEITE, V. D. **Processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos urbanos inoculados com lodo de esgoto industrial**. Tese Doutorado. São Carlos: EESC/USP, 1997, 190p, 2009.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.13, n.2, p. 190-196, 2008.

MARCHI, M. E. V.; BRESSIANI, P. A.; BARBOSA, P; M. **Digestão anaeróbia de resíduos orgânicos para cozinha industrial dos restaurantes latife**. Trabalho de Formatura. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

MELO, E. S. R. L. **Análise de biodegradabilidade dos materiais que compõem os resíduos sólidos urbanos através de ensaios BMP (Biochemical Methane Potential)**. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE, 2010.

OWEN, W., STUCKEY, D., HEALY JR., J., YOUNG, L., MCCARTY, P. Bioassay for monitoring biochemical methane potential and anaerobic toxicity. **Water Res.** 13 (6), 485–492, 1979.

OWENS, J. M.; CHYNOWETH, D. P. Biochemical Methane Potential of MSW componentes. **Water Science and Technology.** V. 27, p.1-14, 1993.

REIS, A. S. **Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos em Biodigestor Anaeróbio**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.

REMPEL, N. **Biodigestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos consorciados com glicerina**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo – RS, 2014.

SILVA, W. R. **Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Química. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2009.

SILVA, D. L. M.; NÓBREGA, B. M. A.; BONFIM, N. A.; MELO, M. C.; MONTEIRO, V. E. D. **Análise da Influência do pH e da Temperatura de Gases Gerados a partir Resíduo Orgânicos**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Centro de Eventos do Ceará. Fortaleza – CE, 2015.

SOUZA, M. E. (1984). **Fatores que influenciam a digestão anaeróbia**. Revista DAE. Vol. 44, nº 137. Junho, 1984.

SWEWW 2540. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – **Analysis of total solids and solids volatilis**, 2010.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. **Gestion Integral de Residuos Solidos**. McGraw-Hill. 1107, 1993.

VERMA, S. **Anaerobic Digestion of Degradable Organic in Municipal Solid Wastes**. Dissertação de Mestrado. Universidade da Colômbia, p.50, 2002.

VILELA, F. R. **Biometanização: estudo da influência do lodo e da serragem no tratamento anaeróbio da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU)**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2015.

WHO – International Reference Center for Waste Disposal. Methods of Analysis of sewage sludge solid wastes and compost. Switzerland, 1979.

YAZDANI, R. **Landfill-based anaerobic digester-compost pilot Project at Yolo County Central Landfill**. California Natural Resources Agency. Department of Resources Recycling and Recovery. State of California, 2010.

## **4.6.AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS, A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ATERRO SANITÁRIO – COMAGSUL, ALTINHO PE**

**SATURNINO, Gustavo da Silva**

Graduando em Engenharia Ambiental  
Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico - ASCES  
gustavotricolor40@hotmail.com

**FIGUEIROA, Deivid Sousa**

Doutorando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Professor na Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico - ASCES

**MORAIS, Maria Monize**

Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de produção de biogás com ênfase na geração de metano, a partir da classificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) depositados no aterro sanitário – COMAGSUL, Altinho PE. Diante de dados quantitativos a cerca do volume de resíduos sólidos urbanos depositados ao ano de 2015 pelos municípios: Altinho, Agrestina, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos. Aos quais foram aplicados no modelo metodológico do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1996) revisado em 2006. O modelo é de simples interpretação onde interliga o volume de resíduos depositados com a fração de resíduos degradáveis propícias a geração de biogás. O resultado obtido foi proporcional à dimensão do aterro. Tendo como conclusão o direcionamento a queima do biogás excedente, através do equipamento flare. Com total viabilidade econômica e sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** biogás, flare, meio ambiente.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma nação está historicamente relacionado com o crescimento populacional, econômico, tecnológico e industrial. Com os avanços vêm às modificações no modo de vida da população. Nos dias atuais, o consumismo é uma doença compulsiva que afeta amplamente a nova geração social. Contudo, há uma crescente elevação na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Neste contexto, gerenciar estes resíduos tem sido um grande desafio para o poder público da nação brasileira. O cenário brasileiro de gestão de RSU ainda não é satisfatório. Em 2014 cerca de 60% dos municípios brasileiros ainda encaminhavam seus resíduos para locais inadequados – lixões (ABRELPE, 2014). Este tipo de prática é extremamente prejudicial ao meio ambiente e em sua essência, aos seres vivos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instrumentalizada pela Lei 12.305, 02 de Agosto de 2010. Art. 1 dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos. Esta política aparece como ferramenta para inibir o descaso socioambiental existente na atualidade. Os Resíduos Sólidos Urbanos, quando dispostos em ambiente redutor, sob condições anaeróbias (ausência de oxigênio), sofrem decomposição e, a parcela da matéria orgânica assim degradada, tem como produtos finais, chorume e biogás. Este último componente é uma mistura gasosa, que dentre estes está o Metano ( $\text{CH}_4$ ), o qual possui um potencial energético satisfatório quando bem gerenciado. Este gás, quando gerado em grande quantidade, exibe um grande poder energético da biomassa ali disposta, para decomposição anaeróbia (GOMES, 2014).

O metano é um dos gases do efeito estufa, se caracterizando como um problema ambiental recorrente da poluição atmosférica. Em aterros sanitários está inerentemente ligada a matéria orgânica em geração na respectiva digestão da biomassa. Comparado ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), também potencial gás que promove o efeito estufa, o metano é mais eficiente na captura de radiação do que o  $\text{CO}_2$ . O impacto comparativo de  $\text{CH}_4$  sobre a mudança climática é mais de 20 vezes maior do que o  $\text{CO}_2$ , isto é, uma unidade de metano equivale a 20 unidades de  $\text{CO}_2$  (FIGUEREDO, 2012). A obtenção do biogás é feita a partir de uma mistura gasosa produzida pela digestão anaeróbica de substratos orgânicos, realizada por microrganismos em condições favoráveis de pH e de temperatura (ZILOTTI, 2012). Visando a problematização ambiental, não só no Brasil, mais em todo mundo, é de extrema relevância criar, discutir e implantar meios alternativos e menos nocivos ao meio ambiente.

Neste contexto iremos abordar a atual situação do aterro sanitário COMAGSUL – Altinho PE, no que diz respeito à geração de biogás com ênfase no metano, a partir da composição dos resíduos sólidos depositados naquele aterro. Atualmente são cinco municípios que são consorciados ao citado aterro, são eles: Agrestina, Altinho, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos gatos, todos pertencentes à região Agreste do Estado de Pernambuco. A estimativa da produção de biogás e, respectivamente do gás metano, pode ser feita através de modelos matemáticos que utilizam, basicamente, a quantidade de resíduos como parâmetro (IPCC, 2006).

## 2.METODOLOGIA

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 1996) possui duas metodologias para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> procedentes dos aterros de Resíduos sólidos Urbanos. A primeira é a metodologia chamada de padrão e a segunda é a metodologia cinética de primeira ordem. Visando à aplicabilidade e as variáveis requeridas a este trabalho, utilizaremos a metodologia cinética de primeira ordem desenvolvida pelo IPCC. A metodologia cinética de primeira ordem é um método mais completo, que serve para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> de resíduos sólidos urbanos (RSU), reconhecendo o fato de que o CH<sub>4</sub> é emitido por um longo período de tempo, em vez de instantaneamente. Esta aproximação cinética considera vários fatores que influenciam nas taxas da geração e liberação de metano do RSU (ELLER, 2013).

A produção de gás total e a taxa em que os gases são gerados podem variar de modelo para modelo, e o parâmetro mais importante que é comum a todos eles é a quantidade do resíduo passível de decomposição (Carbono Orgânico Degradável). Outro fator importante é o tempo de operação que corresponde entre a disposição dos resíduos e a fase de decomposição anaeróbia (FIGUEREDO, 2012). Estão apresentadas detalhadamente todas as etapas que correspondem aos equacionamentos no modelo do (IPCC, 1996). O método escolhido para avaliação do potencial de geração de biogás foi desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 1996), que relaciona a constante de decaimento “K” de acordo com a composição do lixo recebido no aterro sanitário. Os valores de K podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1 – Valor de K para cada componente do lixo

<b>Resíduo</b>	<b>K</b>
Papel	0,07
Resíduos orgânicos	0,17
Têxteis	0,07
Madeira	0,035
<b>Média</b>	<b>0,09</b>

Fonte: IPCC (2006)

Para o cálculo da emissão de metano, utiliza-se a Equação 1.

$$E_{CH_4} = K \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-K} \text{Equação (1)}$$

Onde:

$E_{CH_4}$  = Emissão de metano (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ano);

K = 0,09 média da constante de decaimento valor médio (GUIA IPCC, 2006).

$R_x$  = Fluxo de resíduos do ano (tonRSD);

$L_0$  = Potencial de geração de metano (m<sup>3</sup> biogás / tonRSD);

X = Ano atual;

T = Ano de deposição do resíduo no aterro (início de operação).



Entretanto, será necessário primeiro calcular a fração de carbono orgânico degradável no lixo (COD) depositado no aterro utiliza-se a Equação 2:

$$\text{COD} = \sum(\text{COD}_i \cdot W_i) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

COD = Fração de carbono orgânico degradável no lixo;

$\text{COD}_i$  = Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo  $i$ ;

$W_i$  = Fração do tipo de resíduo  $i$  por categoria do resíduo.

O valor da fração de carbono orgânico degradável no lixo (COD) é obtido a partir da composição do material depositado no aterro e da Tabela 2.5 do Módulo 5 – Resíduos, do Guia do IPCC, Volume 2: Geração de Resíduos, de 2006, conforme apresentado na Tabela 1.0 (COD<sub>i</sub>) depende da composição do material depositado no aterro, apresentado no gráfico 1 em conformidade com o guia do IPCC. O ( $W_i$ ) será calculado de acordo com a análise gravimétrica do resíduo em porcentagem dos componentes presentes no lixo, ou seja, matéria orgânica, papel/papelão, vidros, outros. Após o cálculo do COD, é necessário calcular o potencial de geração de metano no resíduo ( $L_0$ ), observado na Equação 3:

$$L_0 = \text{FMC} \cdot \text{COD} \cdot \text{COD}_f \cdot F \cdot \frac{16}{12} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

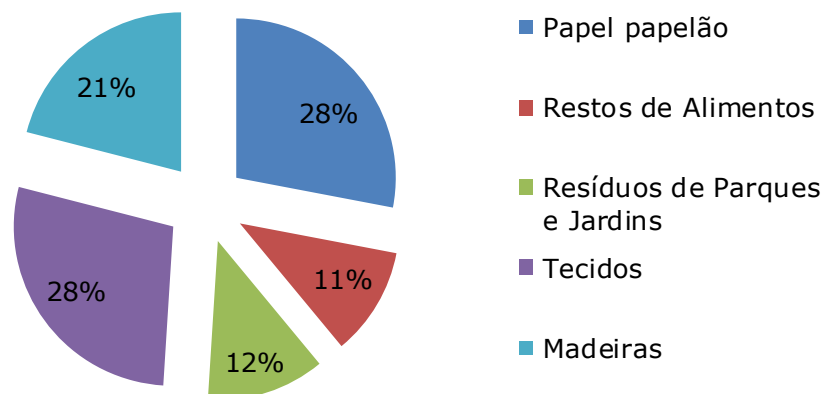
$L_0$  = Potencial de geração de metano do resíduo ( $\text{m}^3$ biogás /tonRSD);

FMC= Fator de correção do metano = 0,8 inadequado (profundo >5m de lixo);

COD= Valor obtido por meio dos cálculos realizados na Equação 04;

$\text{COD}_f$  = Fração altamente biodegradável no resíduo brasileiro;

Figura 1 - Porcentagem de carbono orgânico degradável para cada componente do lixo.



Fonte: IPCC (1996)

A fração de COD dissociada ( $COD_f$ ) indica a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica, e pode ser obtida pela Equação 4.

$$COD_f = 0,014T \cdot 0,28 \cdot 0,77 \quad \text{Equação(4)}$$

Onde:

T= temperatura (°C) na zona anaeróbia dos resíduos, estimada em 35°C.

F = Fração de metano presente no biogás

Caso o aterro não possua o valor real da quantidade de metano presente no biogás, pode-se utilizar a estimativa de 0,5, pois geralmente a quantidade de metano presente no biogás de aterro é 50%; 16/12 é para conversão de carbono para metano ( $CH_4$ ).

O Fator de Correção do Metano (FCM), que avalia a qualidade do aterramento do lixo, considera o fato do resíduo aterrado de forma inadequada produzir menor quantidade de metano em relação aquele destinado a locais adequados, onde uma maior parte do lixo é decomposta em condições anaeróbias. Os valores recomendados pelo IPCC para este fator podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de FCM recomendados pelo IPCC

<b>Tipo de Local</b>	<b>FCM – Fator de correção de metano</b>
Adequado – aterro bem gerenciado	1,0
Inadequado – profundo (>5 m de lixo)	0,8
Inadequado – raso (<5 m de lixo)	0,4

Fonte: IPCC (1996)

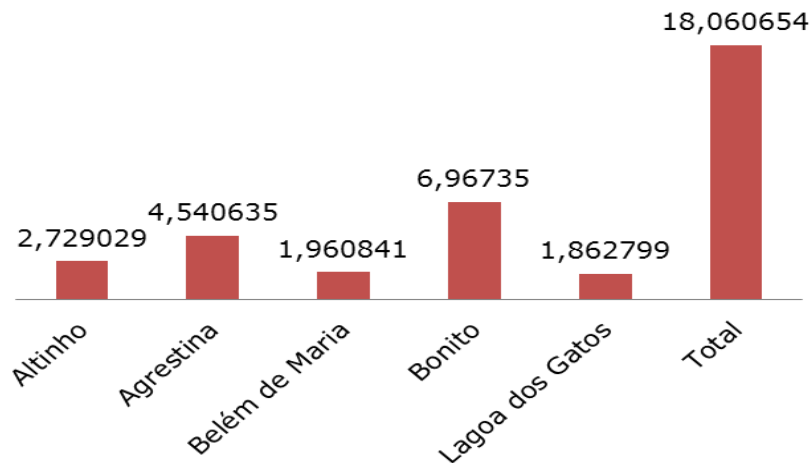
De acordo com os dados obtidos através da aplicação das equações que constituem o modelo IPCC, será verificada a possível potencialidade de produção de biogás do aterro COMAGSUL, que será atestada ou não pela compatibilidade dos dados obtidos com o que é descrito no contexto.

### 3.RESULTADOS

Conforme define o método do IPCC assim apresentado anteriormente, todas suas etapas são categoricamente elencadas. A base de dados para aplicação neste método refere-se principalmente à classificação gravimétrica, onde consta a fração de resíduos degradáveis (carbono) assim depositados no aterro sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL. Resíduos referentes aos cinco municípios depositantes naquele aterro são eles: Altinho, Agrestina, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos.

A classificação gravimétrica foi feita a partir de amostras dos resíduos de cada veículo que compete à coleta de cada município (Figura 2). Desta forma serão aplicados juntamente aos dados quantitativos das disposições realizadas no ano de 2015. O gráfico abaixo ilustra estas disposições.

Figura 2 – Quantidade em toneladas de RSU por cidade no ano de 2015



Fonte: Próprio Autor

Foi aplicado este valor total de toneladas no modelo metodológico escolhido, conforme os percentuais destacados a cada tipo de resíduo biodegradável conforme exige a literatura do método específico apresentado na classificação gravimétrica. A aplicação é com ênfase nos valores de 2015, porque a mesma foi realizada neste dito ano. O aterro deu início a suas operações em agosto de 2010. Conforme demonstra a literatura, aterros sanitários passados mais de cinco anos em operação regular estão nas condições de ápice no que diz respeito à geração de biogás. As condições de fermentação biológica, cobertura e compactação são uns dos fatores contribuintes (SOARES, 2011).

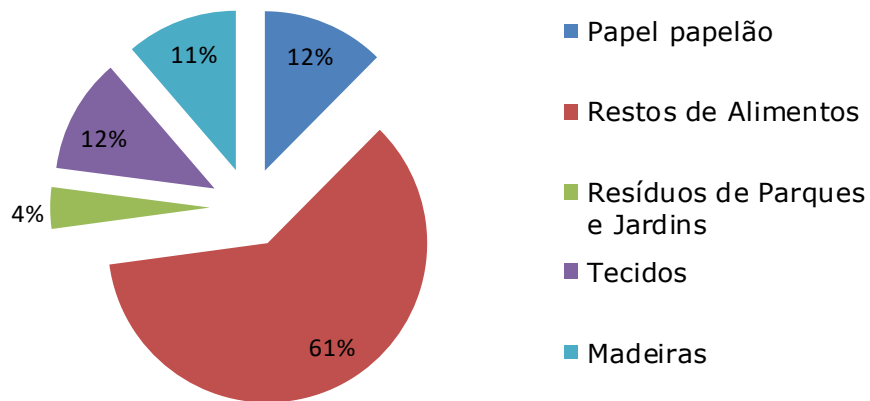
São cinco municípios, 500% em classificação. Devemos unificar estes dados, tornar 100%, o que consiste avaliar de maneira completa todos resíduos depositados naquele aterro sanitário. De maneira simples, deduzimos que  $100\% / 500\% = 0,2\%$  ou seja, a cada 1% referente à classificação equivale á 0,2% de forma que globaliza todos resíduos sólidos depositados (100%). A tabela 3 apresenta os dados globalizados, a partir dos quais se definem o  $COD_i$  (Fração de carbono orgânico degradável no tipo de resíduo  $i$ ), dos quais o percentual biodegradável está apresentado na figura 3.

Tabela 3 – Composição Biodegradável Global

Componente	Massa (Kg)
Papel papelão	1.170,33
Restos de alimentos	5.333,96
Resíduos de parque e jardim	254,24
Tecidos	687,16
Madeira	626,28
<b>Total</b>	<b>8.071,97</b>

Fonte: Próprio Autor

Figura 3 – Percentual Biodegradável em Cada Componente



Fonte: Próprio Autor

Com os Valores do COD<sub>i</sub> definidos no gráfico dois, a próxima etapa consiste em determinar o valor do W<sub>i</sub> (Fração do tipo de resíduo i por categoria do resíduo) perante a composição do mesmo. Usam-se os valores (%) referenciais ao gráfico 1 do IPCC. Diante da equação 2 o carbono orgânico degradável (COD) é definido conforme os valores definidos na tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade em kg de Carbono Orgânico Degradável (COD)

Componente	Massa (Kg)
Papel papelão	468,132
Restos de Alimentos	800,094
Resíduos de Parques e Jardins	43,22
Tecidos	274,864
Madeiras	187,884
<b>Total</b>	<b>1774,194</b>

Fonte: (Dados da Pesquisa)

Conforme toda fração determinada de COD corresponde a soma dos valores da tabela 4.

COD = (1,774194 toneladas)

Conforme resultado obtido à fração encontrada é de total diretriz para aplicações matemáticas. Com este valor podemos aplicar nas equações posteriores. Nesta fase dos cálculos é definido  $COD_f$  (Fração altamente biodegradável no resíduo brasileiro) conforme equação seis. A constante (T) representa temperatura (°C) na zona anaeróbia dos resíduos, estimada em 35°C.

$$COD_f = 0,014 \cdot (T) \cdot 0,28 \cdot 0,77$$

$$COD_f = 0,014 \cdot (35^\circ\text{C}) \cdot 0,28 \cdot 0,77 = \underline{0,1056}$$

Seguindo os procedimentos, as etapas exigidas para os cálculos do método do IPCC. Contempla a está próxima fase obter  $L_0$  (Potencial de geração de metano do resíduo ( $\text{m}^3$  biogás / tonRSD) conforme mostra a equação cinco . FMC (Fator de correção do metano = 0,8 inadequado (profundo > 5m de lixo); F (0,5 = fração de metano presente no biogás) valores pré-definidos na própria metodologia.

$$L_0 = FMC \cdot COD \cdot COD_f \cdot F \cdot \frac{16}{12}$$

Desta forma, temos:

$$L_0 = 0,8 \cdot 1,774194 \text{ ton.} \cdot 0,1056 \cdot 0,5 \cdot \frac{16}{12}$$

$$\underline{L_0} = 0,0999 \text{ m}^3 \text{ biogás / ton RSD}$$

Este valor ( $L_0$ ) mostra o potencial de geração de biogás a cada tonelada de resíduos sólidos preferencialmente apresentados nas condições favoráveis para biodegradação e fermentação. Um valor relativo para dimensão do aterro sanitário em questão. O fluxo de resíduos anual é pequeno, o aterro comporta resíduos de cinco pequenos municípios do interior do agreste. Aplicando os dados na equação 5, pode-se estimar o volume de metano ( $\text{CH}_4$ ) gerado durante o período em que os dados foram coletados.

Onde:

$$E_{\text{CH}_4} = K \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{K(X-T)} \quad (5)$$

$E_{\text{CH}_4}$  = Emissão de metano ( $\text{m}_3\text{CH}_4$ /ano);

$K$  = 0,09 média da constante de decaimento valor médio (GUIA IPCC, 2006).

$R_x$  = Fluxo de resíduos do ano (tonRSD), conforme gráfico 1;

$L_0$  = Potencial de geração de metano ( $\text{m}^3$  biogás / tonRSD);

$X$  = Ano atual = 2015;

$T$  = Ano de deposição do resíduo no aterro (início da operação) = 2010.

Desta forma:

$$E_{\text{CH}_4} = 0,09 \times 18,060 \times 0,0999 \times 1,5683$$

Conforme a equação 5, o valor que representa a geração de metano é  $E_{\text{CH}_4} = 0,2546 \text{ m}^3$  **metano/ano**. Os cinco municípios atendidos contabilizam menos de 60.000 habitantes. Ou seja, um aterro de pequeno porte. A média de toneladas de resíduos sólidos depositadas mensalmente naquele aterro é em torno de 1,5 toneladas. De acordo com VIANA *et al* (2014), o biogás gerado nos aterros sanitários é composto basicamente por metano ( $\text{C}_{\text{H}_4}$ ) entre 50 e 70%. Através do resultado encontrado, foi estimada a geração de metano, componente do biogás. Adotando-se uma faixa média 60% correspondente ao teor de metano, é necessário calcular o quanto é gerado de biogás. Por meio de uma propriedade matemática (regra de três) calcula-se:

Como retratado neste trabalho, o metano é altamente poluente a atmosfera. Sua emissão sem controle beneficia situações desastrosas ao ciclo ambiental contribuindo para fenômenos com o efeito estufa. Nas próprias licenças de funcionamento de aterros sanitários respaldam categoricamente o cuidado em tratar os subprodutos da decomposição dos resíduos sólidos, chorume e biogás (FIGUEREDO, 2012). Diante do resultado encontrado após aplicação matemática no modelo metodológico determinado a este estudo, encontramos um baixo volume relativo à geração de metano. Proporcionalmente ao volume de resíduos depositados no aterro sanitário COMAGSUL. Devemos levar em consideração, a cultura, os costumes regionais que envolvem a sociedade regional desta parte do interior de Pernambuco.

A temperatura no interior das camadas do aterro afeta sensivelmente a produção de biogás. O teor de água deve normalmente situar-se em torno de 90% do peso do conteúdo total. Tanto o excesso, quanto a falta de água são prejudiciais. O teor da água varia de acordo com as diferenças apresentadas pelas matérias-primas destinadas à fermentação (FARIA, 2012). Estes fatores levados em consideração a um ambiente semiárido são bastante relevantes. A maior utilização do biogás é como combustível para geração de energia elétrica e térmica. Não apenas aproveita de forma sustentável este subproduto da disposição dos resíduos sólidos, como também evita que o gás metano nele contido seja emitido para a atmosfera. Como o metano tem potencial 21 vezes maior que o  $\text{CO}_2$  está é uma das condições/formas de combater a poluição por este gás (ZILOTTI, 2012).

Atualmente o Aterro Sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL não faz uso de nenhuma tecnologia de aproveitamento do biogás. Simplesmente o gás é gerado e lançado na atmosfera. O que difere totalmente do manejo correto para um gerenciamento sustentável do subproduto gerado no aterro. A queima deste biogás irá proporcionar uma transformação. Onde o metano será convertido em dióxido de carbono e vapor d'água. Produtos muito menos nocivos ao meio ambiente. Está queima é prevista em qualquer projeto de operação de aterro sanitário (MONTAGNA, 2013). Infelizmente não é realidade do aterro em estudo.

O equipamento utilizado para queima é de simples instalação e de viável economia para os bons resultados que serão proporcionados. Flare – sistema de queima do biogás excedente.

## 4. CONCLUSÕES

A geração de metano correspondente ao ano de 2015, determinada de acordo com os dados indicados na classificação gravimétrica, pela metodologia do IPCC de 1996, mostrou a quantidade de o biogás gerada pela decomposição de RSU no aterro sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL. As variáveis expressas na equação principal do modelo do IPCC foram obtidas em meio a várias aplicações matemáticas. Por fim foram produtos da equação três a qual estimou a geração de metano/ano (2015) do aterro sanitário Altinho/Agrestina COMAGSUL. Com proporcionalidade a todos dados levantado. Com benefício ambiental e a viabilidade econômica, é possível concluir que o aproveitamento do gás metano produzido no aterro sanitário em estudo, uma vez utilizado técnicas para sua captação (drenos verticais) pode ser queimado através do equipamento Flare. Diferentemente da realidade atual, o aterro estará operando corretamente dentro dos parâmetros exigidos e, longe de multas ou qualquer tipo de intervenção.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, São Paulo 2014. Pág. 32 Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em 14/04/2016.
- ELLER, C. M. Universidade Federal do Espírito Santo Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. **Caracterização dos Compostos Traços Influentes no Aproveitamento Energético do Biogás Gerado em Reator UASB no Tratamento de Esgoto Doméstico**, Vitória 2013. Pág. 20, Disponível em: <<http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/DCF.pdf>>. Acesso em: 30/05/2016.
- FARIA, R. A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **Avaliação do Potencial de Geração de Biogás e de Produção de Energia a Partir da Remoção da Carga Orgânica de uma Estação de Tratamento de Esgoto – Estudo de Caso**, Paraná fevereiro de 2012. Pág. 11-12, Disponível em: <[http://www.unioeste.br/portalpos/rmedia/...dissertacao\\_rui\\_a\\_p\\_faria.pdf](http://www.unioeste.br/portalpos/rmedia/...dissertacao_rui_a_p_faria.pdf)>. Acesso em: 18/04/2016.
- FIGUEIREDO, J. **Estimativa de Produção de Biogás e Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais**, Belo Horizonte 2012. Pág.15, Disponível em: <[http://wwwbiblioteca.ufmg.br/...dissertacao\\_julianacarvalho](http://wwwbiblioteca.ufmg.br/...dissertacao_julianacarvalho)>. Acesso em: 20/04/2016.
- GOMES, S. Universidade Estadual de Ponta Grossa Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. **Potencial Energético dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Ponta Grossa**, Paraná 2014. Pág. 25, <<http://www.pitangui.uepj.br/...dissertacao%20ppgbgomes.pdf>>. Acesso em: 23/08/2015.
- MONTAGNA, B. T. Faculdade Educacional de Dois Vizinhos - União de Ensino do Sudoeste do Paraná. **Biogás Produzido em Aterro Sanitário como Fonte de Energia – Revisão Bibliográfica**. Dois Vizinhos – PR 2013. Pág. 40 á 44, Disponível em: <[http://semanaacademica.org.br/.../biogas\\_produzido\\_em\\_aterro\\_sanitariopdf](http://semanaacademica.org.br/.../biogas_produzido_em_aterro_sanitariopdf)>. Acessado em 30/05/2016.
- SOARES, E. LEITE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos**, Rio de Janeiro Maio de 2011. Pág. 62. Disponível em: [http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES\\_ELSF\\_EJP\\_11\\_T\\_M.pdf](http://www.getres.ufrj.br/pdf/SOARES_ELSF_EJP_11_T_M.pdf)>. Acessado em 16/04/2016.

VIANA, A. et al, BARBIAN, M. FROLDI, M. CREMONEZ, P. Universidade Federal do Paraná. **Geração de Biogás a Partir de Efluentes de Abatedouros.** Paraná 2014. Pág. 131, Disponível em: <<http://www.dca.uem.br/v3ne/11.pdf>>. Acessado em: 16/04/2016.

ZILOTTI, A. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. **Potencial de Produção de Biogás em uma Estação de Tratamento de Esgoto de Cascavel para a Geração de Energia Elétrica,** Paraná 2012. Pág. 05, 31-34, Disponível em:<[http://www.200.201.88.199/portalpos/media/...dissertacao\\_helcio\\_a\\_zilotti.pdf](http://www.200.201.88.199/portalpos/media/...dissertacao_helcio_a_zilotti.pdf)>. Acessado em: 30/05/2016.



## **Capítulo 5: Resíduos da Construção Civil**

## ABERTURA

Os Resíduos da Construção Civil, conforme a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - Conama 307/2002, “são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos...”. Além dos resíduos recicláveis, tais como papel/papelão, plásticos e metais, a construção civil produz um tipo particular de resíduo reciclável, classificado pela Resolução Conama 307/2002 como Classe “A”, os quais são reutilizáveis e recicláveis, como agregados. Estes resíduos, de acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), chegam a representar mais de 50% (em massa) dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados diariamente no Brasil, o que sobrecarrega o sistema de limpeza urbana dos municípios, em especial os de pequeno porte.

Por outro lado, o ciclo de aquecimento da Construção Civil, vivenciado no Brasil entre os anos de 2005 a 2014, voltou a atenção para a necessidade de gerenciamento adequado destes resíduos, devido a elevada geração e descarte desordenado pelas construtoras e empreiteiras. Os órgãos ambientais passaram então a exigir que as obras apresentem um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC, bem como a comprovação da destinação final ambientalmente adequada. Os custos inerentes à regularização, associados ao potencial de 100% de reciclabilidade dos resíduos classe “A”, deu início à busca por alternativas de reaproveitamento e produção mais limpa (redução de desperdícios).

Os artigos contidos neste capítulo abrangem experiências sobre a gestão de resíduos em obras da construção civil e buscam por alternativas de produção mais limpa, também na indústria cerâmica. Estudos de caso desenvolvidos no Rio Grande do Norte e em Pernambuco são reprotados, além da análise de desperdício de materiais nas edificações. Certamente estes dados serão de valia para as áreas correlatas a Engenharia Civil.

## 5.1.DOS RESÍDUOS À PRODUÇÃO MAIS LIMPA: O CASO DE UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA DE TANGARÁ-RN

**SILVA, Robson Garcia da**

Mestrando

Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (PPgUSRN/IFRN)  
robsontecnologo@yahoo.com.br

**SILVA, Valdenildo Pedro da**

Doutor

Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (DIAREN/IFRN)  
valdenildo.silva@ifrn.edu.br

### RESUMO

Este trabalho busca investigar a geração de resíduos sólidos no decorrer do processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha Vitória, do município de Tangará-RN, rumo a uma produção mais limpa. A consecução desse estudo foi possível mediante levantamento e discussão de referenciais teóricos e pesquisa de campo. Os resultados foram alcançados através de observação e levantamento de dados e informações do processo produtivo da cerâmica investigada, por meio de entradas de matéria-prima e insumos, e saída de resíduos no decorrer do processo produtivo. Elaborou-se um fluxograma de todo o processo produtivo com entradas, saídas e retroações. Foi constatado que o processo produtivo tem gerado resíduos e que muitos são reutilizados no processo. Mas, a empresa não tem se preocupado plenamente com a ecoeficiência da produção por meio da prevenção da poluição, ou seja, buscando a redução de resíduos na fonte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos sólidos, Produção mais limpa, Cerâmica vermelha.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de cerâmica vermelha ou estrutural constitui um importante setor para o Rio Grande do Norte, uma vez que tem proporcionado a geração de empregos e renda, principalmente, para as populações menos aquinhoadas. No entanto, não se pode deixar de considerar que esse segmento industrial, mesmo com a aquisição e implantação de inovações tecnológicas modernas, no curso dos últimos tempos, visando a elevação da produtividade industrial, ainda apresenta problemas quanto a desperdícios e geração de resíduos sólidos nocivos ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos, em suma, são materiais resultantes de atividades humanas, cuja a destinação final pode ser procedida nos estados, sólido, semissólidos, 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 (BRASIL, 2010). A maioria dos resíduos gerados pela indústria de cerâmica vermelha são do tipo classe A, conforme a resolução CONAMA 307/2002, ou seja, resíduos sólidos da construção civil provenientes de processos de fabricação que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados (BRASIL, 2002).

A indústria de cerâmica vermelha no Brasil possui cerca de 6.903 empresas, que tem gerado um faturamento de aproximadamente R\$ 18 bilhões ao ano. Esse segmento tem procurado oferecer produtos qualificados e sustentáveis que possam apoiar o desenvolvimento crescente e contínuo do país desde a construção de habitações de interesse social até as obras de infraestrutura. Além disso, pode afirmar que esse setor industrial representa 4,8% da indústria da Construção Civil e gera mais de 400 mil postos de trabalho diretos e 1,25 milhão indiretos (ANICER, 2014). Especificamente, no Rio Grande do Norte, a indústria de cerâmica vermelha está composta por 186 unidades fabris, distribuídas em 4 polos cerâmicos: o do Oeste, o do Baixo Assu, o do Seridó e o da Grande Natal, como podem ser localizados na Figura 1.

Observa-se que apesar do grande número de empresas ceramistas no Rio Grande do Norte, as indústrias produtoras de cerâmica vermelha, em grande maioria classificadas como empresas de pequeno e médio porte, utilizam tecnologias e equipamentos ultrapassados tanto no processo de produção (extração e preparo de matérias-primas, conformação, secagem e queima), quanto em relação ao maquinário e nível de automação. Tal evidência justifica a baixa produtividade média brasileira que gira em torno de 2.000 peças/operário/mês quando comparada com a produtividade europeia que atinge a média de 200.000 peças/operário/mês.

Diante dessa contextualização, destaca-se o município de Tangará, situado no polo cerâmico da Grande Natal do RN, tem ganhado relevância, no curso dos últimos anos, com a produção industrial de cerâmica vermelha, da qual tem se evidenciado a empresa denominada de Cerâmica Vitória, objeto deste estudo empírico, devido as recentes adoções e inovações tecnológicas implementadas, com o fito de aumentar a produtividade e benefícios socioeconômicos, por meio de empregos e rendas gerados, mas também, por vir difundindo preocupações com alguns objetivos ambientais, que outrora não fora considerada, numa relação entre economia e ecologia. No entanto, não se pode deixar de considerar que, mesmo com a adoção de sistemas técnicos

inovadores que tem melhorado os ganhos de produtividade, ainda parece se presenciar em algumas fases do processo industrial dessa empresa a geração de desperdícios e de resíduos sólidos que precisam ser minimizados ou mitigados.

Tal preocupação passou a ocorrer quando o presente estudo buscou suporte teórico sobre o termo Produção mais limpa. Inicialmente, embasou-se na definição do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente que é o precursor do conceito (UNEP, 1994), o qual a define como uma aplicação contínua de uma estratégia ambiental, preventiva e integrada, nos processos produtivos, produtos ou serviços, para reduzir os riscos relevantes à saúde humana e ao meio ambiente. A produção mais limpa é uma estratégia geradora de oportunidades que busca melhorias no que diz respeito à limpeza, à entrada de materiais, de equipamentos, de tecnologia, design de produto e gestão de saídas, isto é, de resíduos e emissões (VAN BERKEL, 2007). Portanto, trata-se de uma concepção de produção que centra sua preocupação com a prevenção da poluição, isto é, com a não geração ou mitigação do resíduo. Sendo assim, pode-se dizer que a Produção mais limpa permite conhecer as origens dos resíduos, oferecendo a possibilidade de suas reduções na fonte, além de diminuir ou eliminar quais insumos que causem impactos ao meio ambiente (MACIEL; FREITAS, 2013).

Nessa perspectiva, o presente estudo busca investigar a geração de resíduos sólidos durante o processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha Vitória, do município de Tangará-RN, rumo a uma Produção mais limpa.

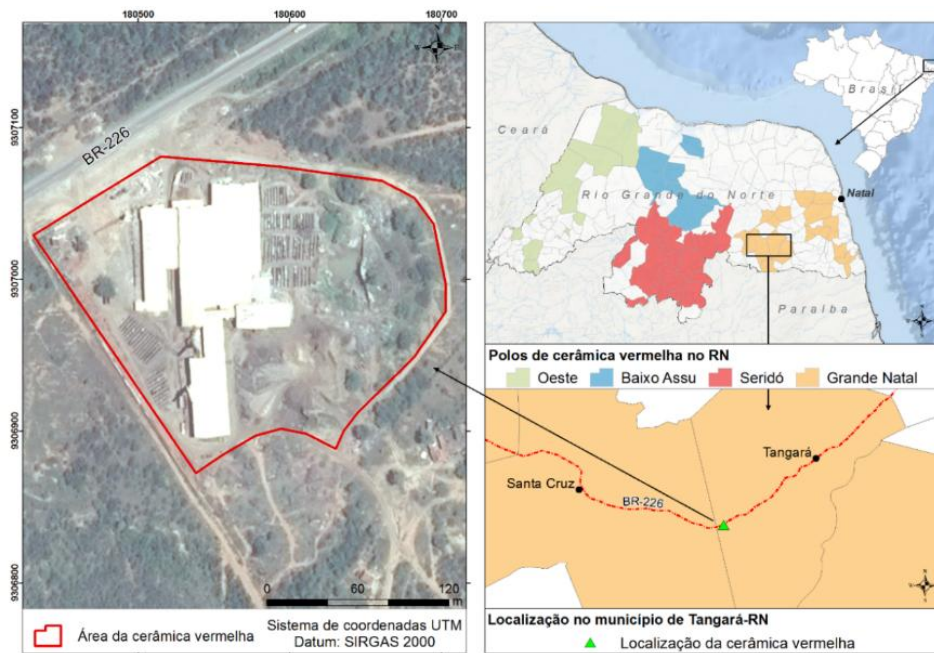
## **2.METODOLOGIA**

A empresa objeto deste estudo, Cerâmica Vitória de Tangará-RN (Figura 1), atua no mercado há 13 anos, conta com um total de 36 funcionários que, na sua maioria, moram no município de Tangará-RN. Ela possui uma área com cerca de 4 hectares e 2000 m<sup>2</sup> de área construída. Os principais insumos usados no processo produtivo da empresa têm sido argila (matéria-prima), água, serragem de madeira e energia elétrica. A empresa produz 2 tipos de produtos: tijolos e lajotas.

O tijolo é o principal produto com uma fabricação de aproximadamente 1500 milheiros por mês. Os produtos são vendidos para cidades circunvizinhas e para algumas cidades da região metropolitana de Natal, mas também para cidades do estado da Paraíba. A principal matéria-prima da empresa é a argila, retirada nas regiões próximas por fornecedores.

Esta pesquisa pode ser classificada, quanto aos meios, como bibliográfica, documental e de campo (VERGARA, 2009). Nas pesquisas bibliográfica e documental foram realizadas investigações sobre os temas deste trabalho, por meio de artigos científicos em periódicos, livros, manuais, relatório, dossiê técnico, resolução e lei. Na pesquisa de campo foi realizada uma investigação na empresa para coletar dados sobre as entradas de matéria-prima e insumos, e saídas de resíduos no processo produtivo. Em seguida, foi elaborado um fluxograma do processo produtivo com essas entradas, saídas e retroações.

Figura 1- Localização da Cerâmica Vitória de Tangará-RN no polo cerâmico da Grande Natal.



Fonte: SEBRAE-RN (2013).

Quanto aos fins, a pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva (VERGARA, 2009). Exploratória porque visou proporcionar mais informações sobre os temas abordados neste trabalho. Descritiva porque teve como objetivo descrever características do processo produtivo da cerâmica.

Os instrumentos de coleta de dados usados nesta pesquisa foram: a observação sistemática, por meio de registros fotográficos e anotações, e a entrevista informal com os administradores da empresa. No quadro 1, são apresentadas as perguntas realizadas na entrevista, aplicadas no dia 20 de abril de 2016.

Quadro 1 – Perguntas realizadas na entrevista informal realizada com o administrador da cerâmica.

- 
- 1 Quanto tempo a argila fica estocada?
  - 2 Realiza a preparação ou mistura da argila?
  - 3 Possui caixão alimentador?
  - 4 Possui desintegrador?
  - 5 Possui laminador?
  - 6 Possui extrusora ou maromba?
  - 7 Qual o tipo de secagem?
  - 8 Quanto tempo dura o processo de secagem?
  - 9 Qual o tipo de forno utilizado?
  - 10 Há procedimento para controle de qualidade dos produtos?
- 

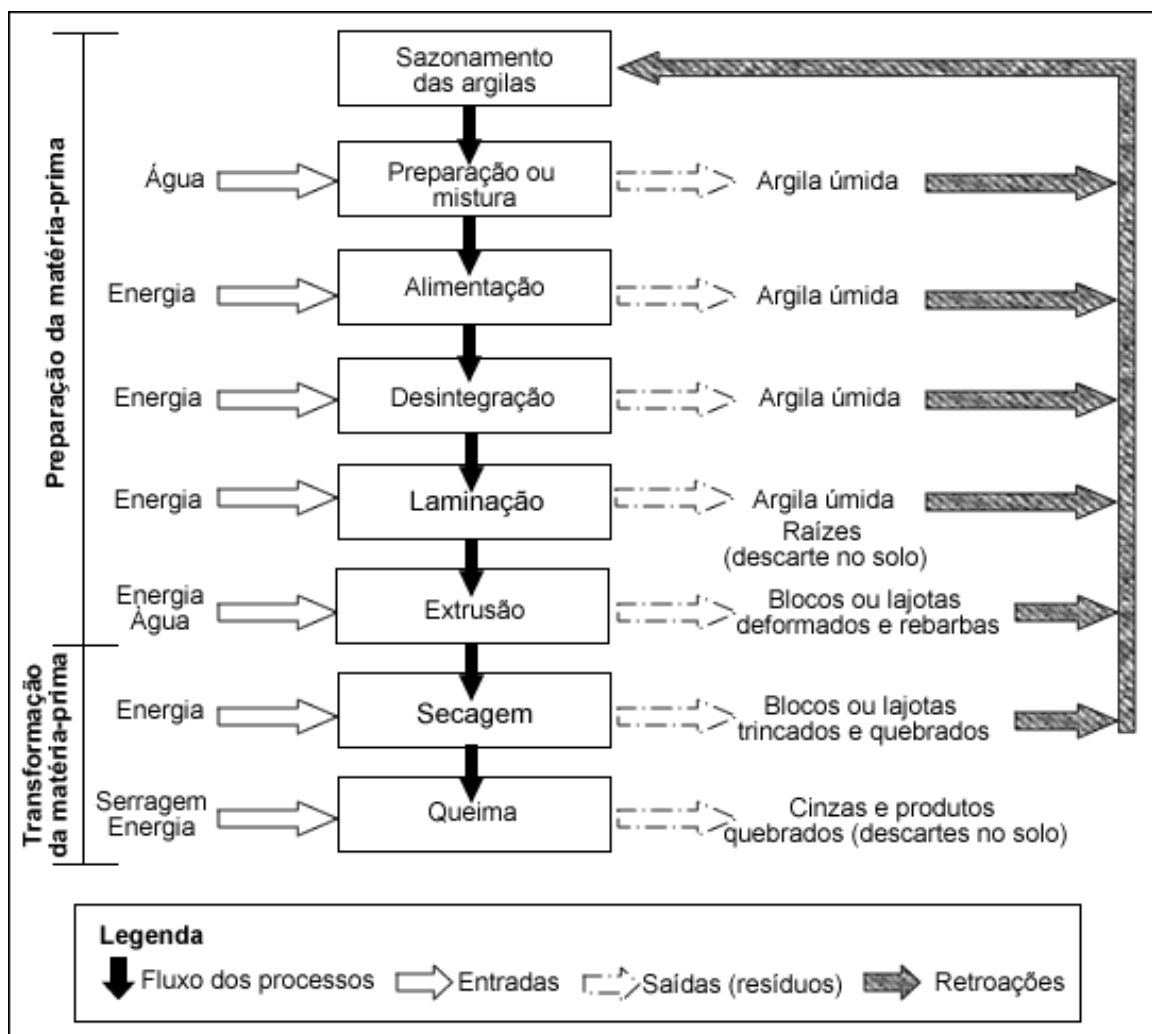
Fonte: elaboração dos autores (2016).

Portanto, em suma, a pesquisa realizou as seguintes etapas práticas: descrição do processo produtivo da empresa; identificação dos insumos que entram nos processos; identificação dos resíduos que saem dos processos e; identificação dos resíduos que são reintroduzidos no processo.

### 3.RESULTADOS

Após a investigação realizada sobre o processo produtivo da Cerâmica Vitória de Tangará-RN, os resultados obtidos foram os de que empresa, a exemplo das demais do ramo ceramista, tem adotado os seguintes passos de produção industrial: sazonalização das argilas, preparação ou mistura, alimentação, desintegração, laminação, extrusão, secagem e, por fim, queima. Na Figura 2 podem ser visualizadas, especificamente, por meio de um fluxograma, todas as etapas do processo produtivo da Cerâmica Vermelha Vitória, destacando-se as entradas de matéria-prima e insumos, saídas e retroações de resíduos.

Figura 2- Fluxograma das etapas do processo produtivo da Cerâmica Vitória com entradas de matéria-prima e insumos, saídas e retroações de resíduos.



Fonte: elaboração dos autores (2016).

A geração de resíduos (saídas na legenda do fluxograma) inicia-se da preparação, ou mistura da argila, até a queima. A vantagem é que a grande maioria dos resíduos gerados pela cerâmica vermelha são do tipo classe A, conforme a resolução CONAMA 307/2002. Na cerâmica todos os resíduos (com exceção das raízes) gerados da preparação ou mistura até o processo de secagem são reutilizados, sendo reintroduzidos no processo de sazonalização das argilas (Figura 3). Somente, os resíduos gerados na queima não são reintroduzidos no processo. No entanto, a geração de resíduos implica em desperdícios de argila, água, energia e serragem de madeira. E a empresa não tem se preocupado em reduzir os resíduos na fonte. Tal situação pode ser visualizada ao longo dos processos produtivos que serão descritos a seguir.

Figura 3- Resíduos da preparação ou mistura até o processo de secagem reintroduzidos no sazonalização das argilas



Fonte: pesquisa de campo 2016.

O sazonalização é a forma como a argila é estocada, para que possa decompor os sais solúveis e matéria orgânica presentes na sua composição (OLIVEIRA, 2011). Além disso, a exposição da argila a céu aberto contribui no processo de aeração e cura do material e auxilia na homogeneização e distribuição da umidade na massa argilosa (FEAM-MG, 2012). O sazonalização deve variar entre 6 meses a 2 anos (IOSHIMOTO; ZANDONI, 1991). Na empresa são estocados 3 tipos de argilas, sendo essas de origem de várzeas de rios, de barragens ou açudes da região. Há matéria-prima sazonalizada há 6 meses e até 5 anos, mas, a empresa tem usado estoques sazonalizados por apenas 1 semana. A ausência ou sazonalização inadequado pode explicar grande parte da geração de perdas que ocorrem ao longo dos processos produtivos de uma cerâmica vermelha (FEAM-MG, 2012).

Após o sazonalização, as argilas são encaminhadas para o processo de preparação ou mistura. Esse processo consiste em misturar as argilas com água por meio de pá de caçamba carregadeira. A umidificação das argilas ocorre através de mangueiras. A água é retirada de um poço localizado no terreno da empresa, cujo consumo não vem sendo mensurado. Após a mistura, a argila é descansada e depois transportada para o caixão alimentador (Figura 4). A entrada de argila estimado na alimentação é de 1.500 toneladas por mês.



Figura 4- Caixa alimentador da empresa



Fonte: pesquisa de campo (2016).

O caixão alimentador uniformiza o fluxo de entrada de argila e encaminha para a desintegração. O desintegrador desmancha os torrões de argila e transporta para a laminação para triturar ao máximo a argila, inclusive, alguma impureza (como raízes de plantas). Na empresa há dois laminadores e, entre eles, na esteira, há um funcionário que inspeciona a presença de raízes. As raízes retiradas são colocadas num galão de plástico (Figura 5). Tudo indica que a presença de tais raízes é devido ao uso de argilas pouco sazoadas. Como o processo de retirada de raízes é manual há possibilidades de algumas delas passarem pela inspeção e seguirem para outros processos, o que pode contribuir na geração de perdas de material e de produtos.

Figura 5 - Raízes de plantas retiradas na inspeção entre os laminadores



Fonte: pesquisa de campo (2016).

Após a laminação a argila é encaminhada para o processo de extrusão. A extrusora recebe a argila por meio do misturador que mistura e adiciona água na argila. A umidificação feita no misturador é rápida e só ocorre quando a argila está seca. Em segundos, a argila é passada para a extrusão. A umidade da argila deverá estar numa faixa que compreende 18 a 25% para entrar nesse processo, pois assim, permiti adequada passagem através do molde ou boquilha da máquina extrusora (TAPIA et al., 2000). A boquilha é o elemento essencial para a formação de peças extrudadas, a qual, consiste em uma placa perfurada com pequena conicidade para saída de massa (TUBINO; BORBA, 2006). Na empresa, após a boquilha da extrusora, tem ocorrido a geração de

blocos com deformações (Figura 6). Este problema pode ser influenciado pelas variáveis visualizadas no Quadro 2:

Figura 6- Material com imperfeições após a saída da boquilha da extrusora



Fonte: pesquisa de campo (2016).

Quadro 2 – Variáveis que influenciam na deformação de blocos no processo de extrusão

<b>Variáveis</b>
Perfil das velocidades de extrusão
Convergência ou divergência no avanço da coluna de massa
Velocidade de avanço centrais e periféricas da massa
Massa dura (muito seca) ou massa mole (muito úmida)
Consistência irregular ponto a ponto (massa sem sazonalidade)
Massa só de argila ou massa com estrutura interna
Velocidades de extrusão desencontradas provocam deformações sistemáticas

Fonte: Tubino e Borba (2006).

Dentre as variáveis representadas acima, constatou-se a presença de massa dura ou mole na extrusão porque a empresa não adota controle de umidade da argila nem no processo de preparação ou mistura, bem como, no processo de extrusão. Além disso, outra variável constatada, e já citada, é o uso de argila sem sazonalidade. Após a extrusão as peças cerâmicas moldadas são encaminhadas para a secagem. 50% das peças são submetidas a secagem natural, isto é, são colocadas em leiras em galpão coberto (Figura 7) e expostas as condições atmosféricas. O tempo de secagem das peças são de aproximadamente 24h. Nesta secagem tem ocorrido quebras de blocos devido sua disposição em local inadequado, como no chão da fábrica que apresenta desnivelamento. Segundo o administrador da empresa isso tem ocorrido porque tem faltado espaço para secagem

dos blocos. Os outros 50% das peças são colocados para secagem artificial (Figura 8). Esta secagem ocorre por meio de uma câmara, onde as peças são dispostas, mecanicamente, em prateleiras. Na câmara, entra ar quente reaproveitado da chaminé do forno da cerâmica. Na câmara há ventilação por 10 ventiladores móveis, o que contribui para que a secagem das peças dure cerca de 12h.

Figura 7- Blocos cerâmicos no galpão de secagem artificial (detalhe para os blocos empilhados em cima de leiras)



Fonte: pesquisa de campo (2016).

Figura 8 – Câmara de secagem artificial



Fonte: pesquisa de campo (2016).

Os empenamentos e trincas são problemas que têm ocorrido durante a secagem natural ou artificial. Tais problemas ocorrem devido a contração da massa. O empenamento é causado por tensões produzidas durante a formação das peças e, também, por diferença de secagem. As trincas são pequenas fissuras causadas pela secagem rápida. Geralmente se iniciam nas bordas e propagam-se até o centro da peça (TUBINO; BORBA, 2006).

Depois da secagem as peças são transportadas para o processo de queima no forno. O forno usado na queima é o contínuo do tipo Hoffmann. A serragem é o combustível usado pela cerâmica neste processo. Ela é procedente de várias serrarias da região e seu consumo tem sido de cerca de 6.500 sacos por mês, isto é, aproximadamente 110, 5 toneladas, visto que cada saco pesa em média

17kg. O processo de queima das peças dura aproximadamente 24h. Após o resfriamento das peças elas são imediatamente inspecionadas para investigar deformações, fissuras e peças quebradas. As peças quebradas têm sido depositadas no solo do terreno da cerâmica (Figura 9). O processo de queima é considerado um dos mais importantes porque eventuais defeitos originados nos processos anteriores revelam-se somente quando o material é queimado (TUBINO; BORBA, 2006).

Figura 9 – Peças quebradas depositadas no solo.



Fonte: pesquisa de campo (2016).

Gouveia e Sposto (2009), ao comentar sobre perdas nos processos de secagem e queima, apontam que o elevado teor de umidade também são fatores que podem estar contribuindo para crescer ao percentual das perdas, já que podem causar trincas na retração quando uma peça é submetida a secagem e/ou a queima. Importante ressaltar que as peças quebradas, após o processo de queima, podem ser recicladas. As peças quebradas, após moagem ou tritramento, são transformadas em chamote. O chamote pode ser inserido na mistura das argilas (JUNIOR et al., 2013). Gouveia e Sposto (2009) corroboram afirmando que, a utilização da quantidade correta do chamote na massa de produção pode corrigir problemas de alta plasticidade das argilas, além de ser capaz de diminuir a ocorrência de trincas por retração e aumentar a resistências dos produtos.

Diante de um primeiro diagnóstico preliminar, realizado sobre o processo de produção da cerâmica vermelha, constatou-se que a Cerâmica Vitória de Tangará-RN apresenta problemas quanto a geração de resíduos sólidos que precisam ser minimizados ou mitigados, ancorando-se numa Produção mais limpa que evite desperdícios e que valorize estratégias econômica, ambiental e tecnológica, tendo como foco central a redução de resíduos na fonte.

## 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que, o processo produtivo da Cerâmica Vitória, situada em Tangará-RN, tem gerado resíduos, principalmente sólidos, dos quais alguns são reintroduzidos no processo, mas ainda existem alguns que precisam ser minimizados e/ou mitigados, contribuindo assim para que se tenha uma produção mais sustentável de cerâmicos vermelhos, assentada numa Produção mais limpa.

Constatou-se, ainda, que a empresa não tem se preocupado em buscar a ecoeficiência para a produção por meio da prevenção da poluição, ou seja, dando prioridade com a redução frequente de resíduos no decorrer da produção ou na fonte. Nesse sentido, a aplicação de técnicas de Produção mais limpa pode contribuir para a redução de resíduos que ainda vêm sendo gerados nos processos produtivos da cerâmica, pois ela objetiva o uso eficiente de insumos para reduzir a poluição durante o processo de maneira preventiva e não somente no fim de tudo.

Recomenda-se à Cerâmica Vitória a proposição e a implantação de técnicas de Produção mais limpa, como boas práticas operacionais e mudanças tecnológicas no processo produtivo com o propósito de diminuir os desperdícios de insumos e matérias-primas, uma vez que este estudo focou-se em investigar a geração de resíduos na produção de cerâmicos.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA (ANICER). **Relatório anual**. 2014. Disponível em: <[http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2015/09/relatorio\\_2014.pdf](http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2015/09/relatorio_2014.pdf)> Acesso em: 12 out. 2015.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 17 de jul. 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 08 mai. 2016.
- \_\_\_\_\_. **Lei 12.305 de 02 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. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147, p. 3, 03 de agosto de 2010.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS (FEAM-MG). **Plano de ação para adequação ambiental e energética das indústrias de cerâmica vermelha no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2012.
- GOUVEIA, F. P.; SPOSTO, R. M. Incorporação de chamote em massa cerâmica para a produção de blocos. Um estudo das propriedades físico-mecânicas. **Cerâmica** [online], vol.55, n.336, p. 415-419, 2009.
- IOSHIMOTO, E. ZANDONADI, A. R. **Cerâmica vermelha**. Curso internacional de treinamento em grupo em tecnologia cerâmica. São Paulo: IPT/ JICA, 1991.
- JUNIOR M.F. H. et al. **Manual de eficiência energética na indústria de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: INT/MCTI, 2013.
- MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à Luz da Produção mais limpa. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.13, n. 4, p. 1355-1380, out./dez. 2013.
- OLIVEIRA, A. A. **Tecnologia em cerâmica**. Criciúma – SC: Editora Lara, 176 p. 2011.
- SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO RIO GRANDE DO NORTE (SEBRAE-RN). **Diagnóstico da indústria de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte**. Relatório final. Natal, 2013.
- TAPIA, R.S.E.C. et al. **Manual para a indústria da cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 2000.

TUBINO, L.C.B; BORBA, P. **Etapas do processo cerâmico e sua influência no produto final:** massa, extrusão, secagem e queima. Dossiê Técnico SENAI. Rio Grande do Sul, 2006.

UNEP. **Government strategies and policies for cleaner production.** UNEP Industry & Environment, Paris, 1994.

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 e 2004. **Journal of Cleaner Production** v. 15, p. 741-755, 2007.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 10. ed. São Paulo, 2009.

## **5.2.GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALGUMAS PROPOSTAS EM UMA EMPRESA DE NATAL-RN**

**OLIVEIRA, Gislane Batista de**

Especialista

Instituto Federal do Rio Grande do Norte (DIAREN/IFRN)

lane\_olive@hotmail.com

**REIS, Leci Martins Menezes**

Doutora

DIAREN/IFRN

leci.reis@ifrn.edu.br

### **RESUMO**

Este artigo trata do acúmulo dos resíduos sólidos da construção civil, tendo por objetivo geral propor um plano de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil de uma empresa de Natal-RN. Na metodologia foi realizada uma pesquisa exploratória por meio de visita ao empreendimento e pesquisa bibliográfica. Os resultados indicam que a empresa dispõe de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, de acordo com o estabelecido na resolução CONAMA 307/02, porém apresenta algumas falhas na execução. Por fim, foram sugeridas melhorias que visem à redução e o reaproveitamento dos resíduos gerados, em parceria com todos os colaboradores, cruciais para minimizar os impactos ao meio ambiente e a reduzir os gastos na construção do empreendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão; Resíduos; Construção civil.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma importante atividade para o desenvolvimento econômico e social, nas diversas escalas, local, estadual e global, na medida em que se podem elevar taxa de emprego, quando empreendimentos são construídos, principalmente aumenta a demanda de mão-de-obra local, além de valorizar as áreas onde imóveis estão sendo edificados, dentre outras vantagens socioeconômicas e ambientais. Por outro lado, tem sido considerada como uma das atividades que mais provoca impactos ao meio ambiente, em função do consumo de recursos naturais, geração de resíduos e mudança da paisagem e na maioria das vezes ausência de práticas de gestão ambiental adequada a essa atividade.

Visto que a gestão ambiental representa as diretrizes e as atividades administrativas e operacionais com o objetivo de se ter efeitos positivos sobre o meio ambiente, reduzindo ou eliminando os problemas provocados pelas ações humanas, e quando inter-relacionadas formam um sistema de gestão ambiental (BARBIERI, 2011). Sua aplicação visa minimizar os impactos ambientais gerados pelos efluentes e resíduos sólidos, numa empresa. Os resíduos sólidos oriundos de atividades humanas vêm interferido no meio ambiente, devido ao crescimento dos centros urbanos e a especulação do mercado imobiliário. Os resíduos que podem ser sólidos ou semissólidos, classificados em: domiciliar, comercial, industrial, hospitalar, público, feiras e mercados e especial no qual está inserido o entulho (PHILLIPI JR. et al., 2014).

De acordo com a lei que define a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos de construção civil (RCC) conceitua-os como oriundos das construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010). Nesses resíduos podem conter materiais como: tijolos e revestimentos cerâmicos provenientes de demolição de concreto e alvenaria, sucata metálica, madeira e embalagens em geral (PHILLIPI JR. et al., 2005). Os RCC gerados podem representar mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos, estimando-se uma média de 450 Kg/habitante/ano, variando de acordo o cenário urbano (ÂNGULO, et al., 2011), podendo, na maioria das vezes, ocasionar grandes transtornos para os moradores no local e proximidades, pois com o manejo incorreto torna-se abrigo para insetos, roedores, além de possibilitar a ocorrência de acidentes e comprometer o trânsito, tanto de veículos como de pedestres e ou cadeirantes (PHILLIPI JR. et al., 2014).

No cenário mundial existem diversos países como Estados Unidos, Alemanha, Holanda e Suécia que há vários anos se preocupam com a redução do consumo dos recursos naturais da construção civil e por isto vem expandido a reciclagem dos resíduos das construções civil (PHILLIPI JR. et al., 2014). No Brasil a situação sobre a geração de resíduos é diferente em relação a outros países, por ainda não ter um bom desempenho na minimização do consumo de recursos naturais e na disposição adequada (FDC, 2013). Além disso, a indústria da construção no Brasil tem gerado considerável quantidade de resíduos sólidos, embora tenha destacado elevados investimentos, de aproximadamente R\$ 25,8 bilhões, na área de construção civil, nos últimos anos, tem-se propiciado o crescimento dessa atividade no Brasil, e em regiões consideradas excluídas, tal como, em partes do



nordeste brasileiro, com obras de infraestrutura de projetos de ampliação e de modernização de rodovias, ferrovias, hidrovias, portos, além de construções horizontais e verticais (ABP, 2014).

No Rio Grande do Norte (RN) a situação sobre a geração de resíduos não é divergente do nacional, pois nas últimas décadas, vem ocorrendo uma grande expansão no ramo imobiliário, principalmente em Natal, atraindo grandes construtoras para esse município e conseqüentemente gerando grandes volumes de resíduos. Dados do Instituto Brasileiro de Pesquisa (BRASIL, 2010; 2011) comprovaram esta realidade no RN, revelando que quase 50% dos resíduos de construção não possuem planos de gestão para destinação correta, sendo dispostos em terrenos baldios, lixões a céu aberto. Frente a essa situação ambiental, o estado potiguar, não apresenta um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC).

Mesmo com o crescimento no desenvolvimento do gerenciamento dos resíduos sólidos dentro das empresas, o volume de resíduos gerados pelo setor ainda é alto, provocando poluição, aumento de custos de construção e custos públicos de disposição dos resíduos. Isto porque há muitas construtoras que ainda acreditam que a utilização de agregados produzidos a partir de reciclagem é um fator negativo à qualidade técnica dos serviços, em especial pela resistência ao uso de novas tecnologias e pela possibilidade de não gerarem vantagens financeiras. Porém, com ações como a redução do volume de resíduos a descarte, da minimização no consumo de matérias (brita, areia, etc.), do número de acidentes, devido à limpeza e organização local de trabalho, dentre outras, proporcionam redução nos custos para as construtoras (PARANÁ, 2010).

Diante deste cenário, muitas construtoras estão investindo de forma gradativa na gestão dos resíduos de construção e demolição e conseqüentemente minimizando o consumo de recursos naturais, através do reaproveitamento dos resíduos. Além disto, diminui os gastos com a destinação de resíduos sólidos em aterros sanitários ou que sejam colocados em locais inadequados (BOURSCHEID; SOUZA, 2010). Estes objetivos são alcançados por meio de novas tecnologias em conjunto com a sensibilização dos funcionários. De um modo geral a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 307/02), destaca o gerenciamento dos resíduos que é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, práticas e procedimentos, além de recursos para a implantação e desenvolvimento do projeto (IPEA, 2012). Os sistemas de gestão de resíduos de construção civil são fundamentais para que os empreendimentos minimizem a utilização de materiais como cimento, areia, tijolo, entre outros, além da redução no consumo da água e energia, e aumento da disposição de entulhos no meio ambiente. Como resultados têm-se menores impactos ao meio ambiente e a longo médio e longo prazo redução dos custos na realização da obra.

Por essa lógica, conhecê-lo e diagnosticar os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para PGRCC, visto que a empresa de construção civil, objeto deste estudo, não possui elaborada a etapa necessária para a implantação de projeto de gestão dos resíduos, evidenciando quais ações devem ser praticadas para minimização da geração de resíduos e realização acondicionamento e destinação final adequado. Mediante a essa problemática, pergunta-se que proposta de um plano de gerenciamento poderá contribuir na redução de geração de resíduos sólidos da construção civil de uma empresa de Natal-RN? Para responder a pergunta

norteadora do problema, este artigo teve como objetivo geral propor um plano de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil de uma empresa de Natal-RN.

## 2.METODOLOGIA

Para a elaboração do plano de gerenciamento dos resíduos, partiu-se inicialmente de pesquisa bibliográfica (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010) sobre a temática, em livros, periódicos e internet, concomitante com a coleta dos dados para a elaboração do PGRCC que foram obtidos com ida ao empreendimento da construtora.No decorrer da visita, foram realizadas observações não participantes e participantes acompanhadas por dois funcionários da empresa, responsáveis pelo setor de qualidade, sendo um auxiliar de engenharia e um técnico em segurança do trabalho, disponibilizaram os dados sobre os resíduos da empresa. Foram obtidos os tipos e quantidade de resíduos gerados dentro da empresa, além da disposição, tratamento e disposição final dos resíduos.Tomando como base estudos do Ipea (2012) e do PGRS já desenvolvido no empreendimento, foi analisado a sua aplicação para apontar algumas medidas de controle como melhorias no local da obra.

## 3.RESULTADOS

Para auxiliar na solução da geração e destino dos RCC no Brasil o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou a resolução 307/02. Os resíduos gerados são classificados em classe A, B, C e D (Quadro 1). A classe A corresponde os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados que são materiais granulares, sem forma e volume definidos. Esses são oriundos da: construção, da demolição, de reformas e de reparos de pavimentação dentre outras obras de infraestrutura, tais como solos provenientes de terraplanagem; construção, demolição, reformas e reparos de edificações, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; e de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras; a classe B são os resíduos recicláveis para outras destinações, como: plástico, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; a Classe C é representada pelos resíduos que não podem ser reciclados/recuperados por não ainda não ter desenvolvido tecnologias ou ter aplicações economicamente viáveis para esses procedimentos, como é o caso de produtos advindos do gesso; a classe D, identificados como perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, sendo oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas, objetos e materiais que contenham amianto ou outros.

No ano de 2004 a resolução CONAMA nº 348/2004, complementou a resolução 307/2002 inserindo o amianto no grupo dos resíduos perigosos. Outra alteração foi realizada pela resolução nº 431/2011 sobre a classificação da resolução CONAMA 307/2002, transferindo o gesso da classe C para a classe B. O quadro 1 apresenta a classificação dos resíduos de construção de acordo com as resoluções já citadas.

Quadro 1– Classificação dos resíduos de construção

<b>Classe</b>	<b>Origem</b>	<b>Tipo de resíduo</b>
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Pavimentação dentre outras obras de infraestrutura, tais como solos provenientes de terraplanagem; construção, demolição, reformas e reparos de edificações, componentes cerâmicos, argamassa e concreto; e processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto
B	Resíduos recicláveis para outras destinações	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Sem especificação na resolução
D	Perigosos oriundos do processo de construção. Contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, bem como telhas e demais objetos e materiais com amianto ou outros	Tintas, solventes, óleos, etc. Telhas e demais objetos e materiais com amianto ou outros

Fonte: Resolução CONAMA n° 431/2011.

Os resíduos de classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos sólidos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; nos resíduos classe B o destino também é a reutilização, reciclagem ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura; nos resíduos classe C deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas; os resíduos classe D deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (CONAMA, 2002), conforme Quadro 2, em que se classifica a destinação final dos resíduos de construção.

Quadro 2– Classificação dos resíduos de construção

<b>Classe</b>	<b>Destinação</b>
A	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos sólidos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Reutilização, reciclagem ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Armazenamento, transporte e destinação em conformidade com as normas técnicas específicas
D	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação em conformidade com as normas técnicas específicas

Fonte: Resolução CONAMA n° 307/2002.

Para a elaboração de um PGRCC em um canteiro de obra que envolva todas as classes dos resíduos sólidos de construção civil tomou-se como base a princípio a resolução CONAMA 307/02, que descreve as etapas de um projeto de gerenciamento de resíduos de construção civil e a metodologia do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará (Sinduscon-CE, 2011). A resolução supracitada define que o projeto de gerenciamento de resíduos é composto por cinco etapas: caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (Quadro 3), definindo cada etapa.

Quadro 3 – Etapas do PGRCC

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
Caracterização	O gerador deverá identificar e quantificar os resíduos
Triagem	Ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos
Acondicionamento	Fazer o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem
Transporte	Deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos
Destinação	Realizada de acordo com o estabelecido nesta Resolução

Fonte: Resolução CONAMA n° 307/2002.

A ideia central da proposta de PGRS é descrever as etapas necessárias para a implantação de projeto de gestão dos resíduos, evidenciando quais ações devem ser realizadas, visando principalmente minimizar a geração de resíduos e o acondicionamento e destinação final adequado. Na primeira etapa a caracterização dos resíduos, identificando a quantidade de resíduos gerados de cada classe. Para o levantamento do volume dos resíduos utilizam-se formulários de produção que são preenchidos mensalmente por exigência do órgão municipal fiscalizador, durante toda a construção do empreendimento;

Na segunda etapa a triagem ou separação dos RCC. Os funcionários deverão realizar a separação dos resíduos de acordo com a classe mediante a orientação de um profissional treinado. Dessa forma os resíduos inertes que apresentam maior capacidade de reciclagem não se misturam com os resíduos contaminados evitando que material após a reciclagem tenha uma baixa qualidade; Na terceira etapa os resíduos já previamente separados devem ser acondicionados em recipientes de acordo com a finalidade de cada resíduo e com a devida sinalização do tipo do resíduo. Esta sinalização foi determinada pela resolução 275/2001, do CONAMA. Os representantes de resíduos da classe B (metal, madeira, vidro, etc.) podem ser depositados em bombonas revestidas com sacos de ráfia, facilitando na retirada do resíduo. Essas bombonas poderão ser dispostas no espaço da obra, em locais de fácil acesso para os funcionários. Isto também vale para os resíduos das classes C (gesso) e D (perigosos).

Na quarta etapa o transporte interno e externo dos resíduos. No interior da obra temos o deslocamento horizontal dos resíduos por meio de carrinhos de mão; e o deslocamento vertical realizado tubos condutores de entulho. O transporte externo é feito por empresas de resíduos de construção contratadas pela construtora e credenciadas pelo órgão municipal fiscalizador. E por fim, a quinta e última etapa destinação final. Nesta fase os resíduos que não forem reaproveitados devem ser coletados por uma empresa que tenha licença ambiental. No empreendimento em estudo a empresa terceirizada, prestadora de serviço, que coleta o resíduo atende a esta exigência. Lembrando que o mais importante é o reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos, com exceção dos resíduos perigosos. Para a redução na geração dos resíduos têm-se algumas sugestões:

- produzir a quantidade de argamassa necessária para o dia de serviço;
- deslocar os materiais de forma adequada dentro da obra, evitando perdas;
- preocupar-se com perdas, por parte dos funcionários, independente de ter grande material armazenado em estoque;
- responsabilidade no momento da construção para que não ocorra falhas, pois além da perda da matéria-prima, perde-se também tempo para a conclusão do serviço.

Como no atual PGRS do referido empreendimento o foco são os resíduos classe A, segue algumas alternativas para os outros resíduos gerados na obra:

- madeira que não tiver mais uso na obra poderá ser destinada para outras empresas que utilizarão como combustível, ou se triturada usar na fabricação de papel e papelão;

- papel/papelão podem ser destinados para os catadores (cooperativas), seguindo para as indústrias, onde é desfibrado e novamente convertido em papel ou papelão (BOURSCHEID; SOUZA, 2010);
- vidro pode ser reciclado em um novo vidro, fibra de vidro, etc.;
- gesso pode ser transformado em pó de gesso e reutilizado ou para corrigir o solo;
- resíduos perigosos devem ser incinerados.

### 3.1 Programa de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos

De acordo com os dados do PGRS encontrado no empreendimento em estudo (Quadro 4), os resíduos devem passar por uma separação, acondicionamento, tratamento e destino ambientalmente corretos. Percebe-se inicialmente que a obra cumpre de um modo geral com as exigências da legislação vigente.

Quadro 4 – Etapas do PGRS desenvolvido na empresa

Resíduo	Origem	Classe	Armazenamento	Destinação
Madeira	Carpintaria	B	Coletores apropriados, identificados e colocados em baias de resíduos ou caçambas com tampa, devidamente identificada	Aterro sanitário ou para processos de reutilização em que empresas que utilizem madeira no processo de queima, fornos ou comunidade
Tonner e cartucho usados	Administrativo	B	Remanufaturado e acondicionado por tempo indefinido	reciclados
Lâmpada fluorescente	Canteiro de obra	D	Caixa de madeira, preservando a integridade do seu conteúdo, é armazenada temporariamente na área pra resíduos perigosos	Empresa recicladora ou aterro industrial
Lata de tinta	Serviço de pintura	D	Coletores apropriados e identificados como resíduo perigoso	Aterro industrial, célula de resíduo classe I (perigosos) ou incineração
Orgânico	Alimentação	A	Coletores apropriados, identificados e colocados separadamente para recolhimento da prefeitura	Aterro Sanitário
EPI's sem contaminação perigosa	Funcionário no canteiro de obras	A	Tambores, contêineres apropriados, identificados, colocados em baias de resíduos ou caçambas com tampas, devidamente	Venda a empresas recicladoras e ou disposição em aterro

		identificados		
EPI's contaminados com resíduo perigoso	Funcionário no canteiro de obra	D	Coletores apropriados e identificados como resíduo perigoso	Aterro industrial, célula de resíduo classe I (perigosos) ou incineração
Aterro	Escavações	A	Caçambas devidamente identificadas.	Os resíduos segregados são encaminhados ao aterro sanitário a fim de promover a reciclagem ou reaproveitamento do material
Papel papelaço plástico Vidro metal	Canteiro de obras	B	Tambores ou contêineres apropriados e identificados e colocados em baias de resíduos ou caçambas com tampas, devidamente identificada	Os resíduos segregados são encaminhados para empresas especializadas e licenciadas a fim de promover a reciclagem do material ou doação

Fonte: A Autora (2014).

Ao observar o empreendimento foram encontradas algumas não conformidades na execução do PGRS, descritos a seguir.

### 3.2.Segregação e Acondicionamento dos Resíduos

Observou-se que os resíduos de classe A como agregados não tem qualquer tipo de aproveitamento dentro do empreendimento, (Figura 1). Por esta razão não há segregação, pois até as embalagens de cimento que poderiam ser recicladas são descartadas. Com o reaproveitamento deste tipo de resíduo diminuiria o consumo de matéria-prima e conseqüentemente os custos da empresa.

Figura 1 – Caçamba de resíduos de classe A



Fonte: A Autora (2014).

Os resíduos de papel, papelão, plástico, vidro, metal e orgânicos são segregados em lixeiras instaladas dentro do empreendimento, com boa participação dos colaboradores (Figura 2). Com exceção dos resíduos orgânicos que muitos colaboradores levam para suas residências a fim de alimentar os animais, os outros resíduos posteriormente destinados para uma cooperativa.

Figura 2 – Lixeiras para coleta seletiva



Fonte: A Autora (2014).

Os resíduos perigosos que envolvem Lâmpadas fluorescentes, Latas de tintas contaminadas, EPI's utilizados (com contaminação com resíduos perigosos), separados dos outros resíduos e acondicionados em bombonas (Figura 3). Todos os recipientes para coleta dos resíduos estão em locais de fácil acesso para os funcionários que são devidamente orientados sobre a destinação correta.

Figura 3 – Bombona com resíduos perigosos



Fonte: A Autora (2014).

### 3.2 Transporte e Destinação Final

De acordo com relatos do auxiliar técnico o transporte interno não apresenta problemas, sem ocorrer grandes perdas de material, havendo com maior frequência o deslocamento vertical. O



transporte externo é feito por três empresas que são devidamente regulamentadas. A transportadora que recolhe os resíduos perigosos também faz o tratamento e destinação final do mesmo.

Como o volume de resíduos orgânicos é pequeno a gestão pública local se responsabiliza pela destinação final, recolhendo os resíduos. A terceira e última transportadora contratada pela empresa faz a coleta do entulho (agregados, madeira, EPI'S não contaminados e aterro) e destina para uma usina de reciclagem da construção.

Ocorre certo trabalho de conscientização sobre educação ambiental a sensibilizar os colaboradores sobre a importância de sua participação e responsabilidade na gestão dos materiais recicláveis e orgânicos produzidos na empresa, reduzindo a geração de resíduos, separando os resíduos, preservando o meio ambiente e a melhoria de vida da sociedade (MORO et. al., 2012).

Por essa lógica, funcionários da empresa são estimulados algumas vezes a refletirem sobre geração de resíduos e de consumo em geral, porém, a educação ambiental deve ser um processo contínuo com realização de dinâmicas e treinamentos que orientem e motivem sempre os colaboradores para o cumprimento do PGRS.

#### **4.CONCLUSÕES**

À guisa de conclusão aponta-se que para uma gestão adequada dos resíduos sólidos na empresa ainda encontra obstáculos como o desconhecimento da natureza dos resíduos, a ausência de cultura de separação e a utilização de novos materiais no processo de construção que muitas das vezes é desconhecido, dos trabalhadores e gestores, os problemas que podem causar quando disponibilizados inadequadamente, bem como a classificação dos resíduos legalmente (IPEA, 2012). Verificou-se pouca ênfase na triagem do entulho, concreto, argamassa, tijolo cerâmico, dentre outros resíduos, isso porque não é realizado qualquer tipo de reaproveitamento desses resíduos in loco, sendo que, em algumas situações restos de papelões, madeira, entre outros materiais foram destinados junto com o entulho, e chegando ao destino final que é a usina, os resíduos são selecionados para posterior comercialização. O acondicionamento de todos os resíduos seguiu o estabelecido no PGRS em conformidade com a legislação. O transporte e a destinação final dos resíduos foram efetuados com êxito, pois as empresas são regulamentadas e fiscalizadas a fazerem a disposição adequada dos materiais.

Há necessidade de integrar na gestão ambiental, a ferramenta educação ambiental no dia-a-dia dos colaboradores, desde que o corpo técnico se mostre empenhado em cumprir o PGRS como todo. Sendo assim, o atual PGRS deve ser revisto, desenvolvendo gestão e prática alternativa associada à educação ambiental minimizará os impactos ao meio ambiente e reduzirão os custos da construtora, pois a redução do uso dos recursos naturais poderá reduzir a geração de resíduos, com essa prática de gestão ambiental dos resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

- ÂNGULO, Sérgio Cirelli, et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Eng Sanit Ambient**, v.16 n.3. jul/set, 2011. p.299-306. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2016.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO. **Anuário Brasileiro de proteção 2014**. Novo Hamburgo-RS: ANB, 2014 Disponível em: < <http://www.protecao.com.br>>. Acesso em: 23 ago. 2014.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2011.
- BOURSCHEID, J. A.; SOUZA, R. L. **Resíduos de construção e demolição como material alternativo**. Florianópolis: IF-SC, 2010.
- BRASIL. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. Brasília: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2014.
- \_\_\_\_\_. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307/2002. **Diário oficial da União**, 17 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2014.
- \_\_\_\_\_. Resolução nº 348/ 2004. **Diário oficial da União**, 17 de agosto de 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2014.
- \_\_\_\_\_. Resolução nº 431/ 2011. **Diário oficial da União**, 25 de maio de 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2014.
- CONGRESSO NACIONAL: LEI 12.305/2010. **Diário oficial da União**, 03 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2014.
- PARANÁ. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Curitiba, PR, 2010.
- FRIGO, J. P.; SILVEIRA, D. S. Educação ambiental e construção civil: práticas de gestão de resíduos em Foz do Iguaçu-PR. **Monografias Ambientais**, Foz do Iguaçu, v. 9, n. 9, p. 1938-1952, 2012. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas>>. Acesso em: 05 maio 2014.
- FUNDAÇÃO DOM CABRAL. **Gestão de resíduos na construção diante da nova legislação**. Disponível em: <<http://www.fdc.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2014.
- IPEA. Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil. Brasília, DF: Ipea, 2012.
- JARDIM, V. L.; FOFONKA, L. Educação ambiental e gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição no município de Canoas/RS. **Educação Ambiental em Ação**, Canoas, n. 44, jun. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaea.org>>. Acesso em: 08 jul. 2014.
- KAUARK, Fabiana; MANHÃES Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. Metodologia da pesquisa: guia prático. Itabuna, Bahia: Via Litterarum, 2010.
- MANSOR, M. T. C. et al. **Cadernos de educação ambiental: resíduos sólidos**. São Paulo, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Princípio dos 3 R's**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

MORO, P. D. et al. Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa de construção e manutenção de redes de distribuição de energia elétrica. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO MABIENTE**, 3., Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: < <http://www.proamb.com.br>>. Acesso em: 03 set. 2014.

PHILLIPI JR., A. et al. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2014.

\_\_\_\_\_. **Saneamento, saúde e meio ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.

RAMOS, G. G C.; CAMPANI, D. B. Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos de uma empresa do ramo de construção civil de infraestrutura. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL**, 8., 2012, Porto Alegre. ABES, 2012.

REZENDE, L. A. L.; MARIALVA, M. A gestão de resíduos de construção e demolição sob perspectiva do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2013, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: ABEPRO, 2013.

SINDUSCON. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil**. Fortaleza, CE: SINDUSCON, 2011.

## 5.3.AVALIAÇÃO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO RECIFE, PANORAMA DA ORIGEM AO DESTINO

**BARROS, Eliabe Ferreira de**

Graduando

Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU)

eliabeb89@gmail.com

**DE QUEIROZ, Andressa Ribeiro**

Doutora

UNINASSAU

arqueirozconsult@gmail.com

### RESUMO

As questões ambientais têm ocupado gradativamente mais espaço nos problemas dos países, desenvolvidos ou não. A quantidade de resíduos deixados por construções é cerca de cinco vezes maior do que de produtos. Pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307/02, estes dejetos necessitam que sejam reciclados, mesmo após terem sido encaminhados para aterros temporários. Este estudo busca avaliar o fluxo dos Resíduos da Construção Civil no Recife a fim de verificar a conformidade dos procedimentos de gestão com as legislações vigentes, comparar as taxas de geração, coleta e reciclagem com as nacionais e estaduais para estabelecer a quantidade de resíduos depositados de forma irregular na cadeia logística. Para isto foi realizada uma pesquisa bibliográfica em legislações buscando apontar definições de como deve ser a gestão, também foi realizada uma entrevista com a gerente geral de planejamento e controle da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife sendo possível discriminar a gestão e os quantitativos de resíduos da construção. Assim foi estabelecido uma visão panorâmica da gestão destes resíduos, que estão em conformidade com as legislações e apontar os principais agentes envolvidos. Com os dados quantitativos foi possível identificar que há 355.437 ton de resíduo da construção depositados irregularmente e identificar como está o funcionamento das Ecoestações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Ambiental, Sustentabilidade, Reciclagem de RCC.

## 1.INTRODUÇÃO

A intensificação de ações que fazem o entrosamento das questões econômicas, sociais e ambientais tem-se tornado uma constante no ambiente empresarial, principalmente depois de acordos, convênios e legislações em prol a sustentabilidade. São perceptíveis os grandes avanços nas diversas indústrias em torno da sustentabilidade e na construção civil esta temática consolida-se fortemente (YEMAL et al., 2011).

Segundo Yemal et al., (2011) a construção civil é uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, também é grande geradora de impactos ambientais quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Maia Neto (2016) afirma que as questões ambientais têm ocupado gradativamente mais espaço nos problemas dos países, desenvolvidos ou não. Este problema está relacionado à quantidade de resíduos deixados por construções. O autor afirma que o volume de resíduos é cerca de cinco vezes maior do que de produtos, e neste sentido a temática está se tornando um dos eixos de discussões mundiais ligados à sustentabilidade.

John (2000) afirma que uma das formas de solucionar os problemas da geração de Resíduos da Construção Civil - RCC é a reciclagem, em que a construção civil tem um grande potencial de utilização dos resíduos, uma vez que ela chega a consumir até 75% de recursos naturais.

“Os resíduos de construção e demolição são parte dos resíduos sólidos urbanos que incluem também os resíduos domiciliares com todos os problemas anteriormente relatados. Porém, para os resíduos de construção e demolição há agravantes: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento fazem com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, veem a ineficácia de suas ações corretivas.” (PINTO, 1999, p. 2)

As legislações no Brasil foram definidas somente em 2002 quando foram lançadas as diretrizes acerca do gerenciamento dos Resíduos da Construção civil, quando da publicação pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, da Resolução nº 307, de 05 de junho de 2002.

A resolução do Conama nº 307, de 5 de julho de 2002, enquadrou os resíduos da construção civil nas seguintes categorias:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Se não for seguido o proposto na resolução os resíduos podem ser dispostos irregularmente no meio ambiente e gerar diversos impactos ambientais degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar e servir de ambiente para proliferação de vetores como mosquitos, baratas e roedores nos centros urbanos entre outros (BESEN, 2011).

Portanto, tem-se como objetivo deste estudo avaliar o fluxo dos resíduos da construção civil no Recife a fim de verificar a conformidade dos procedimentos de gestão com as legislações vigentes, comparar as taxas de geração, coleta e reciclagem com as nacionais e estaduais para estabelecer a quantidade de resíduos depositados de forma irregular na região metropolitana de Recife, Pernambuco, Brasil.

## **2.METODOLOGIA**

Este estudo é uma pesquisa exploratória que segundo Gil (2002) tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições a fim de consolidar a aproximação conceitual do assunto à realidade.Quanto aos procedimentos técnicos utilizados foi realizada uma pesquisa bibliográfica que é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos (GIL, 2002).

Também foi realizada uma entrevista semiestruturada que pode ser entendida como a técnica que envolve duas pessoas numa situação "face a face" e em que uma delas formula questões e a outra responde (GIL, 2002). Nesse sentido foi realizada uma entrevista com Lima (2016), gerente geral de planejamento e controle da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife - EMLURB que descreveu o gerenciamento e a trajetória dos resíduos.

Para o levantamento dos dados quantitativos dos resíduos gerados pelos grandes produtores, foram usadas informações dos relatórios fornecidos pelas empresas cadastradas na Emlurb para transporte de RCC.Para análise dos dados foram elaborados planilhas e gráficos utilizando o programa Excel 2007 onde se buscou conflitar os dados obtidos nos questionários com as taxas levantados na pesquisa bibliográfica.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagnóstico dos RCC visa assessorar os gestores na construção do planejamento estratégico e incluir a sociedade na gestão ambiental, cobrando das autoridades e do mercado atitudes sustentáveis (STRAUCH, 2008). Uma das formas de melhor realizar a gestão dos RCC é utilizando a Logística Reversa que se apoia nas recentes legislações instituídas no Brasil regularizando e orientando, segundo os objetivos de criação, as empresas e órgãos da administração pública a adotarem medidas corretas de tratamento dos resíduos na construção.

A Lei Federal 12.035 (2010) Institui a Política nacional de resíduos sólidos e a Resolução Conama 307 (2002) Traz no *caput* que a responsabilidade pelos resíduos é do gerador. Este é um marco bastante importante, pois antes da lei, as empresas despejavam os resíduos, em sua maioria, em locais impróprios e impossibilitando o poder público de gerenciar e punir os gestores que colocavam os resíduos em locais impróprios. Em relação à destinação dos RCC na grande Recife, Lima (2016) afirmou que os resíduos estão sendo destinados à Central de Tratamento de Resíduos - CTR Candeias, à empresa Ciclo Ambiental e outras recicladoras de resíduos classe B, cumprindo o estabelecido na Resolução Conama 307 (2002), que em última instância todos os resíduos de Classe A e B deverão ser armazenados para uso ou reciclagem no futuro e os de classe C e D destinado conforme norma específica.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, determinando pela Lei Federal 12.305 (2010) prioriza o tratamento dos resíduos em: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Neste estudo foi levantadas informações sobre as quantidades geradas, recicladas e qual a disposição final. Em cumprimento a Resolução Conama 307 (2002), a Lei Municipal do Recife nº 17.072 (2005), regulamenta a divisão dos geradores em grandes e pequenos usando o limite de 1m<sup>3</sup>/dia para o pequeno gerador e acima disto classifica como grande gerador.

A responsabilidade dos grandes geradores de resíduos deve iniciar com a submissão do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PGRCC na solicitação de alvará de construção. Os resíduos devem seguir com a separação na origem, transporte somente por empresas cadastradas no órgão de limpeza pública Emlurb. Para todas as empresas é necessário comprovar a destinação final adequada para obter o alvará e certidão. Cabe à Emlurb a fiscalização realizada, que se mostra adequada por contemplar várias etapas no caminho do resíduo, com exceção de quando o resíduo é reutilizado na própria obra. Caso seja encontrada desvios nestes procedimentos, a empresa fica sujeita à notificação de advertência, multa, suspensão e cassação.

Segundo Lima (2016), para os pequenos geradores, foram criados pela Emlurb oito Postos de Recebimento de Resíduos - PRR em Recife, mais conhecidos como Ecoestações, onde as empresas poderão depositar até 1m<sup>3</sup> por dia de resíduos em geral, exceto resíduos hospitalares. Nas Ecoestações existem também Postos de Entrega Voluntária - PEV, nos quais poderão ser entregues resíduos recicláveis já separados na origem (EMLURB, 2016). O relatório anual publicado pela Abrelpe (2015) traz a estimativa para Pernambuco, Nordeste e Brasil em relação ao que foi coletado de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU (Tabela 1) e o que foi coletado de RCC (tabela 2).

Tabela 1- Quantidade estimada e coletada de resíduos sólidos – RSU em toneladas e a taxa de resíduos coletadas em Pernambuco, no Nordeste e no Brasil em quilograma por habitante por ano.

	<b>Estimativa de RSU (Ton)</b>	<b>Taxa da estimativa (Kg/hab/ano)</b>	<b>Total coletado de RSU (Ton)</b>	<b>Taxa de coleta (Kg/hab/ano)</b>
<b>Brasil</b>	78.583.405	387,63	71.260.045	351,49
<b>Nordeste</b>	20.139.605	358,43	15.815.450	281,42
<b>Pernambuco</b>	3.229.950	348,23	2.792.980	301,12

Fonte: Adaptado de Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015).

Quanto aos RCC, os municípios registram e divulgam apenas os dados da coleta executada pelo serviço público, que são realizadas em logradouros públicos, já que a responsabilidade dos resíduos é de seu gerador. Assim, estas projeções não incluem os RCC coletados por serviços privados (ABRELPE, 2015).

Tabela 2- Resíduos da Construção Civil coletado em logradouros no Nordeste e no Brasil e sua taxa por quilograma por habitante ao ano.

	<b>RCC Coletado (Kg/hab/ano)</b>	<b>Taxa de coleta (Kg/hab/ano)</b>
<b>Brasil</b>	44.625.630	220,09
<b>Nordeste</b>	8.784.090	156,22

Fonte: Adaptado de Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015).

Quanto à composição média dos resíduos da construção no Brasil tem-se que 63% são de componentes advindos da argamassa e 29% de concreto e blocos (SILVA FILHO, 2005 apud SANTOS, 2009). Sendo a maioria (92%) dos resíduos classe A. Na avaliação do fluxo dos resíduos da construção no Recife foram separados os agentes envolvidos de acordo com a função:

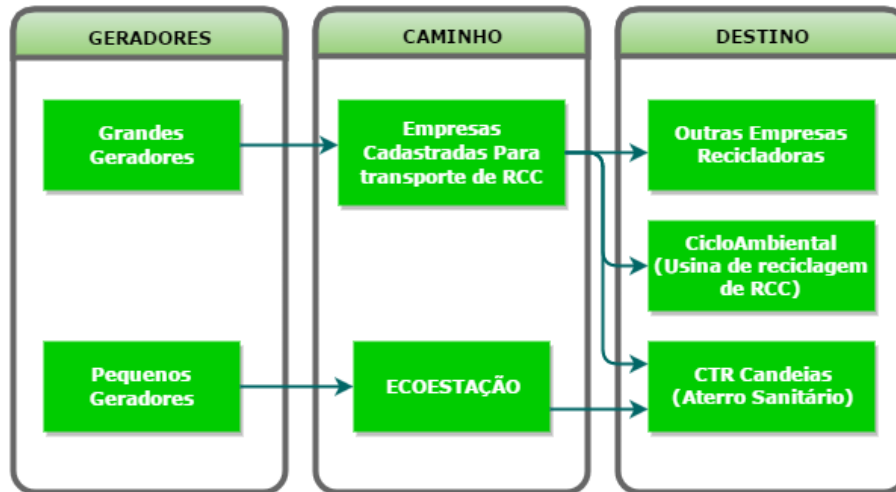
- Geradores (pequenos e grandes geradores);
- Caminho (empresas cadastradas pela Emlurb para o transporte, Ecoestação);
- Destino (aterro sanitário CTR candeias, ciclo ambiental e outras empresas de reciclagem de RCC classe A e B).

Pode-se verificar que a execução do fluxo dos resíduos (Figura 1) da construção é realizada por empresas privadas, o que mostra que o gerador está realmente com a responsabilidade pelo RCC. No destino, os resíduos são armazenados temporariamente e após o beneficiamento são disponibilizados ao mercado como insumos para indústria da construção civil. No ano de 2015, 301 obras que enviaram os PGRCC para Emlurb (LIMA, 2016). Sabe-se que existem obras de porte menor que não regularizam as atividades, além disto, existem os pequenos geradores que realizam reformas, que inclui pequenas construções e demolições, mas estes podem entregar os resíduos na Ecoestação sem a necessidade do PGRCC (PINTO e GONZÁLES, 2005). No Recife em 2015 foram transportados pelos grandes geradores 111.588 ton De RCC e recebidos 6.890 ton nas Ecoestações



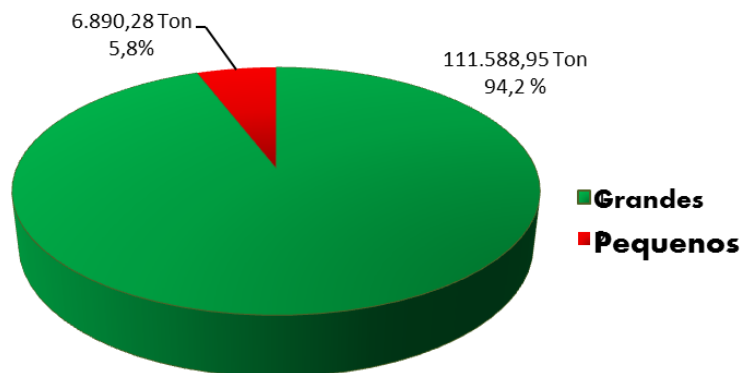
(Gráfico 1),o que representa só 5,8% dos RCC totais. Já nas coletas realizadas em logradouros públicos pela Emlurb, teve-se 822.501 ton de RSU (LIMA, 2016).Na geração mensal de RCC no Recife durante o ano de 2015 (Gráfico 2), há uma diminuição no início e término do ano.

Figura 1- Fluxo do RCC em Recife



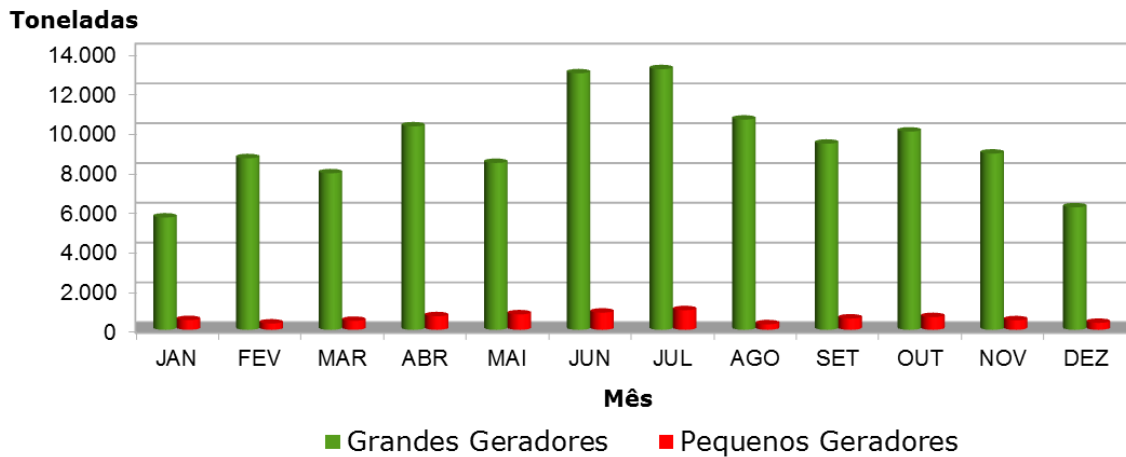
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Gráfico 1- Total de RCC gerado no Recife.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

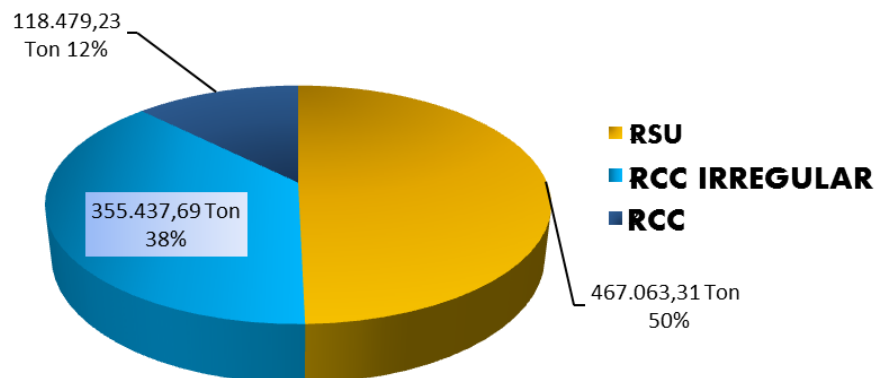
Gráfico 3- Geração mensal de RCC em toneladas durante os meses de 2015 no Recife.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Estimando os RCC depositados irregularmente no Recife em 2015, temos segundo Pinto e Gonzáles (2005) que em alguns municípios brasileiros, mais de 75% dos RCC são provenientes de construções informais e segundo Abrelpe (2015) estes representam 55% dos RSU. Considerando que só foram recebidos os RCC das obras formais e que estas representam 25% do total de RCC, tem-se o valor de 355.437,69 ton que estão sendo depositadas irregularmente. Considerando a taxa do nordeste (ABRELPE, 2015) de 156,22 Kg/habitante de RCC, recolhido em logradouros, multiplicado pela população do Recife de 1.538.000, tem-se 240.266,36 ton que são recolhidas pela Emlurb nos logradouros. Assim 115.171,33 ton são depositados sem coleta. Assim o total de 473 toneladas de RCC foram geradas, representando 50% dos RSU, compatível com o índice da Abrelpe (2015), mas 355 toneladas de resíduos ainda são dispostos irregularmente (Gráfico 1).

Gráfico 4- Estimativa de RCC irregulares no Recife em 2015



Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

O Decreto Municipal do Recife 18.082 (1998) obriga o cadastro das empresas de transporte de resíduos da construção civil (Quadro 5). As quais deverão até o quinto dia útil do mês entregar as Ordens de Transporte de Resíduos - OTR e notas fiscais com o volume de resíduos transportados e o

destino autorizado pela Emlurb para descarga, configurando assim uma falha na fiscalização, pois essas informações são baseadas unicamente na declaração fiscal destas empresas (LIMA, 2016).

Quadro 4- Empresas cadastradas na Emlurb para transporte de RCC

<b>Empresas cadastradas na Emlurb</b>		
A.J.C Remoções	Pega Metralha	Global/Papa Metralha
Área Total	Poli Remoções	São Gabriel
Box Remoções	Recife Metralha	Servitium
Caça Metralha	Remoções Express	SÓ RECICLÁVEL
Conlurb	RBM Remoções	Super Lixo (Activa)
Disk Coleta	Saneape	Tecma Equipamentos
Disk Entulho	Guerra Construções	Trópicos
Elus Remoções	Limpepe	Via Limpa
Etna Remoções	Mundo Limpo	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As quantidades recebidas nas oito Ecoestações durante o ano de 2015 (Tabela 3) são um indicativo das localidades que estão recebendo mais RCC e as que necessitam de uma maior publicidade para a população próxima a elas. Infere-se também que algumas Ecoestações foram inauguradas durante o ano de 2015, como: Torre (em Abril), Torrões (em Abril) e Arruda (em Novembro).

Tabela 3- Quantidade mensal em toneladas de RCC por Ecoestação do Recife.

	<b>Imbiribeira</b>	<b>Campo Grande</b>	<b>Torre</b>	<b>Torrões</b>	<b>Arruda</b>	<b>Ibura</b>	<b>Totó</b>	<b>Cohab</b>
<b>JAN</b>	263,39	171,00	0,00	0,00	0,00	37,60	7,90	10,90
<b>FEV</b>	133,20	131,00	0,00	0,00	0,00	33,30	7,20	12,90
<b>MAR</b>	219,00	181,00	0,00	0,00	0,00	31,20	8,30	11,20
<b>ABR</b>	233,00	143,00	195,00	60,10	0,00	32,20	7,90	11,90
<b>MAI</b>	225,00	157,00	240,00	104,00	0,00	31,10	8,90	12,50
<b>JUN</b>	257,20	182,80	205,80	167,00	0,00	28,20	9,20	14,00
<b>JUL</b>	281,20	219,70	240,90	178,00	0,00	32,50	8,40	25,00
<b>AGO</b>	190,83	0,00	22,00	0,00	0,00	29,50	9,50	27,00
<b>SET</b>	125,03	136,00	187,00	64,00	0,00	21,10	8,20	26,10
<b>OUT</b>	124,34	138,48	93,00	228,00	0,00	22,00	8,50	27,30
<b>NOV</b>	78,57	55,42	125,40	106,00	55,00	21,40	8,60	30,20

<b>DEZ</b>	139,67	42,80	39,80	0,00	57,85	30,10	8,90	32,10
<b>TOTAL</b>	2.270,43	1.558,20	1.348,90	907,10	112,85	350,2	101,50	241,1

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O aterro privado CTR Candeias é o principal destino dos resíduos da construção, inclusive todos os resíduos das Ecoestações, pois é responsável por tratar dos variados tipos de resíduos (LIMA, 2016). Entre as empresa de reciclagem de resíduos classe A, as mais conhecidas são RESITECH, CONLURB e Ciclo Ambiental. Estes destinos atendem as legislações, pois armazenam os resíduos temporariamente e depois reciclam para disponibilização ao mercado.

#### 4. CONCLUSÕES

O fluxo de RCC no Recife é diferenciado para os grandes e pequenos geradores, onde há uma maior fiscalização nos grandes geradores. A destinação final, geralmente CTR Candeias, é adequada, pois recicla os resíduos coletado. Verifica-se que a cidade do Recife tem Legislação adequada e a executa, adequando-se ao PNRS e a Resolução Conama 307 (2002). Tem a gestão baseada no apoio e fiscalização dos serviços privatizados, já que a responsabilidade pelo RCC é do gerador.

Considerando os quantitativos e taxas pesquisados, há 355 toneladas de RCC dispostas irregularmente, destas estima-se que 240 toneladas são recolhidas pela Emlurb em logradouros, tornando isto um destaque a ser trabalhado pelos gestores. Os pequenos geradores representam ainda uma pequena parcela da coleta, o que será modificado à medida que a informalidade das obras for diminuindo, já que estas são em maioria pequenos geradores. Assim cabe uma ação informativa junto à sociedade, especificamente aos profissionais da área de construção, para que seja recebida pelas Ecoestações a quantidade real dos resíduos gerados pelas obras informais.

#### REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação das Empresas de Limpeza Pública. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. ABRELPE, 2015.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores**: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. 2011. 275p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2010

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2005.

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.

DELONGUI, L., PINHEIRO, R. J. B., DA SILVA PEREIRA, D., SPECHT, L. P., & CERVO, T. C. **Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, n. 18, p. 71-80, Nov, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LACERDA, L. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro, COPPEAD/UFRJ, p 6. 2002.

LIMA, J. D. B. Entrevista concedida a Eliabe Ferreira de Barros. Recife, 7 abril. 2016.

MAIA NETO, F. **Asustentabilidade na construção civil**. Revista de Imóveis, Belo Horizonte, 2016.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. (2009). **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, v. 9, n. 1, p 57-71, 2009.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: (Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios). CEF, 2005. V.1. 196p.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p.

RECIFE. Lei Municipal nº 17.072 de 03 de Janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil. **Diário Oficial do Recife**. 2005.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim-RN**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado), UFRN, Natal, 2009.

STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, P. P. **Resíduos: como lidar com recursos naturais**. São Leopoldo: Oikos, 220p. 2008.

TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais**. 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado), Maceió, 2007.

VALENÇA, M. Z., DE MELO, I. V., & WANDERLEY, L. O. **A degradação de corpos d'água e a deposição irregular de resíduos da construção civil na cidade do Recife, Pernambuco, Brasil**. RevInter Revista de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, v. 1, n. 1, p. 45-58, 2015.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NAAS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo, 2011.

## 5.4.AVALIAÇÃO DO DESPERDÍCIO DE MATERIAIS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES

**BEZERRA, Raísa Prota Lins**

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Pesquisador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/UFPE) e do  
Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco (GAMPE/UFRPE)  
raisaprota@gmail.com

**SILVA, Rodrigo Cândido Passos da**

Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade  
Federal de Pernambuco  
Pesquisador do Grupo de Resíduos Sólidos (GRS/UFPE) e do  
Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco (GAMPE/UFRPE)  
rcpassos13@gmail.com

**ACIOLI, Nayara Torres Belfort**

Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Laboratório de Métodos Computacionais em Geomecânica (LMCG/UFPE)  
ntbelfort@gmail.com

**DOS ANJOS, Regina de Cássia**

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

### RESUMO

O ramo da construção civil exerce forte influência na dinâmica socioeconômica e ambiental da sociedade em virtude da influência que exerce na geração de emprego e renda, e por contemplar atividades que resultam na geração de resíduos e impactos ao meio ambiente. Neste sentido, o presente artigo avalia a geração de resíduos da construção civil por uma empresa que adota o Sistema Toyota de Produção (STP). Foram avaliados desperdícios em três etapas da construção de edificações: revestimento cerâmico interno de pisos e paredes, execução de paredes de alvenaria em bloco cerâmico não estrutural e revestimento de paredes internas em pasta de gesso. Os resultados elucidam que a geração de resíduos da construção civil nas etapas estudadas foi de 10%, sendo esta porcentagem já prevista no orçamento. Entretanto, especificamente no serviço de revestimento em pasta de gesso, os valores encontrados foram superiores a 20%. Também se constatou que o desperdício dos materiais foi mais oneroso do que o possível custo da destinação final do resíduo desperdiçado.

**PALAVRAS-CHAVE:**Sistema Toyota de Produção, Resíduos da Construção Civil, Destinação Final.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é reconhecida como um segmento da indústria fundamental para o desenvolvimento econômico e social de uma determinada região. Normalmente é um dos primeiros setores a sofrer impactos diretos da economia com reflexos que denotam na saúde financeira da região, tanto voltada para o crescimento expressivo quanto para a recessão econômica. Por outro lado, também é considerada como uma atividade de potencial impacto ao meio ambiente, seja pelo consumo desenfreado de recursos naturais (*input* processual), corroborando na alteração da paisagem local, seja pela elevada quantidade de resíduos gerados durante as atividades processuais e destinação incorreta dada. De acordo com Ucker *et al.* (2011), este setor pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública, decorrentes da disposição e destinação irregular dos resíduos, como o assoreamento de rios, a proliferação de doenças, o entupimento de galerias, entre outros.

Os materiais gerados pelo setor da construção civil são denominados de resíduos da construção civil (RCC). De acordo com a Resolução Conama nº 307 (2002, Art. 2º, Inciso I), alterada pelas Resoluções Conama nº 348 (2004) e nº 469 (2015), os RCC podem ser entendidos como aqueles “provenientes de construção, 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 compensadores, forros, argamassas, gessos, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc, sendo comumente chamada de entulhos de obras, calça ou metralha.”

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) ancorada na Lei nº 12.305 (2010, Art. 13, Inciso h), ratifica esta definição de forma simplificada considerando-os como aqueles “gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”. A geração dos RCC apresenta-se em números alarmantes. Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada [IPEA] (2012), elucidam que o desperdício dos RCC no Brasil equivale a 31 milhões de toneladas por ano. Diante deste quantitativo, a PNRS (2010) estimula a redução da geração dos resíduos na fonte como alternativa, princípio fundamental e etapa inicial a ser realizada no manejo dos resíduos sólidos mediante a hierarquia dos resíduos. Deste modo, o gerador, seja pessoa física ou jurídica, deve adotar medidas para que estes objetivos sejam postos em prática.

Neste sentido, algumas ferramentas podem ser utilizadas com o intuito de reduzir esta geração e minimizar o desperdício destes materiais na fonte de geração. Dentre os instrumentos estudados, o Sistema Toyota de Produção Toyota (STP) vislumbra-se como um importante mecanismo de gestão ambiental para a capacitação e criação de condições de competitividade para as organizações, devido à otimização dos recursos disponíveis e a redução dos desperdícios na linha de produção. O STP originou-se dentro do setor automobilístico, especificamente na manufatura, sendo pioneira no grupo Toyota. Esta filosofia gerencial visa essencialmente detectar todas as perdas no sistema de produção e eliminá-las com o intuito de reduzir o custo inerente aos desperdícios gerados nas atividades processuais e aumentar a eficiência do processo de produção (Silva et al.

2013). Marhani *et al.* (2013) ratifica este pensamento denominando o STP como Sistema de Produção mais Limpa, sendo fundamental para a redução de resíduos da construção na fonte de geração. O STP está amparado em dois pilares fundamentais: o *Just in time* (JIT) e a Autonomiação (OHNO, 1997) e baseia-se em cinco princípios essenciais: o valor, o fluxo de valor, o fluxo contínuo, a produção puxada e a perfeição (WOMACK & JONES, 2004).

O *Just in time* é um processo de fluxo, cujo objetivo cerne no controle exato dos itens no processo produtivo. Desta forma, os insumos atingem o processo no momento que são precisos e na quantidade necessária, tornando assim um estado ideal para que a empresa consiga a implementação do JIT (OHNO, 1997 apud Silva et al., 2013). Quanto à autonomiação, os autores afirmam que este pilar, conhecido como *Jidoka* no Japão, refere-se basicamente a mecanização da operação enquanto a autonomiação, ou seja, automação com toque humano, conferindo inteligência humana à máquina (OHNO, 1997). Quanto aos princípios, Womack e Jones (2004) estabeleceram cinco fundamentos básicos que orientam não só a produção, mas todo o sistema de negócios são eles:

- i. Valor: determinado a partir da necessidade dos clientes, viabilizando a manutenção da empresa no mercado;
- ii. Fluxo de Valor: processos que não agregam valor, os quais devem ser eliminados;
- iii. Fluxo Contínuo: visão holística das atividades dando fluidez aos processos;
- iv. Produção Puxada: de acordo com a demanda do cliente, evitando o acúmulo de produtos/estoque desnecessários e a possível desvalorização do produto;
- v. Perfeição: todos os membros da cadeia produtiva devem ter conhecimento de todo o processo como um todo, podendo dialogar e o aperfeiçoamento contínuo em busca de um estado ideal.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo avaliar o desperdício dos resíduos da construção civil gerados em obras de edificações nos serviços de revestimento cerâmico interno, revestimento cerâmico externo, revestimento de paredes internas em pasta de gesso, alvenaria em bloco cerâmico tradicional e alvenaria em família de blocos normatizados. Estes também foram analisados quanto a Taxa de Desperdício de Material e pontos que não agregam valor ao longo do Fluxo de Valor de cada serviço.

## 2.METODOLOGIA

O presente estudo foi caracterizado como uma pesquisa quantitativa e de natureza exploratória (GIL, 2010), pois foram utilizados dados métricos para quantificar e avaliar o desperdício dos RCC. Neste sentido, foram utilizados dados primários, coletados *in loco* de forma transversal (APOLINÁRIO, 2006). O Sistema Toyota de Produção utilizado no estudo foi baseado na filosofia do *Just in time*, sendo o desperdício dos RCC quantificado no momento exato de geração e *in loco*. A



pesquisa foi desenvolvida na empresa X, a qual possui as seguintes certificações: ISO 9001 (Norma que estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ), ISO 14001 (Norma com diretrizes básicas para o desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental), OHSAS 18001 (Norma de Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional – SGSSO) e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), mostrando o comprometimento da organização com a gestão integrada da qualidade, saúde e segurança e meio ambiente. A pesquisa de campo envolveu todas as atividades desenvolvidas nas obras, desde a coleta de dados com a equipe administrativa até as pesagens dos resíduos dos serviços estudados, bem como conversas informais, que se mostrou uma ferramenta bastante eficiente para coleta de informações não registradas. O trabalho de campo foi dividido nas seguintes etapas:

- i. Estudo do Fluxo de Valores;
- ii. Estudo do Desenho do Processo;
- iii. Acompanhamento da execução do serviço;
- iv. Pesagens dos resíduos em balança mecânica com capacidade de até 200kg (Figura1).

Figura 1 – Pesagem dos resíduos na obra.



Fonte: Próprio autor.

Após a coleta das informações descritas nos itens anteriores, para cada serviço, foi elaborada uma planilha no Excel para realização das análises e cálculos dos seguintes índices básicos:

- i. Custo do material descartado como resíduo;
- ii. Equivalente em peças não danificadas;
- iii. Custo de destinação final do resíduo;
- iv. Porcentagem de desperdício do material.

### 3.RESULTADOS

Os serviços avaliados neste estudo apresentam características particulares. Desta forma, os resultados aqui discutidos serão agrupados por tipo de serviço.

- **Revestimento cerâmico interno de pisos e paredes**

O serviço de revestimento cerâmico conta com um controle mais rígido da saída de material, devido ao alto custo do mesmo. As quantidades necessárias à execução de um ciclo são calculadas de acordo com a área a ser executada e a paginação previstas em projeto, todas estas informações constam no desenho do processo. Os materiais são entregues ao servente do pedreiro na forma de *kanbans* (Cartão que autoriza a produção de determinada quantidade de um item), ficando este responsável por solicitar a entrega destes depositando-os no *Heijunka Box* (Quadro para gerenciar visualmente a programação da produção) conforme o andamento do serviço. Ao longo das etapas do fluxo de valor foram identificados os pontos potenciais de geração de resíduos (Quadro 1) que devem ser eliminados/mitigados assim que identificados.

Quadro 5 - Estudo da geração de resíduos ao longo do fluxo de valores para o serviço de revestimento cerâmico.

Etapa	Geração De Resíduo
Recebimento do material	Perda por transporte. Quebra por choques mecânicos e vibração do transporte. (Figura 2)
Descarrego/Estoque	Quebra por choques mecânicos no manuseio e mau acondicionamento e danificação às embalagens.
Transporte Vertical	Quebra por choques mecânicos no manuseio.
Estoque no pavimento	Quebra por choques mecânicos no manuseio.
Paginação/ponto de partida	Pode determinar uma maior ou menor quantidade de trinchos.
Execução e verificação do serviço	Perda no próprio processamento. Quebras durante o corte de trinchos. Não reaproveitamento de trinchos. Perda por fabricação de produtos defeituosos (necessidade de retrabalho).

Fonte: Próprio autor.

Figura 2:Trincas por choques mecânicos



Fonte: Próprio autor.

Os resultados encontrados para o estudo do serviço de revestimento em cerâmica interna (Tabela 1) assemelham-se aos resultados encontrados por Araújo (2002), no qual se constatou que o custo do material que vira resíduo é bem mais elevado do que o transporte e a destinação final deste. O acompanhamento do serviço em campo mostrou que o profissional responsável pela execução deste serviço possuía habilidade e realizou o reaproveitamento com máxima eficiência das peças cortadas ou danificadas.

Tabela 1 - Resultados dos indicadores avaliados para o serviço de revestimento cerâmico.

Indicadores	Quantitativo
Total Resíduo Gerado	554,0 Kg
Equivalente em área	29,01 m <sup>2</sup>
Taxa de desperdício em campo	6,60%
Taxa de desperdício Orçamento	10,0%
Custo resíduo	R\$ 548,25
Custo total destinação do resíduo	R\$ 12,19

Fonte: Próprio autor.

Por outro lado, a taxa de desperdício em campo (6,60%) foi inferior ao apresentado por Neto (2010) quando avaliou o índice de perda do revestimento cerâmico de piso interno de placas cerâmicas, cujo valor obtido foi em torno de 15,45%. Segundo este autor, duas razões foram elencadas para justificar este índice elevado, como o excesso de recortes das placas, devido à ausência de paginação para piso cerâmico (produto em falta no estoque e no fabricante), e a execução de alguns ambientes com assentamento em juntas diagonais, resultando em mais corte e consequentemente mais perdas.

Para efeito de estimativa de cálculo, considerando que esta geração de resíduos se repita ao longo de um edifício de 28 pavimentos, teríamos um custo de R\$ 15.351,00 para adquirir o porcelanato, que viria a ser descartado como resíduo, e um custo de R\$ 341,32 para destiná-lo adequadamente para reciclagem. Os resultados apresentados mostra uma diferença entre o custo de aquisição de material cerâmico e destinação final do resíduo de 2% do custo de aquisição do material. Vale ressaltar que a taxa de desperdício do material está inferior a 10% do material disponibilizado para a execução do serviço, previsto no orçamento.

#### •Execução de paredes de alvenaria em bloco cerâmico não-estrutural (9x19x19cm)

De maneira análoga ao serviço de revestimento cerâmico, o serviço de alvenaria não estrutural em bloco cerâmico estima as quantidades de materiais necessários para cada ciclo a ser executado, bem como os kanbans, com as informações que são entregues ao pedreiro responsável

pela solicitação do seu material de trabalho. O estudo do fluxo de valores para o serviço de alvenaria em bloco cerâmico assemelha-se bastante a Tabela 1 apresentada para o serviço de revestimento cerâmico, apenas alterando a etapa 5 por Marcação/Elevação. Vale ressaltar que a adoção da prática de aquisição de tijolos acondicionados em pallets representou uma redução significativa da porcentagem de tijolos quebrados a cada tombo deste material, principalmente no descarrego do caminhão durante a entrega do material. A Tabela 2 mostra a média dos resultados dos indicadores monitorados.

Tabela 2 - Resultados dos indicadores avaliados para o serviço de alvenaria não estrutural em bloco cerâmico.

<b>Indicadores</b>	<b>Quantitativo</b>
Total Resíduo Gerado	399,1 Kg
Equivalente em tijolos	166 unid.
Equivalente em	6,62 m <sup>2</sup>
Taxa de desperdício	7,39%
Custo resíduo	R\$ 64,74
Custo destinação do resíduo	R\$ 8,78
Custo resíduo (ton.)	R\$ 22,00

Fonte: Próprio autor.

Diante do exposto, pode-se perceber que o custo de destinação final do resíduo é de 13,56% dos recursos gastos para a aquisição do material descartado. Considerando um empreendimento hipotético de 28 pavimentos tipo estima-se que o custo do tijolo comprado para descarte seria de aproximadamente R\$ 3625,44 ou 9.410 tijolos.

O resultado da taxa de desperdício obtida neste estudo (7,39%), relativo aos serviços de alvenaria não estrutural em bloco cerâmico, foi significativamente inferior ao valor encontrado por Neto (2010), sendo de 27,60%, 34,42 e 31,28% para blocos cerâmicos de 09x19x24 cm, 11,5x19x24 cm e 14x19x24 cm, respectivamente. Segundo o autor, as principais causas das perdas estão relacionadas com a utilização de equipamentos de transporte inadequados (carrinhos de mão), que permitem a queda e muitas vezes a quebra de um número elevado de unidades; a falta de controle da quantidade recebida; a altura exagerada das pilhas, que por vezes superam três metros, acarretando quebras devido a quedas e esmagamentos; e a mudança de especificação dos tipos de blocos, no decorrer da execução da alvenaria.

### •Revestimento de paredes internas em pasta de gesso

Os serviços da construção civil que utilizam gesso como matéria prima são conhecidos pelo seu alto potencial de geração de resíduos. O quadro 2 mostra as os pontos de geração de resíduos ao longo do fluxo de valores para este serviço observados durante a condução deste estudo, bem como as causas identificadas.

Quadro 2 - Estudo da geração de resíduos ao longo do fluxo de valores para o serviço de revestimento de paredes internas em pasta de gesso.

<b>Etapa</b>	<b>Geração De Resíduo</b>
Recebimento do material	Sacos de papelão danificados podem vir a romper-se durante o manuseio. Em geral as perdas não são elevadas. (Figura 3)
Descarrego/ Estoque	O acondicionamento inadequado do produto pode vir a causar a redução trabalhabilidade do material devido ao contato com umidade ou os sacos de papelão podem ser danificados e virem a rasgar-se durante o manuseio.
Transporte Vertical	Sacos de papelão danificados podem vir a romper-se durante o manuseio.
Estoque no pavimento	O acondicionamento inadequado do produto pode vir a causar a redução trabalhabilidade do material devido ao contato com umidade.
Execução e verificação do serviço	Perda no próprio processamento (limpeza da régua, resíduo do tonel de preparação da pasta, material que cai no chão durante a regularização da superfície, etc.), consumo elevado em caso de superfícies com desníveis significativos (ex. junção parede e viga), experiência e habilidade do profissional.
Validação do serviço	Perda por fabricação de produtos defeituosos. Há geração de resíduos em caso de necessidade de retrabalho.

Fonte: Próprio autor.

Figura 3: Perda de gesso em pó.



Fonte: Próprio autor.

A análise do Quadro 2 evidencia que são diversos os fatores que influenciam na formação do cenário de elevada geração de resíduos. Fatores tais como os desníveis das superfícies e irregularidades da alvenaria, fogem do controle do gesso e podem elevar consideravelmente o consumo da pasta de gesso.

Outro fator que chamou atenção, durante o acompanhamento do serviço em campo é a experiência e habilidade do gessoiro frente à aplicação da pasta de gesso. Este aspecto influencia diretamente na porcentagem de desperdício do material devido à rápida perda da trabalhabilidade da pasta. Uma pesquisa publicada por Breitsameter (2012), realizada com profissionais na execução de revestimento interno de paredes com pasta de gesso, apontou que 50% dos entrevistados indicou a variabilidade de tempo de trabalho da pasta de gesso como principal dificuldade encontrada para a execução deste serviço.

A Tabela 3 mostra as médias para os indicadores monitorados para o serviço de revestimento em pasta de gesso.

Tabela 3 - Resultados dos indicadores avaliados para o serviço de revestimentos de paredes internas em pasta de gesso.

<b>Indicadores</b>	<b>Quantitativo</b>
Total Resíduo Gerado (Kg)	1146,2
Equivalente em revestimento	86,57 m <sup>2</sup>
Taxa de Desperdício	29,85%
Custo Material desperdiçado	R\$ 171,94
Custo destinação resíduo	R\$ 37,83
Kg Gesso	R\$ 0,15
Kg resíduo de gesso	R\$ 0,03

Fonte: Próprio autor.

Em comparação as taxas de desperdício apresentadas neste artigo, o serviço de revestimento em pasta de gesso apresentou o valor mais elevado que é de 29,85%. Este valor foi muito

semelhantes ao realizado por Santos (2012), cujo desperdício de gesso foi de 30,3%, equivalente a 68.798 kg. O autor também observou que o desperdício de gesso gerado no estudo correspondeu a 27,5% do total de resíduos produzido na obra, equivalendo a um quarto do montante de resíduo gerado.

De acordo com o Projeto FINEP HABITARE, mediante diversos estudos de caso por meio das medições das perdas típicas de matérias na construção civil, estima-se que o desperdício de gesso na indústria da construção civil é de 45%. Para Santos (2012), a principal razão para o desperdício elevado do gesso está no tempo de pega, que ocorre nos dez minutos iniciais após sua aplicação, tornando necessário uma rápida execução deste serviço. Além deste, a falta de material e equipamentos adequados somado à ausência de mão de obra qualificada contribuem significativamente para o aumento do desperdício do gesso na construção civil.

#### **4.CONCLUSÕES**

A adaptação das empresas de construção civil à Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL/2010) e ao o custo com a destinação final de resíduos enfrentou grande resistência. As taxas de geração de resíduos encontradas para os serviços de revestimento cerâmico e alvenaria não estrutural estão abaixo dos 10% permitidos para o orçamento previsto pela empresa. Entretanto este estudo comprova que a perda de materiais durante a execução dos serviços representa um custo mais significativo do que aquele demandado pela destinação final dos resíduos.

Com relação ao resíduo do serviço de revestimento de paredes internas em pasta de gesso, a empresa não tem definida a taxa de desperdício aceita, pois este serviço é terceirizado pela mesma. Contudo, no que se refere ao desenvolvimento sustentável esta taxa é elevada, principalmente quando associada ao fato do gesso ser um recurso natural não renovável, além de seu resíduo causar impactos ambientais negativos no solo e na água. Desta forma, os resultados evidenciam a importância da exigência legal da Resolução CONAMA nº 307/2002 a qual determina que “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final melhoria contínua dos processos produtivos”.

Logo, o Sistema Toyota de Produção se faz um forte aliado na busca de melhorias para otimizar a utilização dos recursos naturais e minimizar a geração de resíduos, como foi evidenciado por meio da comparação com outros autores que analisaram taxa de desperdício de materiais em obras que não se utilizavam deste sistema. Recomenda-se, para tanto, a aplicação das ferramentas do Sistema Toyota de Produção, adaptadas à construção civil, como medidas mitigadoras da geração de resíduos, somadas ao monitoramento de indicadores para o controle de qualidade dos resultados referentes às melhorias implementadas.

## REFERÊNCIAS

APOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência**. São Paulo: Editora Thompson, 2006. 209p.

ARAÚJO, A. F. de. **Aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

BREITSAMETER, Bruno. **Revestimento interno de paredes e tetos: estudo comparativo dos sistemas pasta de gesso e argamassa do tipo massa única**. Trabalho de Diplomação. Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA . **Resolução nº. 307 de 5 Julho de 2002**.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 469, de 30 de julho de 2015**. Altera a Resolução Conama nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Diário Oficial da União, 2015.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília: Diário Oficial da União, 2004.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Diário Oficial da União, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p

IPEA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil**. Relatório de pesquisa. Brasília/BR, 2012.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. São Paulo: Bookman, 2005.

MARHANI, M.A.; JAAPAR, A.; BARI, N.A.A.; SAWAWI, M. **Sustainability through Lean Construction Approach: A literature review**. Elsevier Ltd. Procedia - Social and Behavioral Sciences 101, 2013. p. 90 – 99.

NETO, H.R.S. **Avaliação dos índices de desperdícios de materiais**: estudo de caso em uma obra de edificação na cidade de Feira de Santana-BA. Monografia apresentada ao Programa de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana – BA, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

SANTOS, E.F.S. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil**: Ciclo do gesso em uma obra de edificação. Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande – PB, 2012.

SILVA, A.B.; CADEO, G.M.; BONFIM, T.S.N.; ALVES, V.C.; RODRIGUES, V.T. **Conceitos de Sistema Toyota de Produção em uma fábrica de calçados para redução de perdas**: um estudo de caso. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, BA, 2013.



TACHIZAWA, T. **Gestão Ambiental e Responsabilidade Social Corporativa: Estratégias de Negócios Focadas na Realidade Brasileira**. Editora Atlas, 2002.

UCKER, F.E.; BARROSO, L.B.; WOLFF, D.B. **Resíduos da Construção Civil em Santa Maria-RS**. Santa Maria - RS, 2011.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. (2004) – **A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier.

## 5.5. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA O MONITORAMENTO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OLINDA/PE

**PAZ, Diogo Henrique Fernandes da**

Titulação - Doutorando

Local de trabalho – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)

diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

**FIGUEREDO, Carolina Magalhães**

Titulação – Graduanda

Local de trabalho – Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE)

carolmagalhaesf16@gmail.com

**LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz**

Titulação – Doutora

Local de trabalho – Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE)

klafayette@poli.br

**SOBRAL, Maria do Carmo Martins**

Titulação – Doutora

Local de trabalho – Universidade Federal de Pernambuco

msobral@ufpe.br

### RESUMO

Nos últimos anos, tem-se presenciado a geração de uma quantidade significativa de resíduos de construção. Uma das ferramentas de auxílio a gestão diferenciada dos resíduos da construção e demolição (RCD) é a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um SIG como auxílio ao gerenciamento da deposição irregular de RCD no município de Olinda. Foi realizada uma pesquisa de campo, que envolveu a identificação dos pontos de deposição clandestina de RCC. Todos os dados foram importados para o software QGIS, onde foram realizadas várias análises espaciais. Com o auxílio das ferramentas de SIG, foram propostos locais para instalação de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes. Ao todo foram propostas 9 URPVs. Conclui-se que o uso de SIG proporcionou uma análise mais aprofundada dos pontos, e permitiu propor soluções a curto prazo, como a instalação de áreas para recebimento de resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos da Construção, SIG, Deposição Irregular

## 1.INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se presenciado a geração de uma quantidade significativa de resíduos de construção, como resultado da rápida urbanização e em larga escala de atividades de construção no Brasil, acompanhado pela precariedade e/ou indisponibilidade de dados e informações sobre os resíduos gerados nesta atividade, os Resíduos da Construção e Demolição (RCD). O estudo sobre os RCD é recente no Brasil, ocasionando a falta de dados em agências e órgãos ambientais. Os RCD constituem um dos maiores problemas das áreas urbanas (SÁEZ et al., 2011; GUERRERO et al., 2013; YE et al., 2012; YUAN et al., 2013). Isso se deve à grande geração de resíduos pelas empresas construtoras que, apesar de 90% dos RCD serem reaproveitáveis, são destinados de forma inadequada, ocasionando uma série de problemas de ordem econômica, social e ambiental.

A ausência de políticas públicas que promovam a fiscalização do gerenciamento desses resíduos, em relação aos geradores, provoca diversos impactos como, por exemplo, o surgimento de vários depósitos clandestinos nas áreas mais afastadas do perímetro urbano e gastos por parte da administração pública com modelos de gestão corretiva. A deposição dos RCD em áreas ilegais traz uma série de impactos ambientais, como a poluição visual, o estreitamento de leitos, ocasionando enchentes, poluição das águas e solos, indução à deposição de outros tipos de rejeitos e atrativo para vetores de doenças.

No Brasil, foram criados dispositivos legais para auxiliar os municípios e empresas privadas na gestão dos RCD. Destacam-se a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCD. Outras leis como a nº 12.305, na qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010b) e o Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010a), que regulamentou a PNRS, complementam o que foi estabelecido na CONAMA nº 307. A CONAMA nº 307/2002, estabeleceu que os municípios deverão elaborar, implementar e coordenar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, e deverão estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Apesar de várias cidades brasileiras já terem implantado modelos de gerenciamento de RCD, a grande maioria dos municípios tem se limitado a atuar com uma gestão corretiva das áreas de deposições irregulares. Dessa forma, o problema vem se agravando, reforçando a urgência na implementação de políticas públicas para controle da situação (FERNANDES, 2013). Por outro lado, a gestão diferenciada, que atua de forma preventiva no tocante à geração e reutilização dos RCD, constitui a solução ideal para este problema.

Uma das ferramentas de auxílio a gestão diferenciada de RCD no município é a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIG são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (COSTA *et al.*, 2013). Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um

Sistema de Informações Geográficas (SIG) como auxílio ao gerenciamento da deposição irregular de RCD no município de Olinda.

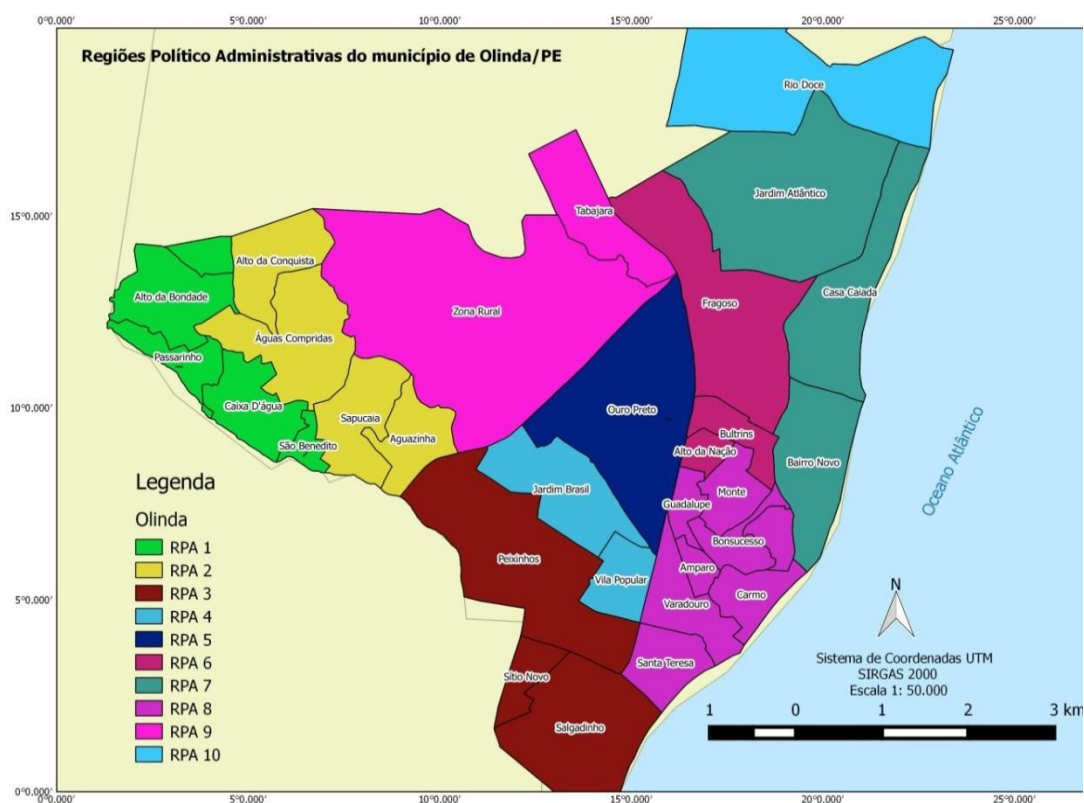
## 2.METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O município de Olinda possui 389.494 habitantes, sendo a terceira cidade mais populosa do Estado de Pernambuco, área territorial de 41,681 km<sup>2</sup> e possui a maior densidade demográfica do estado, com 9.063,58 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2015). Olinda pertence à Região Metropolitana do Recife, e possui 32 bairros (Figura 1).

A cidade de Olinda está dividida em 10 Regiões Político-Administrativas, que reúnem um ou mais dos seus 32 bairros.

Figura 1- Localização das Regiões Político-Administrativas (RPAs) da cidade de Olinda/PE



Fonte: Os autores (2016)

De acordo com dados coletados junto à Diretoria de Limpeza Urbana do município de Olinda, verificou-se que o Aterro Controlado de Aguazinha, que recebia os resíduos sólidos do município, fechou desde dezembro de 2010, e desde então os resíduos estão sendo levados para o CTR Pernambuco, em Igarassu.

Atualmente, tem-se coletado cerca de 450 t/dia de resíduos urbanos, sendo aproximadamente 30% resíduos da construção civil, advindos de construções e reformas. Os resíduos são coletados através de caminhões basculantes, e levados a uma Área de Transbordo e Triagem (ATT), localizada no aterro controlado de Aguazinha, onde os resíduos são transferidos para um caminhão de maior porte, que levam os resíduos para a CTR Pernambuco. De acordo com as informações obtidas pela DLU, não há lei específica para a gestão de RCC em Olinda e nem uma previsão de implantação de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, contudo algumas diretrizes adotadas são orientadas pela Resolução CONAMA nº 307 (2002).

## 2.2 Desenvolvimento do SIG

O primeiro passo para o desenvolvimento do SIG é a criação do banco de dados geográficos. Para isso, primeiramente foi realizada uma pesquisa de campo, que envolveu a identificação dos pontos de deposição clandestina de RCC, por meio de observação direta e do mapeamento destes, nos bairros da cidade de Olinda. A partir do reconhecimento desses pontos, identificou-se as coordenadas geográficas com um aparelho GPS, plotando os pontos através da utilização do programa Google Earth, e foi realizada uma classificação das áreas de acordo com os tipos de resíduos (Classe A, B, C ou D da CONAMA nº 307/2002), sua localização em cada bairro, número de habitantes, tipo de pavimentação existente, vegetação, entre outros, baseando-se na pesquisa de Albuquerque (2015).

A coleta de dados registrou um total de 109 pontos de deposição irregular nos bairros, espalhados entre as 10 Regiões Político-Administrativas (RPAs). Na segunda etapa os pontos levantados foram plotados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com a utilização do software livre QGIS 2.8.1, onde foram incluídas informações como as coordenadas, município, bairro, ruas, RPA e composição do resíduo. Além disso, identificaram-se as características socioeconômicas de cada bairro, RPA e microrregião, como população, domicílios particulares permanentes e renda média, de forma a correlacionar os pontos de deposição irregular de resíduos às características da área. Os dados de características socioeconômicas de cada região foram obtidos na Base de Informações do Censo Demográfico de 2010 do IBGE.

Todos os dados coletados foram tabulados em planilha eletrônica, e posteriormente importado para o *software* QGIS, onde foram realizadas várias análises espaciais. A partir da análise da relação dos pontos cadastrados com as características da região, verificou-se a necessidade da instalação de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) para triagem e acondicionamento dos resíduos provenientes dos pequenos geradores, conforme proposto por Pinto e González (2005).

As Áreas de Recebimento de Pequenos Volumes consistem em uma rede de Pontos de Entrega Voluntária – PEV, de responsabilidade dos municípios, e tem como objetivo captar os resíduos da construção e demais resíduos volumosos, oriundos dos pequenos geradores e coletores que normalmente os depositam em áreas impróprias (SCREMIN *et al.*, 2014). A NBR 15.112/2004 (ABNT, 2004b) definem essas áreas como:

“áreas de transbordo e triagem de pequeno porte, destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção e resíduos volumosos, integrante do sistema público de limpeza urbana, e tem como objetivo facilitar o descarte dos RCD oriundo da construção informal, constituída predominantemente por reformas e ampliações”.

As áreas de recebimento de pequenos volumes está prevista no Art.6 da Resolução nº 307/2002 do CONAMA:

“II – o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento. (CONAMA, 2002)”.

A implementação e operacionalização das URPVs é de responsabilidade do poder público municipal, sendo o núcleo do PMGRCC. Essas áreas devem servir como apoio a programas de coleta seletiva de resíduos domiciliares (LIMA e LIMA, 2009).A escolha da áreas propícias para implementação de PEVs é feita mediante diagnóstico inicial do volume e localização dos pontos de deposição clandestina dos RCD e volumosos. Essas deposições representam fluxos de resíduos estabelecidos, o que facilita sua oficialização (FERNANDES, 2013).

Conhecendo a localização das deposições irregulares e o perfil dos agentes geradores e coletores dos pequenos volumes, é possível definir os limites das bacias de captação e a localização dos pontos de entrega voluntária, respeitando-se os atuais fluxos de coleta e lançamento desses resíduos (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).Conforme aponta Pinto e González (2005), as “bacias de captação de resíduos” são áreas de características relativamente homogêneas, com dimensão tal que permita o deslocamento dos pequenos coletores de seu perímetro até o respectivo ponto de entrega voluntária, inibindo, assim, o despejo irregular dos resíduos, pela facilidade conferida à sua entrega num local para isso designado. Para definir os limites da bacia, devem ser levados em conta os seguintes fatores:

- A capacidade de deslocamento dos pequenos coletores (equipados com carrinhos, carroças e outros pequenos veículos) em cada viagem, ou seja, algo entre 1,5 km e 2,5 km;
- A altimetria da região, para que os coletores não sejam obrigados a subir ladeiras íngremes com os veículos carregados, para realizar o descarte dos resíduos;
- As barreiras naturais que impedem ou dificultam o acesso ao ponto de entrega.

A partir desses critérios, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para definição dos locais mais críticos em relação a deposição irregular de RCD, e para criação de *buffers* para delimitação das bacias de captação.

### 3.RESULTADOS

A Figura 3 apresenta a quantidade de pontos de deposição inadequada de RCD por RPA na cidade de Olinda, a partir de levantamento realizado em campo. Observou-se que RPA 7, composta pelos bairros de Jardim Atlântico, Casa Caiada e Bairro Novo possuem a maior quantidade de pontos mapeados. A Figura 3 apresenta a quantidade de pontos mapeados por km<sup>2</sup>, onde a RPA 7 se mantém com a maior quantidade de pontos de deposição irregular.

Figura 2 - Quantidade de pontos por RPA identificados em Olinda/PE.

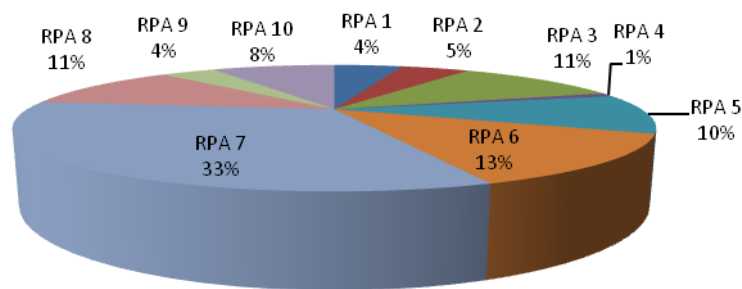
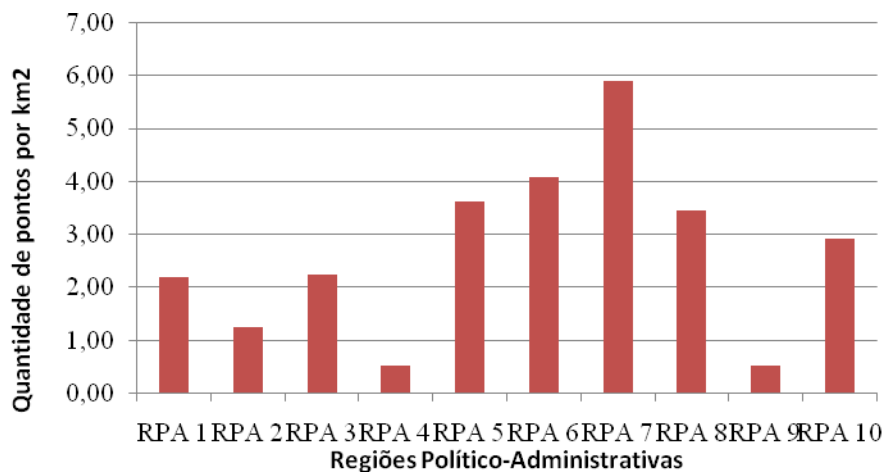


Figura 3 – Quantidade de pontos de deposição irregular de RCD por km<sup>2</sup> por RPA.



A partir da planilha eletrônica contendo a tabulação dos dados, os pontos críticos de RCD foram inseridos no QGIS, gerando uma camada do tipo shapefile, com todas as informações relacionadas ao local onde o ponto se encontrava, conforme apresenta a Figura 4. Os dados ficaram armazenados na Tabela de Atributos.

Figura 4 – Tabela de atributos contendo as informações dos pontos.

Tabela de atributo - Pontos Crítico VERSÃO FINAL :: Total de Feições: 109, filtrado: 109, selecionado: 0

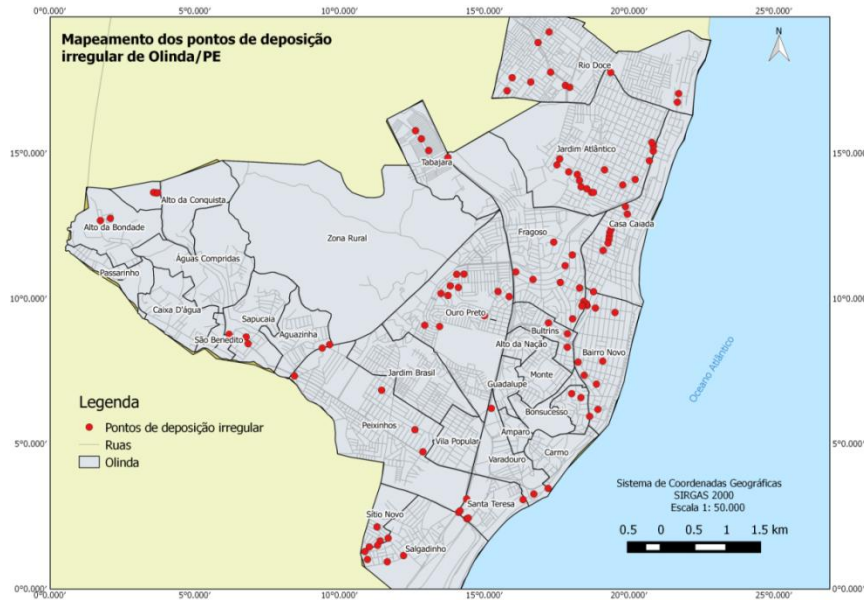
	Name /	X	Y	Bairro	Calçada	Construção	Agglomerado	Áreas Ver
0	PC01	296579	9117536	Jardim Atlântico	NULL	X	NULL	X
1	PC02	296653.00	9117506.00	Jardim Atlântico	X	NULL	NULL	NULL
2	PC03	296790.48	9117423.96	Jardim Atlântico	NULL	NULL	NULL	X
3	PC04	296813.93	9117413.68	Jardim Atlântico	X	NULL	NULL	X
4	PC05	296539.85	9117631.34	Jardim Atlântico	NULL	X	NULL	X
5	PC06	296506.33	9117722.72	Jardim Atlântico	X	X	NULL	X
6	PC07	296375.60	9117760.48	Jardim Atlântico	X	NULL	NULL	X
7	PC08	296194.71	9117866.63	Jardim Atlântico	NULL	NULL	NULL	X
8	PC09	296236.54	9117958.69	Jardim Atlântico	NULL	X	NULL	X
9	PC10	296921.23	9117793.46	Jardim Atlântico	X	NULL	NULL	NULL

Mostrar todas as feições

Fonte: Os autores (2016)

A Figura 5 apresenta a localização dos pontos dentro do município de Olinda. Uma série de análises espaciais foram realizadas, de modo a obter mais informações sobre cada ponto.

Figura 5 – Mapeamento dos pontos de deposição irregular em Olinda/PE.



Fonte: Os autores (2016)

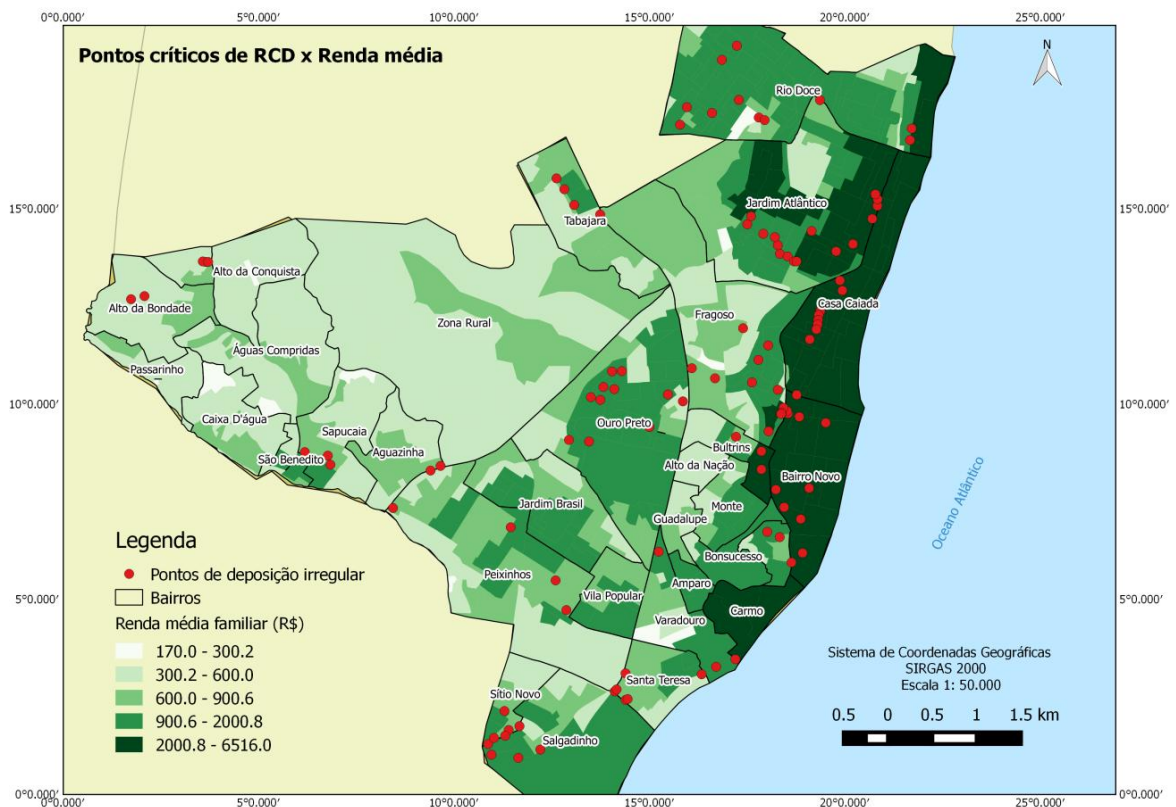
Conforme indicado no mapa, foram encontrados mais pontos nos bairros de Ouro Preto, Frágoso, Jardim Atlântico e Casa Caiada. Conforme pode ser visto na Figura 6, a maior parte dos pontos cadastrados se encontram no entorno das áreas com renda média familiar mais alta, como Casa Caiada e Bairro. Essa região é caracterizada por possuir muitas edificações multifamiliares, e



atualmente se encontra em expansão, com vários canteiros de obra instalados. Pelo fato de o município de Olinda não possuir uma fiscalização adequada dos canteiros de obras em relação ao gerenciamento correto dos RCD, muitas construtoras acabam descartando os resíduos em terrenos baldios e margens de rios de regiões menos nobres, como ocorre no Canal do Fragoso.

Nas áreas menos nobres foram cadastrados poucos pontos, pois na maioria dos locais de deposição irregular encontrou-se apenas Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), como papel, plástico e orgânicos.

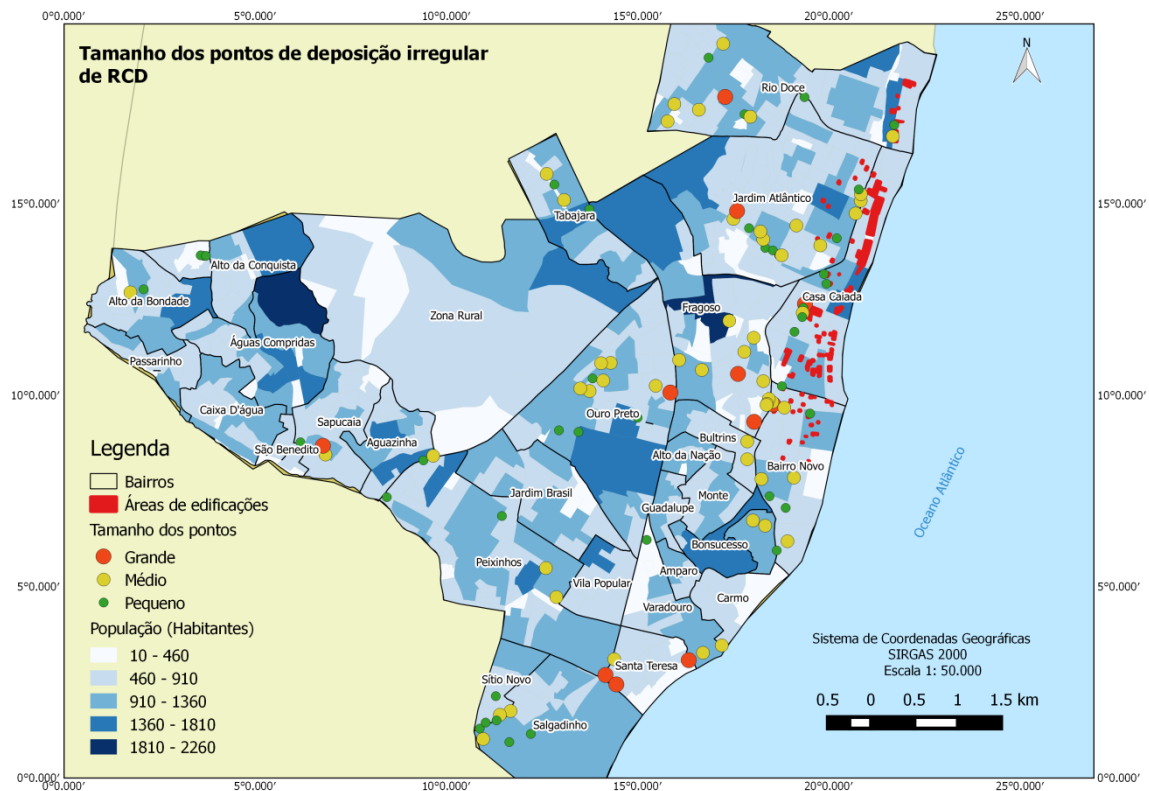
Figura 6 – Relação dos pontos críticos e a renda média familiar dos setores censitários.



Fonte: Os autores (2016)

Foram cadastrados ainda no SIG o porte de cada ponto de deposição irregular de Olinda, conforme apresenta a Figura 7. Verificou-se que 51% dos pontos são considerados de porte médio. Observou-se ainda que nas áreas mais nobres e com mais obras de construção civil, os pontos de são médio a grande porte, o que sugere que as grandes construções estão dispondo seus resíduos nessas áreas. Por outro lado, nas áreas menos nobres, a maior parte dos pontos são de pequeno porte, geralmente localizados de frente as residências que estão em obra.

Figura 7 – Tamanho dos pontos críticos de deposição irregular em relação a população dos setores censitários.

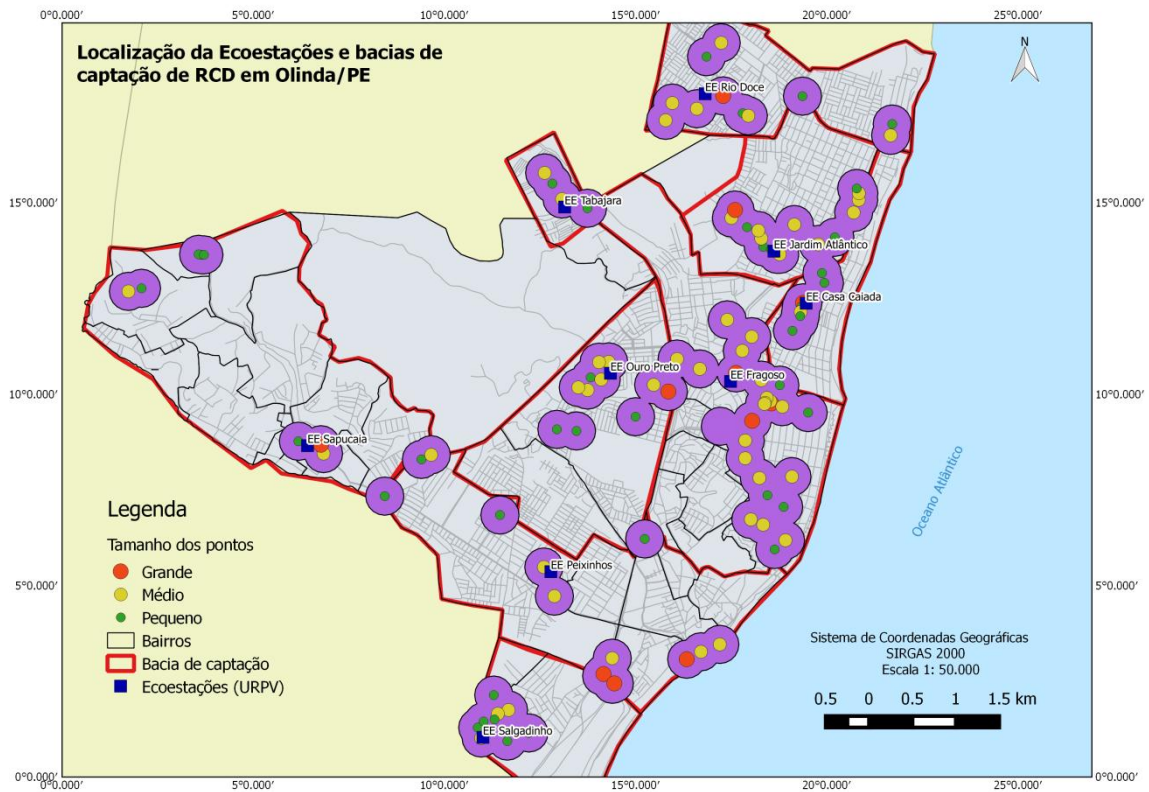


Fonte: Os autores (2016)

De posse dessas informações, com o auxílio das ferramentas de SIG, foram propostos locais para instalação de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes. A escolha dos locais se deu pela quantidade e porte dos pontos cadastrados, quantidade de obras, e disponibilidade de terreno para a construção. Para isso, foi criado um *buffer* de 200 metros em torno dos pontos de deposição irregular para identificar áreas próximas aos locais já escolhidos pela população para disposição dos resíduos. A partir destes critérios, foram escolhidas as áreas mais adequadas para instalação das URPV. Após a escolha dos locais, foram desenhadas as bacia de captação de cada URPV, delimitadas de acordo com as RPAs.

A Figura 8 apresenta os locais escolhidos para a implantação das URPV, denominadas de Ecoestações. Ao todo foram propostas 9 ecoestações, e os bairros escolhidos foram: Sapucaia (RPA 1), Salgadinho (RPA 3), Peixinhos (RPA 3), Ouro Preto (RPA 5), Fragoso (RPA 6), Casa Caiada (RPA 7), Jardim Atlântico (RPA 7), Tabajara (RPA 9), Rio Doce (RPA 10).

Figura 8 – Localização das Ecoestações propostas e bacias de captação.



Fonte: Os autores (2016)

Scremin *et al.* (2014) propôs uma metodologia para estimar a quantidade de pontos necessária para o gerenciamento correto dos RCD provenientes do pequeno gerador. De acordo com o autor, o cálculo se dá conforme apresenta a Equação 1.

$$N_{PEV\_EST} = \frac{A_u}{(\pi \cdot R_{AB}^2)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:  $A_u$  é a área urbana do município ( $Km^2$ );

$R_{AB}$  é o raio de abrangência das URPV (km)

De acordo com o cálculo proposto por Scremin *et al.* (2014), seriam necessárias 5 ecoestações, considerando o raio de abrangência de 1,5 km. Dessa forma, a quantidade de pontos propostas está dentro do definido pela metodologia utilizada.

O estudo corrobora com a metodologia desenvolvida por Ornelas (2011) para definição de locais para instalação de pontos de entrega voluntária de resíduos urbanos, que considera duas variáveis: as áreas de equipamentos públicos como praça, parques e escolas que, por serem áreas bastante frequentadas, mostram-se como locais naturalmente aptos para implantação das URPV; e a densidade de domicílios, pois onde há maior concentração de domicílios, há uma tendência a gerar mais RCD.

Além disso, levou-se em consideração também os critérios utilizados por Biju (2015) para a definição de áreas para instalação de ATT, em relação ao uso e ocupação do solo, tipos de solo, distância de recursos hídricos, topografia, áreas protegidas por lei, etc., de acordo com a NBR 15.113/04.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a quantidade de pontos cadastrados foi suficiente para realizar uma análise crítica da situação da deposição irregular de RCD no município de Olinda. O uso de Sistemas de Informações Geográficas proporcionou uma análise mais aprofundada dos pontos, e permitiu propor soluções a curto prazo, como a instalação de áreas para recebimento de pequenos volumes de resíduos.

A quantidade de pontos levantados demonstra que a gestão de RCD atualmente praticada no município de Olinda é incipiente, e são necessárias ações mais estruturadas de fiscalização de obras e rastreamento de resíduos, para que haja uma redução substancial na quantidade de locais de deposição irregular, reduzindo assim os vetores de doenças e os impactos ambientais. A metodologia utilizada para a proposição de URPV mostrou-se adequada para o município de Olinda, pois permitiu identificar os pontos mais críticos e as áreas disponíveis para a instalação das ecoestações. O uso contínuo do SIG permitirá um monitoramento dos impactos ambientais provenientes da deposição irregular de RCD, e servirá para propor planos de ações para a prefeitura do município de Olinda/PE.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D.M.S. **Impacto socioambiental da deposição irregular dos resíduos da construção e demolição na cidade do Recife/PE**. 2015. 179 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BIJU, B.P. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição**. 2015. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

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.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010a.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010b.

COSTA, E.S.; OLIVEIRA, N.F.; REIS, P.A.; SCHMIDT, M.A.R. Utilização de um sistema de informação geográfica no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Uberlândia/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, Salvador, BA, 2013. **Anais...** Salvador/BA, 2013.

FERNANDES, M.P.M. **Apreciação de boas práticas visando a geração de um modelo para a gestão municipal dos resíduos da construção civil.** 2013. 266 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 220–232, 2013.

LIMA, R.S.; LIMA, R.R.R. **Guia para elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.** Série de publicações temática do CREA-PR. CREA-PR, 2009.

FERNANDES, M.P.M. **Apreciação de boas práticas visando a geração de um modelo para a gestão municipal dos resíduos da construção civil.** 2013. 266 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

ORNELAS, A.R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos.** 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

PINTO, T.P.; GONZÁLEZ, J.L.R (coord.). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Brasília: CAIXA, 2005.

SÁEZ, P. V.; MERINO, R.; PORRAS-AMORES, C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. **Waste Management & Research**, v.30, n.2, p. 137-146, 2012.

SCREMIN, L.B.; JUNIOR, A.B.C.; ROCHA, J.C. Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n. 2, abr./jun. 2014.

YE, G. et al. Resources , Conservation and Recycling Simulating effects of management measures on the improvement of the environmental performance of construction waste management. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 62, p. 56–63, 2012.

YUAN, H.; LU, W.; JIANLI HAO, J. The evolution of construction waste sorting on-site. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 20, p. 483–490, abr. 2013.

## **Capítulo 6: Novos Materiais de Construção**

## ABERTURA

Os materiais aplicados aos diferentes métodos construtivos variam em função do tempo, tipo de estrutura a ser elaborada e recursos disponíveis na região da obra. Não é difícil perceber que alguns materiais, componentes fundamentais construções históricas, já não fazem parte dos novos projetos concebidos atualidade. A incorporação de novos materiais às construções ocorre conforme o avanço tecnológico, a descoberta de novas aplicações e a criação de produtos compostos por dois ou mais tipos de materiais que se adequam à realidade e às novas exigências de conforto, rapidez e eficiência. Materiais como argamassa, concreto e vidro passam a ganhar novas composições desempenhar novos papéis com maior sustentabilidade seja pela redução de emissões ou aumento da eficiência energética durante a construção e operação das construções.

Nesse contexto, a questão ambiental tem aumentado a sua influência e ganhado mais espaço dentro da construção civil, inclusive por meio da busca pelo reaproveitamento de resíduos e subprodutos tanto desta quanto de outras indústrias. A criação dos Bancos de Resíduos aparece como fortes aliados, possibilitando o intercâmbio de informações entre as instituições que buscam um destino ambientalmente mais adequado que passam a se tornar insumos em outros processos produtivos.

Este capítulo aborda a reutilização de garrafas PETs em canteiros de obras buscando adicionar praticas de sustentabilidade a este espaço temporário. Além disto, reúne artigos que focam a incorporação de resíduos orgânicos tais como: coco seco, lodo de estação de tratamento de esgoto, bagaço de cana de açúcar e outros resíduos vegetais. O acervo também analisa a presença de metais pesados em agregados reciclados de resíduos da construção civil.

## 6.1.CANTEIRO DE OBRAS SUSTENTÁVEL: O REAPROVEITAMENTO DA GARRAFA PET COMO INSUMO NA CONSTRUÇÃO

**SOUZA, Vilma Alves de**

Especialista em Arquitetura, Construção e Gestão de Edificações Sustentáveis  
vilmaalves@hotmail.com

### RESUMO

Todos os dias, montanhas de resíduos sólidos provenientes da construção civil são geradas em todo o país, frutos do desperdício, descarte e da falta de gerenciamento ambiental. Diante desse cenário e da escassez dos recursos naturais, a gestão e o reaproveitamento desses materiais descartados se tornam imperiosos. Este trabalho, cujo enfoque aborda a reutilização de garrafas de poli-tereftalato de etileno (PET) no canteiro de obras, tem como objetivo apresentar exemplos possíveis e reais de medidas sustentáveis adotadas por algumas empresas na etapa de construção de suas instalações temporárias, gerando economia para o construtor em comparação às construções convencionais. Para o alcance do objetivo proposto, o presente estudo, de caráter descritivo e qualitativo, se apoiou em revisão bibliográfica através de livros, legislação, sites e revistas técnicas da área e soluções construtivas já utilizadas por algumas empresas, verificando que é possível construir de forma sustentável demonstrando a responsabilidade socioambiental da empresa através de suas edificações, mesmo que sejam temporárias.

**PALAVRAS-CHAVE:**Canteiro de obras, Sustentabilidade, Garrafa pet.



## 1. INTRODUÇÃO

O canteiro de obras é o primeiro local a provocar as interferências no meio ambiente e justamente por este motivo devem ser adotadas medidas de redução de impactos ambientais, ou seja, o canteiro deve ser projetado de forma a ser sustentável tanto para os seus usuários diretos (trabalhadores) quanto para os indiretos (visitantes e futuros clientes) solidificando a imagem de uma empresa responsável por suas interferências no meio (construções) como também proporcionando bem estar e economia de recursos naturais durante todo o seu período de funcionamento. Diante da necessidade de preservação dos recursos naturais e do grande descarte de materiais provenientes de um canteiro de obras, torna-se cada vez mais urgente a gestão e o reaproveitamento desses materiais descartados bem como um planejamento adequado para deixar o ambiente mais sustentável.

O estudo em questão visa apresentar uma análise da sustentabilidade nos canteiros de obras no que diz respeito ao reaproveitamento de garrafas pet como insumo sustentável, identificando os benefícios que um canteiro sustentável pode trazer para a empresa e seus usuários. Segundo a ABIPET (2013), aproximadamente 59% das garrafas pet foram recicladas até o último senso realizado (2012), sendo assim, os 41% restantes são descartados de forma aleatória e acabam em lixões, aterros ou até mesmo em galerias e rios provocando problemas ambientais. Outro empecilho encontrado pelos empresários quanto ao volume reciclado das garrafas é a alta tributação imposta sobre o produto reciclado bem como uma logística reversa lenta, pois há poucos pontos de coleta das pets o que dificulta seu recolhimento.

Perante este cenário, foi realizada uma pesquisa bibliográfica principalmente através de revistas técnicas e sites da área que abordam as últimas notícias sobre práticas construtivas que reutilizam o material plástico em questão, juntamente com exemplos de casos reais de empresas que executam tais tipos de canteiros em suas obras.

Ao final do estudo verifica-se que soluções utilizadas por algumas empresas em seus canteiros de obras, tomando como princípio básico a bioarquitetura, tornam o ambiente de trabalho, bem como o produto resultante dele, mais sustentável através da diminuição do consumo dos recursos naturais e da menor geração de resíduos.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa aqui proposta, de caráter descritivo e qualitativo, se procedeu a partir de uma revisão bibliográfica através de livros, legislação, sites e reportagens de revistas técnicas da área. Escolheu-se a pesquisa descritiva por ter como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 1994), no qual o estudo se propõe.

Em relação ao aspecto qualitativo da pesquisa, a abordagem qualitativa foi eleita por realizar uma aproximação fundamental e de intimidade entre sujeito e objeto, uma vez que ambos são da mesma natureza: ela se envolve com empatia aos motivos, às intenções, aos projetos dos atores, a partir dos quais as ações, as estruturas e as relações tornam-se significativas. (MINAYO e SANCHES, 1993).

Procurou-se mostrar, a partir de algumas informações técnicas recentemente publicadas, como as empresas do setor da construção civil têm procurado se enquadrar no novo cenário sustentável utilizando-se de um material de difícil decomposição (garrafas pet) de forma a atender às legislações pertinentes, otimizando os recursos naturais e se tornando-se cada vez mais ambientalmente responsável.

### 3.RESULTADOS

Diante de um mercado cada vez mais competitivo e da escassez dos recursos naturais, a busca por inovações tecnológicas e gerenciais ligadas a esse novo contexto se torna imprescindível para a sobrevivência da empresa. A adoção de medidas sustentáveis nas construções aos poucos está deixando de ser apenas mais um diferencial para se tornar um requisito necessário à medida que o nível de consciência ambiental vai crescendo. Além disso, as empresas que optam pela obtenção de certificações de sustentabilidade, ou seja, as socialmente responsáveis e sustentáveis, são cada vez mais buscadas pelos investidores para aplicação de seus recursos, visto que as mesmas são consideradas mais preparadas para enfrentar riscos sociais, ambientais e econômicos, uma vez que os ganhos desse tipo de empreendimento vai da boa imagem adquirida, passando pela economia de produtos e serviços até o bem estar dos usuários e vizinhança.

A geração de resíduos sólidos na construção civil sempre foi encarada como um grande problema e a sua gestão como um grande desafio. Os rejeitos de construção e demolição representam um grande volume de material desperdiçado no canteiro de obras e a necessidade de reciclagem ou reuso desses materiais descartados, é de grande utilidade para uma nova inserção dos mesmos na construção, contribuindo desta forma para o desenvolvimento auto-sustentável e para a redução dos impactos ambientais associados à implantação de um empreendimento.

Considerada a maior fonte geradora de resíduos de todos os setores produtivos, a construção civil causa grandes impactos ambientais como o consumo de recursos naturais, a modificação da paisagem e a geração de resíduos. Nesse sentido, o canteiro de obras deve ser considerado como uma parcela importante nos impactos ambientais trazidos por uma obra visto que o mesmo chega a ter alguns anos de duração. De acordo com a Lei Nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), as empresas de construção civil estão sujeitas à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos, de forma a minimizar, reutilizar e reciclar tais resíduos, realizando medidas saneadoras dos impactos ambientais resultantes de suas interferências no meio ambiente.

Dessa forma, o planejamento, o layout, a localização e o tipo escolhido de construção do canteiro de uma obra influem diretamente na redução de tais impactos, principalmente no que concerne ao uso de materiais recicláveis e à otimização do uso da água e energia (PINTO,1999).

Segundo Manzini & Vezzoli (2008), a solução da diminuição do impacto ambiental resulta de diversos fatores:

“na busca da sustentabilidade, os requisitos ambientais deveriam ser prioritários, mas a verdade é que uma solução voltada para os critérios de redução do impacto ambiental, para ser vencedora, também deve ser economicamente praticável, além de socialmente atraente; deve ser, portanto, eco-eficiente.”

Neste contexto, tem-se observado uma busca por soluções alternativas tanto para o uso de materiais como para os recursos de energia em prol do consumo consciente. O emprego de matérias-primas oriundas do reaproveitamento e reciclagem de produtos que, de outra forma, estariam causando problemas para o meio ambiente, além daquelas remanescentes de processos industriais com baixo impacto ambiental e com certificado de origem, ou "selo verde" são práticas que devem ser adotadas como rotina nas construções dos canteiros.

Pensar sobre o desenvolvimento sustentável é sempre um grande desafio, pois gera polêmicas e posições diversas. Além de questionar os modos e finalidades do desenvolvimento econômico e verificar as consequências da intervenção das sociedades na natureza (GIANSANTI, 2009). Segundo Priori Jr (2011), a aplicação de ações sustentáveis nos canteiros de obras, em sua maioria de simples execução, pode reverter em benefício para a empresa e para a comunidade. Entretanto, a falta de motivação do gestor de obras e o desconhecimento e despreparo com as questões ligadas à sustentabilidade, dificultam a implantação dessas ações.

Para as instalações do canteiro como dormitórios, escritórios, refeitório e almoxarifado podem ser utilizados sistemas construtivos modulares produzidos com materiais recicláveis e que facilitem a sua montagem, a adequação ao layout (flexibilidade) e posterior desmontagem e a reutilização em outras obras. Além de evitar perdas, esses tipos de sistemas deixam a construção mais limpa e reduzem o consumo de água em sua construção. A escolha do material deve estar intrinsecamente ligada ao seu ciclo de vida, dando preferência aos materiais recicláveis, reutilizáveis, biodegradáveis ou de menor impacto ambiental, ou seja, materiais que tenham um melhor aproveitamento e maior vida útil garantindo maior longevidade sustentável para a construção.

A reciclagem de resíduos sólidos resulta em uma maior oferta de materiais como alternativa para uma mesma função, diminuindo o desperdício, o consumo de recursos naturais e os impactos atrelados ao transporte e destinação dos resíduos descartados. Um exemplo disto é o reaproveitamento de materiais de demolição que após passarem por uma usina de reciclagem, que pode ser instalada no próprio canteiro, transformam-se em agregados reciclados que são utilizados para diversos fins como a produção de blocos, canaletas, pisos de concreto, sub-base para pavimentação e outras aplicações que não necessitam de materiais de alta qualidade ou elevada resistência.

Neste sentido, o reuso da garrafa pet dentro da construção contribui para esse cenário por ser um material de longa vida útil e de multi utilidade, que após a sua destinação final ainda pode ser reciclado. A obtenção de tais garrafas pode ser obtida junto às cooperativas ou como resíduo do próprio canteiro, visto que é a embalagem mais utilizada para armazenamento de bebidas no refeitório da empresa. Como exemplo real e atual de construções que se utilizam de garrafas pet, tem-se o edifício Ecoark localizado em Taipei, Taiwan. Segundo o GBC Brasil (organização que fomenta a construção sustentável no país), a edificação alcançou a certificação LEED Platinum, o nível mais alto da certificação internacional.

A partir do pensamento do “bota-fora zero”, ou seja, a eliminação do descarte de resíduos sólidos a partir do total reaproveitamento dos mesmos dentro do próprio canteiro de obras, é possível planejar a melhor forma de execução de determinado serviço bem como a escolha de materiais mais sustentáveis e, dessa forma, realizar construções mais limpas, racionais e eficientes, gerando o mínimo de impactos possíveis para o meio ambiente a partir de atitudes muitas vezes simples, mas que demonstram grande responsabilidade social. A Figura 1 abaixo, apresenta o uso da garrafa pet como enchimento de meio-fio que pode ser utilizado dentro da própria área do canteiro de obras e no seu entorno nas vias pavimentadas. Tal solução minimiza o uso de recursos que seriam utilizados se a peça fosse confeccionada de forma maciça, sem o enchimento.

O artefato é de simples confecção e além da garrafa pet também são utilizados entulhos provenientes de demolição, o que torna a peça duplamente sustentável, contribuindo na preservação dos recursos naturais.

Figura 1 – Exemplo de meio-fio ecológico produzido com entulho e garrafa pet



Fonte: <http://compromissoconsciente.blogspot.com.br/>

Assim como os materiais, a energia elétrica é outro recurso que deve ser racionalizado de forma a diminuir o seu consumo, aumentar a sua eficiência e a sua produção alternativa. Segundo Tavares & Lamberts (2005), quarenta por cento da energia consumida mundialmente é utilizada pelo setor da construção civil e nesse contexto, medidas de gestão do uso racional da energia devem ser tomadas. A priorização de formas alternativas de energia bem como soluções simples que reduzam o uso da energia elétrica, são fundamentais para garantir a sustentabilidade da edificação e geração de lucro para empresa através da diminuição do consumo junto às concessionárias e da melhor qualidade de vida dos usuários.

A Figura 2, mostra o uso de iluminação zenital através da utilização de garrafas pets, mostrando ser uma solução barata, de fácil execução e eficiente em regiões ensolaradas. A capacidade de iluminação das garrafas se mostra tão ou mais eficiente que o uso de lâmpadas fluorescentes principalmente nos dias mais ensolarados.

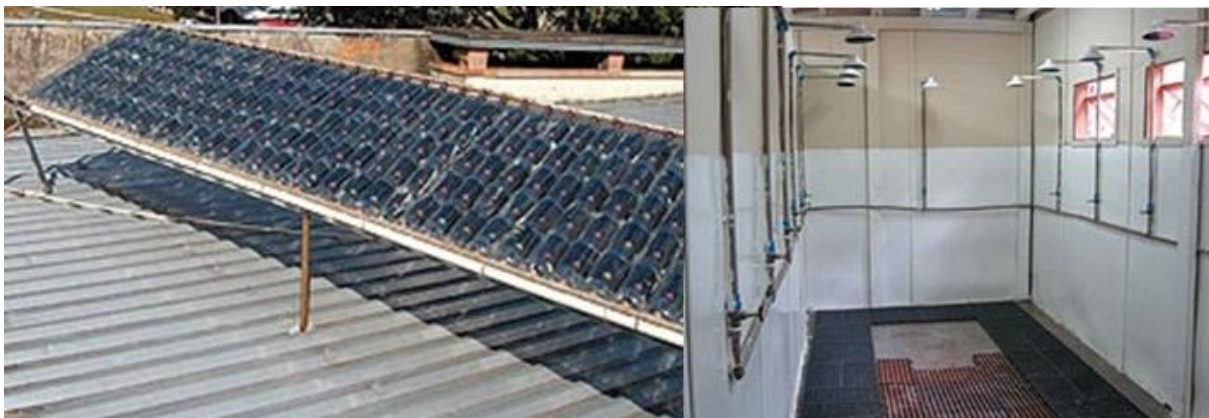
Figura 2 – Iluminação zenital com garrafas pets



Fonte: Revista Equipe de Obra, Ed.45, Dezembro.2011.

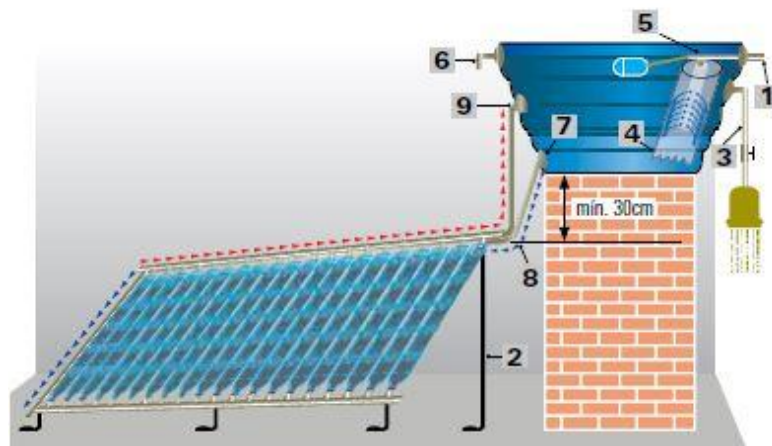
Nas Figuras 3 e 4, apresentadas a seguir, pode-se observar outra forma de utilização de garrafas pets, desta vez, as mesmas são utilizadas como opção simples e econômica para aquecimento da água dos chuveiros e pias para canteiros submetidos a climas mais frios. O sistema apresentado utiliza, em média, duas mil garrafas que ficam suspensas acima do telhado porém abaixo do nível da caixa d'água. Através da diferença de densidade, a água circula entre a caixa e as garrafas fazendo com que a água quente suba e a fria desça. Quando a água nas colunas do coletor aumenta de temperatura, acontece a circulação do sistema e o reservatório fica preenchido pela água quente tende a se acumular no local.

Figura 3 – Uso da garrafa pet no aquecimento solar da água dos chuveiros



Fonte: Revista Equipe de Obra, Ed.41, Novembro.2011.

Figura 4 – Diagrama básico de um aquecedor solar utilizando garrafas pet



Fonte: Manual de construção e instalação de aquecedor solar composto de produtos descartáveis - Celesc. Maio.2009.

Por fim, as garrafas pet também podem ser reutilizadas na própria construção servindo como enchimento de paredes e lajes de cobertas como mostram as Figuras 5, 6 e 7. Tal modelo de construção representa uma economia em torno de 40% a 50% para a empresa em relação às construções convencionais.

Figura 5 – Uso de garrafas pet como enchimento de lajes



Fonte: Marília Rocha, 2013

Figura 6 – Uso de garrafas pet como enchimento de paredes - exemplo 01



Fonte: Diego Tenório de Albuquerque, 2013

Figura 7 – Uso de garrafas pet como enchimento de paredes - exemplo 02



Fonte: William Kelba Ramos, 2013

Através da adoção de algumas ações que variam de simples medidas como a conscientização dos usuários à práticas sustentáveis como a reutilização de garrafas pet, é possível construir um ambiente mais limpo, eficiente e ambientalmente responsável, contribuindo e aumentando a produtividade de seus usuários como também proporcionando o bem-estar dos visitantes frequentadores e colaboradores das instalações além de diminuir os custos da empresa e o descarte de resíduos plásticos para os lixões.

#### **4.CONCLUSÕES**

A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais e também uma das maiores geradoras de resíduos sólidos no Brasil. A partir da consciência da limitação de tais recursos, as empresas passaram a buscar soluções mais sustentáveis para os seus empreendimentos e o mercado fornecedor também teve que acompanhar a nova demanda.

Reutilização de materiais conhecidos, criação de novos materiais, uso racional da água e da energia elétrica, além da conscientização dos trabalhadores envolvidos foram algumas ações que tiveram que ser adotadas para a adequação das empresas ao novo cenário de responsabilidade socioambiental que o mercado construtor precisava encarar.

Este trabalho buscou apresentar algumas soluções utilizadas por determinadas empresas em seus canteiros de obras no que diz respeito à reutilização de garrafas pet como insumo utilizado em telhados, tanto para iluminação como para aquecimento da água, e como enchimento para meio-fio, paredes e tetos, para tornar o ambiente de trabalho mais sustentável através da diminuição do consumo dos recursos naturais e da menor geração de resíduos. No presente trabalho foi abordada a reutilização das garrafas pet dentro das instalações dos canteiros de obras. O mesmo apresentou soluções sustentáveis reais, aplicáveis às instalações temporárias das construções contribuindo para a diminuição de descarte de material plástico.

Tais medidas, quando adotadas pelas empresas são sentidas por todos os usuários diretos e indiretos através do bem estar proporcionado pelo ambiente sustentável, o que conseqüentemente aumenta a sua consciência socioambiental não só no ambiente de trabalho como também passa a ser replicado em sua residência sempre que possível. Dessa forma, os objetivos gerais e específicos foram atingidos através dos exemplos possíveis e concretos apresentados e já adotados em algumas empresas.

## REFERÊNCIAS

ABIPET – Associação Brasileira de Indústria do PET. **9º Censo da reciclagem de PET no Brasil 2012**. 2013. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=7>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

ALBUQUERQUE, Diego Tenório de. **Casas de garrafas**: idéias novas para problemas antigos. Blog Albd5 Construções. 30/09/2013. Disponível em: <[http://albd5.blogspot.com.br/2013\\_09\\_01\\_archive.html](http://albd5.blogspot.com.br/2013_09_01_archive.html)>. Acesso em 10/12/2015.

COMPROMISSO CONSCIENTE. **Meio fio ecológico, feito de entulho e garrafa pet**. Disponível em: <<http://compromissoconsciente.blogspot.com.br/2012/07/meio-fio-ecologico-feito-de-entulho-e.html>>. Acesso em 25 mai.2015.

FERREIRA, Romário. Iluminação econômica. **Revista Equipe de Obra**, ed. 45, Dez.2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/45/iluminacao-economica-sistema-de-iluminacao-com-garrafas-pet-pode-251120-1.aspx>>. Acesso em 8 jun.2015.

GEROLLA, Giovanni. Soluções sustentáveis. **Revista Equipe de Obra**, ed. 41, Nov.2011. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/41/solucoes-sustentaveis-construtora-implanta-medidas-para-reduzir-consumo-de-239477-1.aspx>>. Acesso em 15 abr.2015.

GIANSANTI, R. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atual, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. Sao Paulo: Atlas, 1994.



GREEN BUILD COUNCIL BRASIL. **Edifício feito de garrafas PET recebe certificação LEED**. Mai.2016. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=178>>. Acesso em 20 mai. 2016.

LEI 12.305/10. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 21 mai. 2016.

MANZINI, Ézio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MINAYO, M. C. S. & SANCHES, O. **Quantitative and Qualitative Methods: opposition or Complementarity?** Cad. Saúde Públ., Rio de Janeiro, 9 (3): 239-262, jul/sep, 1993.

ORTIZ, Fabíola. **Empresário de reciclagem de pet dia que impostos matam indústria**. Mar. 2014. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/reportagens/28145-empresario-de-reciclagem-de-pet-diz-que-impostos-matam-industria/>>. Acesso em 25/05/ 2016

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PRIORI JR, Luiz. **Estudo exploratório sobre gestão mais sustentável em canteiros de obra na Região Metropolitana do Recife**.2011. Tese de Doutorado em Engenharia Civil/Universidade Federal de Pernambuco.Recife.

RAMOS, William Kelba. **Garrafas Pet Recicladas são Utilizadas na Construção de Paredes**. Webradioagua.com 10/10/2013. Disponível em <<http://www.webradioagua.org/index.php/tutorial/item/1368%ADgarrafas%ADpet%ADrecicladas%ADs%C3%A3o%ADutilizadas%ADna%ADconstru%C3%A7%C3%A3o%ADde%ADparedes3/5>>. Acesso em 25/05/ 2016

SEBRAE. Disponível em: <<http://www.rn.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/RN/empresas-potiguares-edificam-residencias-sustentaveis,9687f1ab2be06410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em 23 mai. 2016.

TAVARES, Sergio F., LAMBERTS, Roberto. **Consumo de Energia para Construção, Operação e Manutenção das Edificações Residenciais no Brasil**. Anais do Evento ENCAC . ELACAC. Maceió, Alagoas. 2005. Págs. 2037 - 2045.

ROCHA, Marília. **Empresa do RN lança projeto de construção de casas com garrafa pet**. Website Nominuto.com 15/09/2013. Disponível em <<http://www.nominuto.com/noticias/cidades/empresadornlancaprojetodeconstrucaodecasascomgarrafapet/102145/>>. Acesso em 10/12/2015.

## 6.2. INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE COCO SECO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

**SILVA, Deborah Grasielly C. da**

Mestranda

Universidade de Pernambuco (Politech/UPE)

deborahgrasielly@yahoo.com.br

**FONSECA, Juliana Maria Mccartney da**

Mestranda

Politech/UPE

mccartney.juliana@gmail.com

**SILVA, Dione Luiza da**

Mestrando

Politech/UPE

dione\_luiza@hotmail.com

**SILVA, Ângelo Just da Costa e**

Doutor

Politech/UPE

angelo@tecomat.com.br.

### RESUMO

Apesar do grande crescimento da produção de coco no Brasil, não há políticas para destinação final de resíduo. Por outro lado, a fibra do coco possui excelentes propriedades e baixo custo. Diante disto, o objetivo deste estudo consiste na análise do comportamento do compósito produzido pela adição de fibras de coco em argamassas de revestimento, estudando as características mecânicas no estado endurecido e identificando as contribuições positivas desta adição. Foram analisadas composições de argamassa sem adição de fibras e com diferentes percentuais, em resistência à compressão, tração na flexão e aderência. De posse dos resultados observou-se que as argamassas com fibras sofreram redução em resistência à compressão e aderência, porém obtiveram ganho de resistência à tração na flexão. Considerando que argamassas de revestimento são solicitadas principalmente à tração ocasionando fissuras frequentemente, esta adição salta como uma potencial solução a este tipo de manifestação patológica, além de ser uma grandiosa contribuição à destinação deste resíduo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósito, Fibras vegetais, Fissuras.

## 1.INTRODUÇÃO

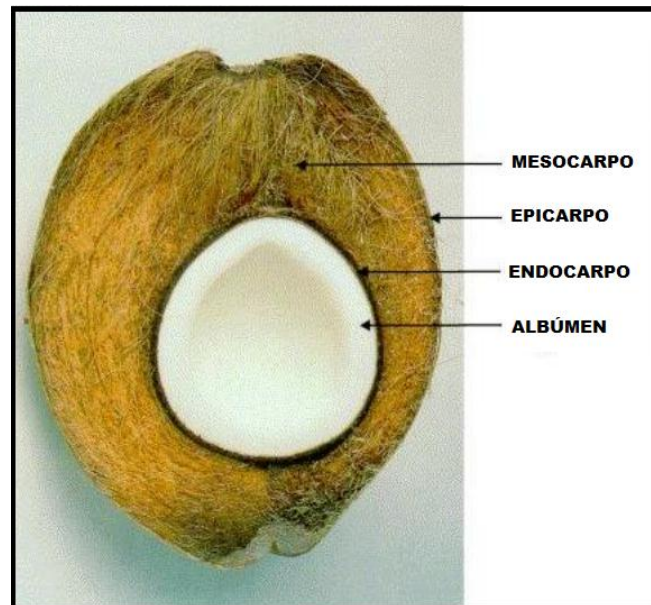
De acordo com Casarek (2007), de forma comum e frequente, as argamassas de revestimento são submetidas a diversas solicitações dentre as quais se podem destacar, pela grande influência na durabilidade da argamassa, a retração por secagem, a movimentação da base (alvenaria/estrutura) e movimentação de origem higrotérmica. Naturalmente estas solicitações costumam apontar no revestimento o aparecimento de fissuras e trincas. A grande incidência fissuras destaca a necessidade, cada vez maior, da construção civil apresentar novos materiais e técnicas construtivas que visem, se não eliminação, ao menos a diminuição desta manifestação compatibilizando mão de obra e sistemas construtivos, de maneira condizente à Engenharia.

De acordo com Agopyan e Savastano Junior (2007) a adição de fibras em matrizes pode melhorar suas propriedades mecânicas, como a resistência à tração, à flexão e ao impacto e além disso, altera seu comportamento após fissuração diminuindo os efeitos de uma ruptura brusca da matriz cimentícia. Segundo Uniempre (2014), nos Estados Unidos, já existem trabalhos publicados que afirmam que o uso de fibras de coco em matrizes cimentícias melhoram as propriedades como torção notável, rigidez e força de tensão. No combate a fissuras em revestimentos é conhecida e comprovada a adição de fibras sintéticas, a exemplo das fibras de polipropileno, à argamassa de revestimento, porém quanto a fibras naturais ainda se observam poucos estudos na literatura que apresentem o comportamento e os efeitos positivos.

No que diz respeito às fibras naturais, a fibra de coco em especial, segundo a Associação Brasileira de Agroindústria do coco (ABRACOCO) é ecologicamente correta; resistente; durável – vida útil estimada em 90 anos quando manufaturada; possui ótima aeração - facilitando na circulação do ar; isenta de ácaros e fungos, devido à presença do tanino (acaricida e fungicida natural) na fibra; e por fim, biodegradável. Ainda considerando suas propriedades Castilhos (2011) a descreve como uma fibra de elasticidade superior a outras fibras vegetais, elevada capacidade de resistir à umidade e a altas variações nas condições climáticas. Sendo assim, no estudo da adição de fibras naturais às argamassas de revestimento, se vê nas fibras de coco excelentes propriedades.

O coco, fruto do coqueiro, é constituído por várias camadas: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e a castanha, também chamada de albúmem sólido, que é a parte do fruto de maior valor comercial, e o albúmem líquido, conhecido como água de coco (CASTILHOS, 2011). As fibras de coco são extraídas do mesocarpo, camada localizada abaixo do epicarpo. Segue esquematização das camadas do fruto (Figura 1).O mesocarpo, casca fibrosa externa do coco, normalmente não é aproveitado no Brasil, no entanto, produz fibras que poderiam ser utilizadas em diversas aplicações industriais. Formado por densas fibras, agregadas pelo tecido conjuntivo, o mesocarpo dispõe de fibras resistentes às águas salgadas, próprias para cordoaria naval, tapetes, escovas, etc. O mesocarpo de cocos maduros e secos fornece fibra lenhosa e dura, que dá coiro ordinário (VALE, 2007). Quanto à durabilidade, as fibras do coco são formadas por celulose, hemicelulose, lignina, pectina, cera e outras substâncias solúveis em água. Nesta composição há um alto conteúdo de lignina, o que permite que a degradação da fibra de coco ocorra mais lentamente que outras fibras vegetais (HEJAZI et al., 2012).

Figura 1 - Corte longitudinal do coco, representando sua camadas.



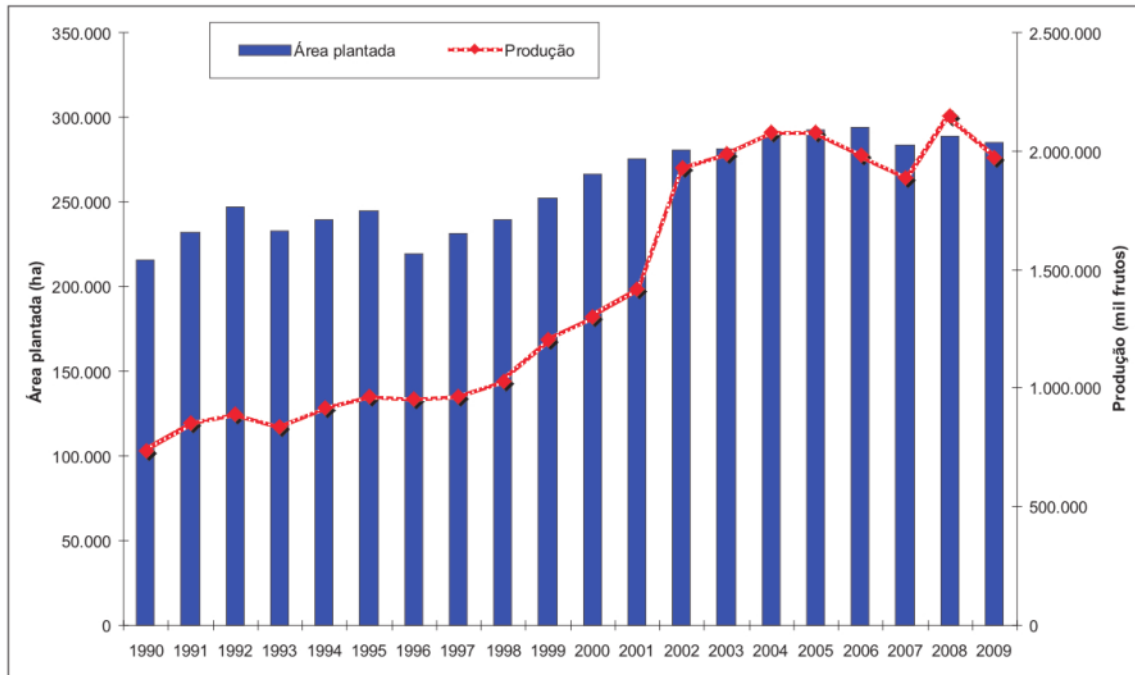
Fonte: Van Dam et al. (2004) apud Passos (2005)

Além de ser um recurso renovável, as fibras de coco são abundantes no Brasil, de fácil obtenção e baixo custo, o que faz desta uma excelente opção de adição. De acordo com Silva (2013) O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma das frutíferas mais difundidas naturalmente no globo terrestre, ocorrendo em praticamente todos os continentes. A facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são vantagens adicionais apresentadas por este tipo de material. O mercado do coco verde no Brasil é crescente e significativo, não só pelo aumento de áreas de plantios, com Coco Anão Verde destinado à produção de água, mas pelo crescimento do consumo da água de coco (MARTINS & JESUS JÚNIOR, 2011).

O Brasil possui cerca de 280 mil hectares cultivados com coqueiro, distribuídos, praticamente, em quase todo território nacional com produção equivalente a dois bilhões de frutos (FAO, 2015). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009), percebe-se um aumento vertiginoso da produção de coco a partir do final da década de 1990. Segue a representação da área plantada e a produção de coco no Brasil de 1990 à 2009 (Figura 2). Apesar do cultivo do coqueiro estar sendo estimulado e introduzido em várias regiões do país, segundo o IBGE (2009), a faixa litorânea do Nordeste e parte da região Norte do Brasil, favorecidas pelas condições de tropicalidade climática, concentram as maiores plantações e produções, sendo ambas, responsáveis por aproximadamente 70% da produção do coco brasileiro.

Em conjunto à abundância desta matéria - prima, as fibras de coco além de apresentarem vantagens inerentes as fibras vegetais como ductilidade, baixo peso específico e grande disponibilidade (CASTILHOS, 2011), também reúne nas propriedades, alta elasticidade e grande capacidade de resistir a umidade e a variações climáticas (MOTTA ,2007) o que faz desta um excelente material à construção civil e mais especificamente à revestimentos.

Figura 2 - Área plantada e produção de coco no Brasil de 1990 a 2009



Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal (2009)

De acordo com Cunha (2012), no aspecto ambiental a produção de coqueiros permite o controle dos processos erosivos nas regiões litorâneas, onde melhor se desenvolve e a recuperação de áreas degradadas em virtude de desmatamento. No entanto, apesar dos benefícios da abundância do coco nessas regiões, observa-se a ausência de uma política de gestão dos resíduos proveniente do coco, que por seu volume naturalmente causa transtornos ao serviço de coleta de lixo e quando não devidamente destinados, são lançados em aterros e lixões que em condições anaeróbicas emitem metano contribuindo para o efeito estufa. Diante do exposto e tomando como base a necessidade, cada vez maior, do setor da construção por inovações sustentáveis, o foco do presente artigo é a proposta da utilização da fibra de coco como adição argamassas de revestimento.

## 2.METODOLOGIA

O planejamento experimental consistiu em três etapas – seleção dos materiais, dosagem e confecção de corpos de prova e, por fim, execução dos ensaios específicos. Os materiais utilizados foram: argamassa industrializada, água e fibras de coco seco. A razão para escolha de argamassa industrializada pronta em detrimento ao cimento se deve ao fato de que assim houve um maior controle das variáveis de forma que o único parâmetro de comparação entre os compósitos foi a adição, ou não, das fibras de coco nas porcentagens específicas. As fibras de coco, utilizadas no experimento foram facilmente encontradas graças à abundância de coqueiros na cidade litorânea do Recife e então extraídas em processo de cardagem manual. As fibras foram então cortadas mantendo-se um comprimento aproximado de 15 mm, este, escolhido visando-se uma melhor

trabalhabilidade da argamassa dentro do misturador mecânico. Após a seleção e tratamento dos materiais, iniciou-se a etapa de dosagem e confecção dos compósitos. A dosagem foi de acordo com as especificações do fabricante para a quantidade de água, adotando-se a porcentagem de fibra desejada.

Os experimentos foram realizados no laboratório Avançado de Construção Civil - LACC da Universidade de Pernambuco – UPE e para o estudo das argamassas foram moldados corpos de prova em cilíndricos (5x10), prismáticos (4x4x16) e aplicação das argamassas em blocos cerâmicos. Para a execução da mistura foram escolhidas três classificações, sendo elas: família 1- sem fibras de coco, família 2 - com 0,5% de fibras e família 3 - com teor de 1% de fibras. Com a intenção de facilitar o entendimento designou-se uma nomenclatura específica para cada corpo de prova composta por abreviações que especificam o corpo de prova, formato, família à que pertence e percentual de fibras, respectivamente. A nomenclatura se deu da seguinte forma:

- CPC-F1-0%
- CPC-F2-0,5%
- CPC-F3-1%
- CPP-F1-0%
- CPP-F2-0,5%
- CPP-F3-1%

Sendo:

**CPC** : *Corpo de prova - cilíndrico*

**CPP** : *Corpo de prova - Prismático*

**F - %** : *Família – Porcentagem de fibras*

Após a confecção dos corpos de prova, estes repousaram nos moldes por dia e em seguidas foram submetidos à cura por imersão. Decorridos os 28 dias de confecção, os compósitos foram então ensaiados à resistência à compressão de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1995), resistência à tração na flexão NBR 13279 (ABNT, 2005) e resistência de aderência à tração NBR 13528 (ABNT, 2010). A partir dos resultados obtidos, foram organizados os dados e calculados os resultados médios de resistência à compressão, tração na flexão e resistência potencial de aderência de cada uma das três famílias. Em seguida foram feitas as comparações entre as argamassas com fibras – família 2 e 3 e a argamassa de referência sem fibras – família 1.

### 3.RESULTADOS

Há diferenças significativas nas argamassas com adição de fibras – família 2 e 3 e a argamassa de referência – família 1 (Tabela 1). Nos corpos de prova cilíndricos ensaiados à compressão, observou-se que o compósito sem fibras de coco – Família 1 - apresentou maior resistência do que os compósitos com fibras – família 2 e 3 os resultados apresentados na tabela 1 deixam claro que à medida que se aumenta o teor de fibras ao compósito, ocorre um decréscimo da resistência a compressão em relação a argamassa de referência, havendo-se perda de 36% e 55%,

respectivamente, nas famílias 2 e 3. Levando-se em conta que segundo Gomes (2008, p. 8), argamassas destinadas a revestimento não são primordialmente solicitadas à compressão. A perda dessa resistência mecânica não afeta diretamente a função a qual os revestimentos de argamassa são destinados.

As metades dos corpos de prova prismáticos ensaiados a compressão também

Tabela 1 - Resultados médios do comportamento das argamassas

<b>Descrição</b>	<b>Família 1</b>	<b>Família 2</b>	<b>Família 3</b>
Resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos (MPa)	11,33	7,26	5,11
Resistência à compressão em corpos de prova prismáticos (MPa)	7,75	6,79	6,51
Resistência à tração na flexão (MPa)	1,57	1,84	1,74
Resistência Potencial de aderência à tração (MPa)	0,30	0,18	0,11

Fonte: Autoria Própria.

apresentaram queda de resistência a compressão nas argamassas das famílias 2 e 3 em comparação com a argamassa de referência - sem fibras. Dessa forma reitera-se que à medida que se aumenta o teor de fibras ao compósito, ocorre um decréscimo da resistência à compressão. Verificaram-se perdas de 12% e 16%, nas argamassas das famílias 2 e 3 em relação à família 1, respectivamente. Quanto à resistência à tração na flexão, observou-se que o compósito com adição de 0,5% de fibras – família 2 apresentou maior resistência do que os compósitos – família 1 e Família 3. Sendo assim pode se entender que até um certo percentual, a adição de fibras de coco contribui para um crescente aumento na resistência à tração do compósito, porém após esse percentual este aumento começa a decrescer. Analisando-se os dados pode-se constatar que a adição de 0,5% de fibras de coco ao compósito desencadeou em um aumento na resistência a tração de 17%, enquanto que o compósito com adição de 1% de fibras apresenta um acréscimo de apenas 11%.

Considerando que de acordo com Henz (2009, p. 25), na análise do desempenho dos revestimentos em argamassa, a resistência à tração tem uma grande importância por ser responsável a resistir aos esforços de tensão, a adição de fibras até um certo percentual torna crescente a o ganho de resistência à tração do compósito, contribuindo assim, positivamente, no combate aos esforços de tensão e consequentemente contribuindo para a inibição do aparecimento de fissuras no revestimento. Os resultados do ensaio de resistência a aderência observou-se que a argamassa sem fibras – família 1 apresenta uma maior aderência a base do que as argamassa com fibras – família 2 e 3. Em relação à argamassa de referência – família, verificou-se a perda de resistência de 39% e 65%, nos compósitos da família 2 e família 3, respectivamente. Considerando que a adição de fibras torna a mistura mais consistente, as argamassas da família 2 e 3 apresentaram uma menor trabalhabilidade e fluidez quando comparadas à argamassa de referência – família 1 sugere-se que a explicação para a queda da resistência a aderência nas famílias 2 e 3 decorre do fato de que estas, por serem menos fluidas penetram com mais dificuldade nos poros da base e consequentemente tem um menor ancoragem no substrato, enquanto que na argamassa de

referência – família 1, há uma maior penetração da argamassa ao substrato e conseqüentemente uma maior ancoragem e melhor aderência. Analisando os resultados, observa-se que o acréscimo de um aditivo específico para conferir uma maior trabalhabilidade na mistura tornaria as famílias 2 e 3 igualmente aderidas a base como a argamassa da família 1. Analisando os compósitos de acordo com as exigências previstas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, foram estabelecidas classificações (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação das argamassas segunda ABNT

<b>Corpos de Prova</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>	<b>Classificação NBR 13281 (ABNT, 2005)</b>
CP-C-F1-0%	11,33	P6
CP-C-F2-0,5%	7,26	P5
CP-C-F3-1%	5,11	P4
<b>Corpos de Prova</b>	<b>Resistência à tração na flexão (MPa)</b>	<b>Classificação NBR 13281 (ABNT, 2005).</b>
CP-P-F1-0%	1,57	R3
CP-P-F2-0,5%	1,84	R3
CP-P-F3-1%	1,74	R3
<b>Corpos de Prova</b>	<b>Resistência Potencial de aderência à tração (MPa)</b>	<b>Classificação NBR 13281 (ABNT, 2005).</b>
Família 1	0,30	A3
Família 2	0,18	A2
Família 3	0,11	A2

Fonte: Autoria Própria.

Quanto ao aspecto dos corpos de prova após seu rompimento a compressão e tração, pode-se notar o aumento da tenacidade do material com fibras que, se comparado à argamassa de referência, se mantiveram mais íntegros enquanto os de referência se desintegraram mais facilmente, como observado a partir dos corpos de prova. Segue corpos de prova rompidos à compressão e à tração na flexão (Figuras 3 e 4).

Figura 3- Aspecto de corpos de prova rompidos à compressão

**Família 1****Família 2****Família 3**



Fonte: Autoria Própria.

Figura 4- Aspecto de corpos de prova rompidos à tração



**Família 1**

**Família 2**

**Família 3**

Fonte: Autoria Própria.

## 4. CONCLUSÕES

Os valores obtidos através do ensaio de resistência à compressão apresentaram perda de resistência nos corpos de prova com adição de fibras de coco. No ensaio de aderência das argamassas estudadas, pode-se perceber uma significativa perda de resistência potencial à tração na medida em que se aumenta o percentual de fibras em comparação com a argamassa de referência – sem fibras. A resistência à tração das argamassas estudadas foi analisada por meio de ensaio à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Os resultados demonstram que a argamassa de referência – sem fibras, é mais frágil do que as que receberam adição de fibras. Isso se deve à grande ductilidade e alta elasticidade inerente às fibras vegetais, que tornaram a argamassa mais dúctil.

Levando-se em conta que os revestimentos são solicitados primordialmente à tração, a utilização de fibras de coco em argamassas de revestimento apresenta-se como uma opção com grande potencial de minimização do aparecimento de fissuras no revestimento. Vale ressaltar que uma boa argamassa de revestimento necessita ser menos resistente e mais deformável, sendo assim, a adição de fibras à argamassa confere resultados satisfatórios quanto à resistência à compressão e à tração e, com o acréscimo de um aditivo, também a torna suficientemente aderente.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V; SAVASTANO JUNIOR, H. **Fibras vegetais como materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (editor) *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: Ibracon, 2007. 2v. 1721 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. NBR 13279: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

CARASEK, H. **Patologia das argamassas de revestimento**. In: Isaia, G.C.. (Org.). *Materiais de Construção e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007, v. 1, p. 1-11.

CASTILHOS, Lisiane Fernanda Fabro de. **Aproveitamento da fibra de coco**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2011.

CUNHA, P.W.S. **Estudo sobre as potencialidades de compósitos à base de gesso e fibras de coco seco para aplicação na construção**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 120p, 2012.

FAO 2015. World Production. Disponível em: <[www.faostat.org.br](http://www.faostat.org.br)>. Acesso em: 04 jun. 2015.

GOMES, A. O. **Propriedades das argamassas de revestimento de fachada**. Salvador, 2008.

HEJAZI, S. M. et al. **A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers**. *Construction and Building Materials*, v. 30, p.100-116, 2012

HENZ, C.L. **Análise experimental de compatibilidade das argamassas de revestimento e encunhamento**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 85p, 2009.

IBGE 2009. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisa>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

MARTINS, C.R.; JESUS JÚNIOR, L.A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010**. Embrapa, Aracaju, Se, jun. 2011.

MOTTA, L. A. C., **Caracterização de fibras curtas empregadas na construção civil**, In: Boletim técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Escola Politécnica-Departamento de Engenharia de Construção Civil-USP, São Paulo, 2007.

Universidade e Empresa para a Inovação – **UNIEMPRESA**. Fortaleza: Relatório Final de Trabalho Programa Apóstolos da Inovação Grupo Delmiro Gouveia – setor Construção Civil, 2014.

SILVA, N. A., FERREIRA, D. C., LIMA, A. F., **Absorção de metais tóxicos pelas fibras de cocos nucifera I**. *Enciclopedia Biosfera*, V.9, n. 16, p. xxx-xxx, Jul., 2013

VALE, A.C. **Estudo laboratorial da viabilidade do uso de fibras de coco em misturas asfálticas do tipo SMA**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 125p, 2007.

## 6.3.AVALIAÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO COMPOSTO POR LODO DE ETE

**SILVA, Thaísia Venância Barbosa da**

Graduanda

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

thaisia.tata@yahoo.com

**BONFIM, Helyne Thatianne de Castro**

Graduanda

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

helyne\_tathianne@hotmail.com

**SILVA, Andreza Malena Guedes da Costa**

Graduanda

Local de trabalho – Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

andrezacosta18@gmail.com

### RESUMO

Um dos principais resíduos gerados por uma Estação de Tratamento de Esgoto, é o lodo. Diante da dificuldade de destinação adequada desse composto orgânico, o presente trabalho estuda avaliar a viabilidade técnica de seu uso na produção de tijolos ecológicos. O objetivo é demonstrar caminhos que levam a diminuição dos impactos ambientais causados pela destinação inadequada desse substrato, o utilizando em substituição da argila, que é principal agregado miúdo na fabricação de blocos de solo-cimento convencionais que possui em seu processo produtivo etapas prejudiciais ao meio ambiente. A metodologia empregada é baseada em pesquisa acadêmica e também de pesquisa em campo na Estação de Tratamento de Esgoto do Curado - Lógica Ambiental. Os resultados compreendem ensaios técnicos de resistência à compressão e absorção de água, conforme parâmetros estabelecidos pela NBR 10834/2012. A conclusão tem reflexo nos resultados obtidos, comprovando eficiência do uso do lodo, promovendo assim desenvolvimento sustentável e consciência ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, Construção civil, Solo-cimento.

## 1.INTRODUÇÃO

Devido ao acelerado crescimento urbano, é necessária uma logística na destinação dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Esgoto (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.

Segundo Torres (2010), foi constatado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que cerca de 44% dos domicílios do país tinham acesso à rede geral de esgoto e apenas 28,5% do que é coletado recebe tratamento. De acordo com o Nucase (2008), o tratamento de esgotos doméstico é obrigação das prefeituras e do governo de cada estado, mas não é essa a realidade atual. É visto facilmente o lançamento de esgotos em corpos d'água, prejudicando assim a fauna, flora e o ser humano. Apenas 25% a 30% do esgoto em Pernambuco é tratado por esfera pública. Desse modo, para minimizar os impactos causados pela falta de saneamento básico em todo país, a contratação de empresas especializadas em destinação de efluentes é necessária, principalmente por entes privados, como lembra a Lógica Ambiental (2014).O desequilíbrio causado pela destinação incorreta desse resíduo gera diversos danos ambientais, além de uma multa que pode chegar a até 5 mil reais, de acordo com a Lei Municipal de número 16.243/96, da cidade do Recife, que trata do Código de Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico do município.Nesse contexto, o tratamento inadequado do esgoto traz prejuízos para o meio ambiente como, a poluição da água, do solo, e do ar e como consequência na estrutura de ecossistemas e biodiversidade, afetando a saúde e bem estar da população, direta ou indiretamente.

O esgoto nada mais é que a água eliminada depois da utilização como: para banho, limpeza de roupas, louças ou descarga do vaso sanitário, seja para fins domésticos, atividades industriais ou comerciais. Esses efluentes são levados para serem tratados nas ETE, onde deverão ser devidamente descartados.Os esgotos sanitários são formados por uma grande parcela líquida e uma pequena parcela sólida. As ETE produzem alguns tipos de resíduos que podem ser divididos em sólidos, como lixo fino, espuma, areia e lodo e também os resíduos gasosos, como biogás, gás sulfídrico e óxido nitroso. Um desses subprodutos, o lodo (Figura 1), mesmo que rico em matéria orgânica representa riscos à saúde e é prejudicial ao meio ambiente, por conter metais pesados e contribuir para a proliferação de doenças.

A destinação correta de resíduos gerados em ETE contribui para o bom funcionamento do meio ambiente como um todo. De acordo com artigo 48º da resolução 375º do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), "impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas". Atualmente, a destinação do lodo de esgoto é feita em aterros sanitários, pois existe a pressão da Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que fala, que a destinação final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. De modo geral, o tratamento do lodo se divide em dois objetivos, a redução do volume e a estabilização da matéria orgânica. A legislação vigente para uso do lodo de esgoto trata de seu uso na agricultura.

Figura 1 - Lodo de ETE



Fonte: G1(2014)

Como aborda a resolução 375° do CONAMA (2006):

“Esta resolução estabelece critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao ambiente [...] A presente resolução estabelece diversos critérios desde o tratamento até a destinação do lodo para fins agrícolas.”

Alguns métodos alternativos podem ser usados para o tratamento do lodo de esgoto, como: compostagem, digestão aeróbia, digestão anaeróbia e incineração.

A utilização do lodo como agregado na produção de tijolo ecológico (Figura 2) é uma alternativa bastante viável, no sentido sustentável. A ideia foi primeiramente apresentada por estudantes de engenharia de Produção Civil da Universidade de Uberaba (Uniube), foi aprovada e venceu o concurso Mãos à Obra/Precon, cuja premiação foi anunciada durante o Minascon/Construir Minas 2010, principal evento da construção civil e que é uma iniciativa da Câmara da Indústria da Construção da Fiemg (MORENO, 2011). A técnica de utilização de lodo de ETE para fabricação de tijolo ecológico traz vários benefícios ao meio ambiente, como: diminuição de impactos ambientais causados pela retirada de vegetação através das atividades extrativistas da argila e redução da poluição de corpos d'água, a não emissão de gases tóxicos no atmosfera pela queima do tijolo convencional (em olarias), por exemplo.

Com a necessidade de diminuir e achar uma destinação correta e sustentável para esse resíduo, esse Projeto tem como objetivo principal avaliar a viabilização do lodo de ETE como um dos componentes na produção de tijolo ecológico, utilizando como matéria prima o lodo gerado na ETE - Curado (Lógica Ambiental), demonstrando o processo de fabricação desse tijolo, com resultados de testes de resistência à compressão e absorção de água conforme a NBR 10834/2012, e apontando vantagens no seu uso. Diminuindo os impactos ambientais ao dar a destinação adequada e utilizá-lo em pequenas edificações na construção civil como por exemplo, alvenaria de vedação.

Figura 2 - Tijolo Ecológico produzido com lodo de ETE



Fonte: o eco (2009)

## 2.METODOLOGIA

Para desenvolvimento do material teórico foram utilizados meios eletrônicos, na revisão bibliográfica de *sites* de grande relevância como revistas de grande circulação, artigos acadêmicos, dissertações, normas vigentes e apoio acadêmico. Para realização de um material rico em referências, não apenas teórico, utilizou-se da ajuda da ETE Curado (Empresa Lógica Ambiental), localizada na cidade do Recife, que forneceu dados de ensaios técnicos, de resistência à compressão e absorção de água, feitos com corpos de prova de tijolos fabricados no próprio *campus* da empresa.

As informações do processo de preparação dos compostos para a fabricação do tijolo foram fornecidas por Luciana Canterelli, do Departamento de Qualidade da ETE Curado, por meio de conversas e visitas ao *campus* da Lógica Ambiental. Também foram fornecidas análises técnicas por meios de testes de resistência à compressão e absorção de água realizados em laboratório, seguindo parâmetros conforme a NBR 10834/2012 (Bloco de solo-cimento sem função estrutural), que fixa as condições exigíveis para o recebimento de blocos vazados de solo-cimento comuns, destinados a execução de alvenaria sem função estrutural.

## 3.RESULTADOS

Com a necessidade de destinação final do lodo produzido, a ETE Curado, buscou alternativas para a aplicabilidade do resíduo, encontrando assim a oportunidade de uso do lodo na fabricação de tijolo ecológico. Inicialmente, o processo de preparo do lodo para a produção do tijolo passa por processos fundamentais antes de ser direcionado a qualquer plano: Primeiro, o lodo é direcionado para um destorrador (Figura 3), onde é prensado, com a finalidade de eliminar o maior percentual possível de umidade. Logo após é direcionado para o processo de compostagem (Figura 4) que visa a

decomposição da matéria orgânica por meio de microorganismos anaeróbios no qual a temperatura, umidade e nutrientes devem ser controlados.

Figura 3 - Destorrador utilizado na ETE Curado



Fonte: O autor.

Figura 4 - Pátio de compostagem na ETE Curado



Fonte: O autor.

Depois desse processo, o lodo necessita de passar por um processo de higienização, com finalidade de atender a legislação vigente. Essa higienização se dá pelo processo de Caleação (Desinfecção com adição de cal), procurando elevar o pH para chegar a níveis desejáveis, o lodo fica em contato com o cal pelo menos 72h e tem que ter um pH maior que 12. Esse processo se fundamenta na exclusão de patógenos, pois a digestão anaeróbia feita no processo de compostagem não é suficiente para removê-los. Pois quanto menor a possibilidade de vetores transportarem esse lodo, consequentemente, menor a contaminação de pessoas e proliferação de doenças.

Após os processos de tratamento do resíduo, lodo de ETE, ele estará pronto para uso na confecção dos tijolos, esse processo é feito artesanalmente, não tendo em escala industrial. O lodo é utilizado como agregado miúdo, juntamente com o cimento e água, utilizando vários traços diferentes.

A confecção do tijolo ecológico é feito com a mistura direta do lodo, cimento e água, que são colocados em uma betoneira (Figura 5) com finalidade de misturar todos os compostos até chegar ao ponto desejado. A água é adicionada a "olho nu", e a umidade é testada, por um teste chamado de "teste de bolo", que consiste em pegar uma pequena amostra com as próprias mão (Figura 6), apertá-la para sentir a consistência e logo após jogar no "chão" ou uma superfície lisa, e observar que: caso essa amostra permaneça inteira ela está adequada para uso e passará no teste.

Figura 5 - Betoneira utilizada para misturas dos compostos na ETE Curado



Fonte: O autor

Figura 6 - Teste de Umidade



Fonte: Eco Máquinas (2010)

Após o processo de mistura dos compostos e o teste de umidade feitos, a mistura é colocada em uma prensa manual ou hidráulica (Figura 7), onde é concretamente feito o tijolo.



Figura 7 - Prensas manual e hidráulica da ETE Curado



Fonte: O autor

Depois da prensagem os tijolos seguem para o processo de cura que consistem em: primeiro empilhar em paletes, após isso são molhados e depois passam sete dias cobertos e em locais com sombra, secando. Quando atingem a cura (secam), estão prontos para serem utilizados (Figura 8) na construção de pequenas edificações como: para alvenaria de vedação, construção de baias (Figura 9), em geral em construções sem função estrutural.

Figura 8 - Tijolo ecológico pronto



Fonte: O autor.

Como resultado do presente trabalho, serão demonstrados testes realizados (Quadro 1), de reação à compressão e absorção de água seguindo a NBR 10834/2012, com corpos de prova do tijolo ecológico confeccionado na ETE Curado. Visando apontar vantagens, de ponto de vista sustentáveis e favoráveis ao meio ambiente, no seu uso em pequenas edificação como alvenaria de vedação em substituição do tijolo convencional (fabricado em olarias).

Figura 9 - Baias construídas na ETE Curado com o tijolo produzido



Fonte: O autor.

Quadro 1 - Síntese de Ensaio

Amostra		Resultados	
	Lotes (6 Amostras Cada)	Resistência Média A Compressão (Mpa)	Absorção Média (%)
<b>A1</b>	Lodo - Solo Vermelho ½ - Cimento Poty - 6l Água	3,5	8
<b>A1'</b>	1 1/2 Lodo - 7l De Resina	2,5	11
<b>A2</b>	1 1/2 Lodo - 1/2 Cimento Poty - 3l Água	1,7	18
<b>A2'</b>	3 1/2 Cimento Campeão - 3l Água	1,6	17

Fonte: Lógica Ambiental (editado).

Foram utilizados vários compostos nas misturas, feitas de forma aleatória com uso do lodo de ETE, solo vermelho escolhido pela Lógica Ambiental, cimentos de marca Poty e Campeão, água e resina. Com dosagens diferenciadas. Cada lote permite 6 amostras de tijolos. Todos os corpos de prova testados possuíam 250x125cm que de acordo com a NBR 10834/2012 as dimensões para comprimento fica entre 200 a 240 (mm) e largura de 100 a 120 (mm), para tijolos. E a idade atingida para cura foi de 28 dias para todas as amostras. Já para os análises realizadas, o valor mínimo permitido para determinação de resistência média à compressão (MPa) é 2,00 Mpa e para determinação de absorção de água (%) é no máximo 20%, também de acordo com a NBR 10834/2012. Observando o Quadro 1, temos que as amostras do Lote A1 é de melhor resistência a compressão e de menor absorção de água. A resistência à compressão é um dos parâmetros mais importantes dos blocos de solo-cimento. Tendo em vista o melhor custo-benefício e diminuindo perdas financeiras desnecessárias.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados se mostram satisfatórios então, principalmente no tijolo composto por lodo, solo vermelho, cimento Poty e água, o Lote A1 (Quadro 1). Pois, apresenta maior resistência à compressão com resultado de 3,5 Mpa para 28 dias, se mostrando eficaz e satisfazendo a NBR 18034/2012. A resistência à compressão é um dos parâmetros mais importantes do bloco de solo-cimento pois é uma medida que expressa a resistência (quanto suporta) de um determinado material aos esforços de compressão. E também para a análise de absorção de água, o mesmo Lote A1 (Quadro 1) demonstra melhores resultados, obtendo 8% de absorção e satisfazendo a norma, também para 28 dias. Essa análise demonstra o quanto de água o tijolo consegue absorver, mostrando assim com o resultado obtido no Lote 1, que foi entre as amostras a de menor retenção de água e que evita futuramente fissuras e rupturas no tijolo, podendo comprometer a estrutura da edificação realizada.

Por fim, os resultados demonstram a eficiência em utilizar o lodo de ETE, que é resíduo do processo de tratamento de esgoto, como composto para a produção do Tijolo Ecológico (solo-cimento) sem função estrutural. As vantagens de se utilizar o tijolo ecológico em uma edificação se mostra mais sustentável pois não utiliza o processo de queima e também exclui a extração de argila de mananciais, pois esses processos são utilizados na fabricação de blocos cerâmicos convencionais. Diminui a poluição de corpos d'água pra onde não mais vai ser destino esse lodo, destinação essa feita em algumas ETE. O tijolo também se mostra eficaz em isolamento térmico e acústico, sem contar com a estética diferenciada.

Também conta com várias vantagens econômicas e ambientais como: obra limpa sem resíduos gerados, facilidade na execução da alvenaria devido o sistema perfeito de encaixe, diminuindo assim os gastos com argamassa de assentamento, rapidez e eficiência na alvenaria, não necessita de mão-de-obra especializada para a fabricação dos tijolos, matéria-prima predominante, e principalmente destinação adequada de resíduos (o lodo). A presente pesquisa resultou em um dos objetivos previstos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), visa incentivar o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltadas para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluindo a recuperação e o aproveitamento energético. E também atende ao artigo 9º da referida lei, que estabelece que todos os resíduos sejam reaproveitados e tratados, e somente o rejeito desses processos sejam dispostos em aterros sanitários.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**: bloco de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2012.

DMAE pesquisa utilização do lodo obtido do esgoto na agricultura. **G1**. Minas Gerais: 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2014/05/dmae-pesquisa-utilizacao-do-lodo-obtido-do-esgoto-na-agricultura.html>> Acessado em: 08 maio 2016.

EMBRAPA, **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna, São Paulo. 2006. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroLodoEsgoto.pdf>> Acessado em: 08 maio 2016.

LÓGICA AMBIENTAL. **Para onde vai o nosso esgoto sanitário?** 2014. Disponível em: <<http://www.etecurado.com.br/index.asp?dep=1&pg=33>>. Acesso em: 08 maio 2016.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, **Secretaria Nacional de Saneamento Básico**. 2004. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades>> Acessado em: 08 maio 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO No 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006**. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2016.

MORENO, Bárbara. **Tijolos e Meio Ambiente**. 2011. Disponível em: <<http://ecomeninas.blogspot.com.br/2011/04/tijolos-e-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 08 maio 2016.

PERNAMBUCO, Folha de. **Para onde vai o esgoto sanitário?** 2014. Disponível em: <<http://www.folhape.com.br/edicaodigital/2014/setembro/06/files-2014-09-06/assets/basic-html/page12.html>>. Acesso em: 08 maio 2016.

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)> > Acessado em: 08 maio 2016.

RECIFE, Prefeitura do. **Lei Nº 16243**. 1996. Disponível em: <<http://www.legiscidade.recife.pe.gov.br/lei/16243/>>. Acesso em: 08 maio 2016.

TORRES, Daniel. **IBGE: mais da metade das casas não está ligada a rede de esgoto**. 2010. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/ibge-mais-da-metade-das-casas-nao-esta-ligada-a-rede-de-esgoto/n1237753942445.html>>. Acesso em: 08 maio 2016.

**Transversal:** lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto: guia do profissional em treinamento: nível 2; Ministério das Cidades, Brasília: 2008. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/lodo-gerado.pdf>> Acessado em 06 maio 2016.

## 6.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCRETO PRODUZIDO COM RESÍDUO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

**SILVA, Dione Luiza da**

Mestranda

Grupo de pesquisa e extensão voltado à gestão e tecnologia da construção da Universidade de Pernambuco (Politech/UPE)  
dione\_luiza@hotmail.com

**FONSECA, Juliana Maria Mccartney da**

Mestranda

Politech/UPE  
mccartney.juliana@gmail.com

**SILVA, Deborah Grasielly C. da**

Mestranda

Politech/UPE  
deborahgrasielly@yahoo.com.br

**MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto**

Titulação – Doutor

Politech/UPE  
eliana@poli.br

### RESUMO

O cultivo da cana-de-açúcar consiste na aposta de energia renovável que mais crescerá na matriz energética do Brasil. Algumas indústrias do setor canavieiro utilizam a queima do bagaço da cana-de-açúcar para cogeração de energia elétrica, esse processo dá origem a um novo resíduo: as cinzas. Estudos evidenciam a utilização da cinza como adição no concreto podendo melhorar a sua resistência mecânica. Diante disso, o artigo objetiva estudar a resistência mecânica de concretos produzidos com cinzas em substituição parcial do Cimento Portland. Portanto, avaliou-se a resistência de concretos produzidos com 15% de substituição do cimento Portland por cinzas, através do ensaio de resistência à compressão realizado aos 7, 14 e 28 dias de cura do concreto. Os resultados mostraram que essa substituição não causou danos consideráveis a resistência mecânica do concreto. A utilização desse resíduo refletirá na sua destinação sustentável fomentando a sustentabilidade na construção civil e no setor sucroalcooleiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinzas, energia, sustentabilidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria cimentícia além de se abastecer de grande insumo de recursos naturais não renováveis, como o calcário, emite grande quantidade de gases para atmosfera, uma vez que a calcinação demanda de expressiva quantidade de energia para obtenção do clínquer em temperatura média de 1450°C. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2012), aproximadamente 5% das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes de atividades antrópicas na terra advêm da produção de cimento, sendo o Brasil responsável por 1,4% desse valor.

Apesar disso, a indústria brasileira é, em perspectiva mundial, o menor emissor por tonelada de cimento. A eficiência no controle de gases de efeito estufa menor é reflexo é justificada pela maior eficiência energética, utilização de combustíveis alternativos, como o coprocessamento de biomassas e resíduos (em detrimento das tradicionais como o coque de petróleo, óleo combustível e carvão mineral) e utilização de adições (como escórias de alto forno, cinzas volantes, dentre outros) (SNIC, 2013). Visando minimizar os impactos gerados pela produção do cimento Portland, buscam-se fontes alternativas de materiais que possam substituir esse material na construção civil.

Sabe-se que a Indústria da cana-de-açúcar tem como subproduto o bagaço que é utilizado como fonte alternativa para cogeração de energia por diversas usinas do setor. Do processo de incineração do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de energia origina a cinza (CBC). Estima-se que para cada tonelada de cana produzida resulta em 6,2 kg de CBC. Considerando a safra nacional estimada para 2015/2016, cujo montante refletem 658,7 milhões de toneladas, 3,8% em relação a safra anterior e que todo bagaço seria utilizado como fonte energética, seriam produzidas cerca de 4,08 toneladas de CBC (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB), 2015).

A eficácia da CBC é atribuída principalmente à atividade pozolânica. A pozolana é definida pela ASTM 618-08<sup>a</sup> como um material silicoso ou silicoaluminoso que na presença de umidade reage com o hidróxido de cálcio (formado na hidratação do cimento) formando compostos estáveis como silicatos e aluminatos de cálcio, responsáveis pelo aumento de resistência da pasta endurecida. A adição ou substituição parcial do cimento por um material pozolânico proporciona um maior preenchimento dos poros (efeito filler) aumentando o desempenho do concreto através da redução da permeabilidade e do incremento da resistência mecânica, resultando, assim, numa maior durabilidade de cimentos e concretos endurecidos, decorrente de uma menor suscetibilidade a reações deletérias (SNELLINGS et al., 2010).

Fernandes et al. (2015) avaliou a substituição do agregado miúdo por CBC em teores de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% e constatou que em concretos cuja substituição foi 20% apresentaram as melhores resistências da amostra, equiparando-se ao teor de referência (0%), evidenciando a viabilidade nesse método. Com isso, o presente artigo objetiva investigar a viabilidade do uso da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de construção civil na produção do concreto, contribuindo assim para redução dos impactos ambientais decorrentes da fabricação do cimento Portland ou redução do uso de recursos naturais (como areia, no caso de cinzas inertes), além de um descarte ecológico e sustentável designado a CBC.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização dos materiais

#### 2.1.1 Cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC)

A CBC foi coletada em tanques de decantação de uma Indústria zoneada na Região Metropolitana do Recife-PE, a coleta foi realizada na primeira safra do ano de 2015. Em seguida, as cinzas foram levadas para laboratório para secagem e caracterização segundo a orientação das normas abaixo:

- Análise Granulométrica - ABNT NBR 7181 (1984);
- Massa Específica e Teor de Umidade - ABNT NBR 6508 (1984).

#### 2.1.2. Aglomerante

O cimento utilizado nessa pesquisa foi o cimento Portland CII-32-Z, escolhido em razão do reduzido teor de pozolana na composição (6% a 14%). Cimentos com altos teores de pozolana poderiam influenciar na avaliação da resistência final do concreto. As características do aglomerante utilizado, conforme o fabricante, estão descritas a seguir (Quadro 1).

Quadro 1 - Características físicas do cimento Portland CII Z- 32

	<b>Características</b>	<b>Norma</b>	<b>CII-Z-32</b>
<b>Finura</b>	P # 200	NBR 7215-91	1%
	P # 325	NBR 7215-91	5,70%
	* Blaine	NBR 7224-84	3390 cm <sup>2</sup> /g
<b>Tempo de pega</b>	Final	NBR 11581-	5h 20min
		91	
<b>Resistência à compressão</b>	1 dia	NBR 7215-91	9,9 Mpa
	7 dias	NBR 7215-91	19,7 Mpa
	14 dias	NBR 7215-91	25,2 Mpa
	28 dias	NBR 7215-91	31,3 Mpa

Fonte: Dados do fabricante, 2015.

#### 2.1.3 Agregado Graúdo

O agregado graúdo, de origem basáltica, de dimensão 19 mm, utilizado no concreto é proveniente da região de Recife-PE, cuja caracterização é definida ABNT NBR 7211 (2009), através do percentual retido nas peneiras padronizadas (Quadro 2).

Quadro 2 - Características físicas do agregado graúdo

<b>Peneira</b>	<b>Retida</b>	<b>Acumulada</b>
<b>19 mm</b>	1%	1
<b>12,5 mm</b>	42%	43
<b>9,5 mm</b>	26%	69
<b>6,3 mm</b>	24%	93
<b>4,75 mm</b>	4%	97
<b>2,36 mm</b>	2%	99
<b>1,18 mm</b>	-	99
<b>600 µ</b>	-	99
300 µ	-	99
150 µ	-	99
Total	100	662
Módulo de finura	-	66,2
Dimensão máxima	-	19
Massa Específica	-	2,93

Fonte: Betat et al., 2009. Adaptado pelo autor, 2015.

#### 2.1.4 Agregado Miúdo

O agregado miúdo, de origem quartzosa, de dimensão 19 mm, utilizado no concreto é proveniente da Região Metropolitana do Recife-PE, cuja caracterização foi baseada na ABNT NBR 7211 (2009), que fixa os limites granulométricos do agregado miúdo por meio das zonas no qual se enquadra. As denominações (Quadro 3), cuja caracterização dá-se em função das percentagens retidas de material nas respectivas peneiras.

Quadro 3 - Características físicas do agregado miúdo

<b>Peneira (abertura em mm)</b>	<b>Massa Retida nas Peneiras (%)</b>
9,5	0
6,3	0-7
4,8	0-12
2,4	0-15
1,2	30-70
0,6	66-85
0,3	85-95
0,15	90-100

Fonte: Mohamad et al., 2009. Adaptada pelo autor, 2015.

#### 2.1.4 Água

Para o amassamento do concreto acrescentou-se à mistura água potável, proveniente da rede de abastecimento de água da cidade do Recife-PE, fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Adotou-se para esse trabalho uma relação água/cimento de 0,48.



## **2.2 Procedimento**

### **2.2.1 Seleção amostral da CBC**

Uma pequena amostra da CBC foi separada em três cápsulas distintas e levada para estufa a 100 °C em um período de 24h para a realização do ensaio de teor de umidade, como descrito na ABNT NBR 6508 (1984). Para a classificação granulométrica da CBC, seguiram-se as orientações da ABNT NBR 6502 (1995), que consiste no peneiramento da amostra de cinza através de uma sequência de peneiras, observando a quantidade retida e quantidade passante em cada peneira. Após o peneiramento de uma quantidade suficiente para realização dos ensaios, as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos para posterior utilização.

### **2.2.2 Moldagem dos corpos de prova**

Para avaliar o efeito da substituição do cimento Portland por teores de CBC, na resistência, foram escolhidos 18 corpos de prova cilíndricos de 10 x 20 cm. Da quantidade de cimento dosada, 15% em massa foi substituída pela CBC. A dosagem do concreto seguiu os parâmetros descritos na ABNT NBR 12655 (1996) e obedeceu ao traço de 1:2:3:0,48. Conforme a ABNT NBR NM 67 (1998), foi obtido o slump de cada betonada, pelo ensaio de abatimento de tronco de cone. A moldagem, o desmolde (executado após um período de 24 horas) e o procedimento de cura adotada seguiram as orientações da ABNT NBR 5738 (2015).

### **2.2.3 Ensaio de resistência à compressão simples**

As idades para a realização do ensaio de resistência à compressão obedeceram aos 7, 14 e 28 dias de cura do concreto, onde os corpos de provas foram submetidos à compressão na prensa classe 1 (conforme a ABNT NBR NM ISO 7500-1) calibrada na escala referente à empregabilidade no ensaio de ruptura prescrito pela ABNT NBR 5739 (2007).

## **3.RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **c.Teor de umidade e granulometria**

No resultado do ensaio do teor de umidade (Quadro 4) a cinza coletada apresentou uma umidade bastante significativa, média de 45%, o que certamente alteraria a relação água/cimento taxada na dosagem do concreto se fosse desconsiderada.

Quanto à classificação granulométrica a CBC, de acordo com a ABNT NBR 6502 (1995), se enquadra nas areias médias, ou seja, mais de 50% da cinza ficou retida na peneira 0,200 mm. Escolheu-se a granulometria passante na peneira com abertura de 0,297 mm.

Quadro 4 – Teor de umidade da cinza

<b>Teor de Umidade da Cinza</b>			
<b>Número da Cápsula</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Massa da cápsula seca</b>	72,84	72,55	73,39
<b>Amostra úmida + cápsula</b>	167,92	172,2	184,5
<b>Amostra seca + cápsula</b>	125,68	133,04	127,1
<b>Teor de umidade (%)</b>	44,43	39,3	51,56
<b>Teor de umidade média</b>	<b>45,1</b>		

Fonte: Próprio autor.

#### **d. Abatimento do concreto com CBC**

Os traços estudados obtiveram resultados consistentes de abatimento, 8,5 cm (Quadro 5). Esse resultado está coerente para o traço adotado (de 8 a 10 cm), conforme a ABNT NBR NM 67(1998). Quadro 5– Abatimento do concreto

<b>Característica</b>	<b>Traço</b>	
	<b>0% cbc</b>	<b>15% cbc</b>
<b>Abatimento (cm)</b>	8	8,5

Fonte: Próprio autor.

### **3.3. Resistência à compressão do concreto com CBC**

Apresenta-se os resultados da resistência à compressão das séries estudadas (Quadro 6) e suas respectivas médias avaliadas aos 7, 14 e 28 dias de tempo de cura (Quadro 7). E graficamente estes resultados estão ilustrados na Figura 1. De uma forma geral, verifica-se através da Figura 1 que aos 7 dias, 14 e 28 dias de cura, respectivamente a série produzida com 15 % de CBC em relação ao corpo de prova padrão apresentou um desempenho menor, porém, estatisticamente similar.

Quadro 6 – Abatimento do concreto

<b>Cbc %</b>	<b>Resistência quanto à compressão (mpa)</b>		
	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>28 dias</b>
<b>0</b>	20,64	22,79	24,31
	20,95	22,86	22,97
	20,36	23,63	23,52
	18,39	20,23	22,45
<b>15</b>	18,23	21,56	22,45
	19,02	21,45	22,46

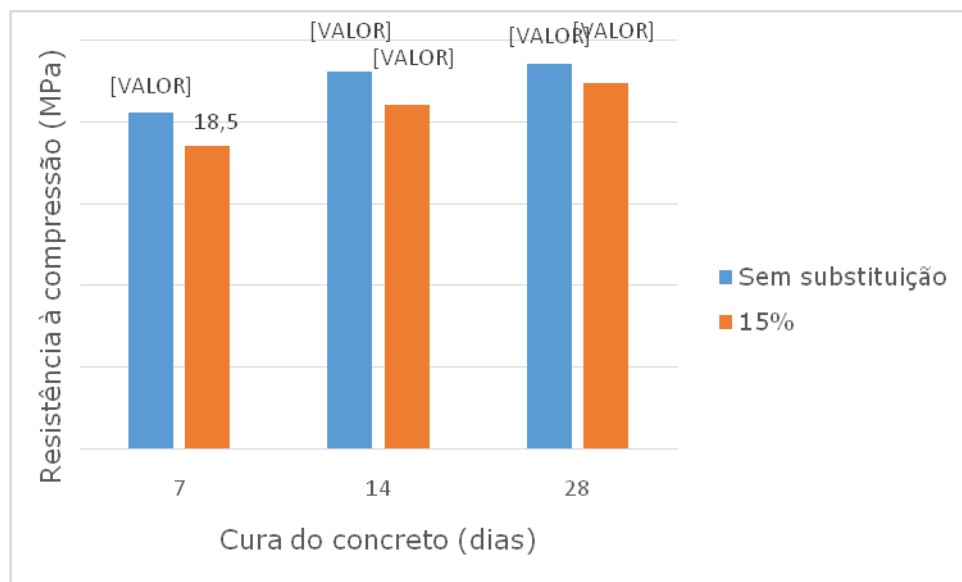
Fonte: Próprio autor.

Quadro 7 – Média da resistência à compressão dos concretos

CBC%	7 dias	15 dias	28 dias
0	20,65	23,093	23,6
15	18,546	21,08	22,453

Fonte: Próprio autor.

Figura 1 – Resistência à compressão dos concretos



Fonte: Próprio autor.

Observa-se na Figura 1 que os concretos produzidos com 15% de CBC apresentaram menores valores de resistência à compressão quando comparados ao concreto sem substituição aos 7, 14 e 28 dias de cura, indiciando que a cinza utilizada, em especial, não apresentou significativas atividades pozolânicas. Evidencia-se que esse resíduo poderia substituir em parcela o cimento Portland ou até mesmo utilizado como forma de agregado miúdo, em substituição parcial da areia, por exemplo, já que a perda de resistência é insignificante, em termos percentuais. Porém, é necessário realizar novos ensaios a fim de verificar o teor adequado para substituição.

#### 4.CONCLUSÕES

Embora a utilização da cinza não tenha apresentado resultado positivo no aumento de resistência à compressão do concreto, pode-se observar que a redução dessa propriedade se deu de forma bastante insignificante, apontando para viabilidade do uso desse resíduo. Sugere-se aqui, portanto, para trabalhos futuros experimentos com outros teores de substituição de cinza visando averiguar quais são os mais apropriados para substituição. Porém, há de se considerar que durante o

procedimento experimental pode ter ocorrido algum equívoco, não identificado, que influenciou nos resultados obtidos com a substituição de 15%.

Sendo assim, não se pode descartar a possibilidade da inserção do resíduo como um insumo do concreto estrutural, pois as suas características químicas apontam para sua utilização no concreto, devendo-se, apenas, estabelecer os teores adequados de substituição com a realização de novos ensaios. A utilização desse resíduo apresenta-se como um importante passo para promover práticas e diretrizes sustentáveis tanto na construção civil, como no setor canavieiro, uma vez que os impactos ambientais causados pelo descarte da CBC no meio ambiente e os impactos causados na fabricação do cimento Portland e/ou extração de areia serão minimizados.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 – **Modelagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto**. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5739 – **Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR 7215 – **Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR NM 67 – **Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do troco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. NBR 7181 – **Solo - análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. NBR 6508 – **Solo - Determinação da Massa Específica Aparente**. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_. NBR 7211 – **Agregado para concreto – especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 12655 – **Concreto – Preparo, controle e recebimento**. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR NM ISO 7500-1 – **Materiais metálicos – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 6502 – **Rochas e solos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1995.

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. **Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete**. ASTM C 618. Philadelphia, 1995.

BETAT, E. F.; Pereira, F. M.; Verney, J. C. K. **Concretos produzidos com resíduos do beneficiamento de ágata: avaliação da resistência à compressão e do consumo de cimento**. Matéria (Rio J.) vol.14 no.3 Rio de Janeiro 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de Cana-de-Açúcar 2015/2016 - Segundo Levantamento. 2015**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_12\\_17\\_09\\_03\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_3o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em: 04 de junho de 2016>.

FERNANDES, S. E.; TASHIMA, M. M.; MORAES, J. C. B.; ISTUQUE, D. B.; FIORITI, C. S.; MELGES, J. L. P.; AKASAKI, J. L. **Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade**. Matéria, vol.20, n.4. Rio de Janeiro, 2015.

MOHAMAD, G.; Neto; A. B. S. S.; Pelisser, F.; Lourenço, P. B.; Roman, H. R. **Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural – previsão e modo de ruptura**. Matéria (Rio J.) vol.14 no.2 Rio de Janeiro, 2009.

SNELLINGS R; MERTENS,G; ELSEN, J. **Calorimetric Evolution of the Early Pozzolanic Reaction of Natural Zeolites**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetric. V. 101, n.1, July, 2010.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual 2012**. Rio de Janeiro: SNIC, 2013.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual 2013**. Rio de Janeiro: SNIC, 2014.

## 6.5. ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

**SILVA, Viviane Rangel Gomes**

Mestranda

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba  
(PPGECAM/UFPB)

viviane\_rangel@hotmail.com

**ROCHA, Elisângela M<sup>a</sup> Rodrigues**

Doutora

PPGECAM/UFPB

elis\_eng@yahoo.com.br

**MELO, Ricardo Almeida de**

Doutor

PPGECAM/UFPB

ricardo@ct.ufpb.br

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a presença de metais pesados, como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Selênio (Se), Zinco (Zn) e Níquel (Ni) nos Agregados Reciclados (AR), classificados como Agregado Reciclado de Concreto (ARC), gerados na Usina de Beneficiamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (USIBEN) em João Pessoa/PB, comparando com alguns Agregados Naturais (AN). Foram realizados testes de lixiviação e solubilização, onde verificou-se que a brita 25 AR, obteve para o metal cromo, na solubilização, um valor limite e a brita 12 AR, também na solubilização, sugeriu para o metal cádmio um possível valor ultrapassando o limite permitido no anexo G da ABNT NBR 10004/2004. De acordo com esses resultados, os agregados reciclados necessitam de mais estudos para que seja proposta a mudança de classificação de Classe II B - Inertes, para Classe II A - não Inertes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metais pesados, agregados reciclados, agregados naturais.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento das construções e, conseqüente, crescimento na geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC), a qualidade de vida das populações é afetada diretamente, uma vez que vai sistematicamente impactando o meio ambiente, desde a extração dos recursos naturais até o descarte inadequado dos resíduos em áreas de mananciais e de preservação ambiental. Neste sentido, a Lei Nº 12.305/2010 também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regula o manejo ambientalmente correto dos resíduos sólidos, implementando metas de redução, reutilização e reciclagem no intuito de reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos para destinação final.

Os RCC por serem heterogêneos podem ser constituídos por elementos perigosos como metais pesados, por isso deve-se levar em conta o tipo de resíduo, a obra de origem, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado. Estes materiais mesmo quando inertes nos materiais - após a reciclagem - podem apresentar riscos, pois nem sempre os processos de reciclagem garantem a imobilização destes componentes. Antes de qualquer reutilização é importante avaliar os riscos da sua aplicabilidade para que não comprometa o meio ambiente e a saúde pública, sejam nos aspectos físicos, químicos e ambientais (SCHAEFER, 2007; PABLOS E SICHIERI, 2010; SILVA, 2012; LIMA E CABRAL, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2014).

Ressalta-se que as análises químicas e mineralógicas permitem elucidar os processos de lixiviação, solubilização e a possível liberação de compostos químicos presentes nos agregados reciclados, que possuem potencial de contaminação de solo subjacente e de águas superficiais e/ou subterrâneas. Como exemplo, foi estudado por Townsend *et al.* (2004), o risco de contaminação por metais pesados em centrais de reciclagem de resíduos da construção civil na Flórida. Outros estudos como Rocha *et al.* (2013) e Zimmermann *et al.* (2014) alertam a necessidade de avaliar não somente os parâmetros técnicos necessários ao fim que se destina, mas também os possíveis danos que possam causar ao meio ambiente. Ressaltam que a presença de contaminantes deve ser investigada a fim de prevenir que poluentes potencialmente perigosos se tornem biodisponíveis.

Mymrin *et al.* (2014) afirmaram que o entulho produzido nos canteiros de obras brasileiros é composto basicamente de 23% de argamassa, 26% de tijolos e blocos, 49% de concreto e 2% de outros materiais deletérios. Dentre esses materiais deletérios mais comuns estão os metais pesados, plásticos, papel e amianto (COLLODETTI *et al.*, 2014). A NBR 10004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos quanto aos seus potenciais riscos ambientais, avaliando a capacidade de lixiviar e solubilizar, identificando o seu potencial de contaminação quando em contato com a água, em Classe I – perigosos e Classe II A – não perigosos e não inertes, e Classe II B – não perigosos e inertes. Os ensaios de toxicidade (lixiviação) e solubilização são descritos pela NBR 10005/2004 e NBR 10006/2004, respectivamente.

Os resíduos de Classe II são considerados como não perigosos, porém quando se tem dúvidas quanto a sua classificação em inertes e não inertes emprega-se a metodologia de solubilização. Os testes de solubilização são empregados com o objetivo de se determinar a solubilidade dos resíduos,

identificando o seu potencial de dissolução e contaminação quando em contato com a água (SILVA, 2012).

A grande preocupação relacionada à solubilidade dos resíduos reside no fato de que, mesmo anos depois ao seu descarte, eles continuam se degradando e contaminando as fontes externas. Estudos realizados por Garcia *et al.*, 1990; Aguiar *et al.*, 2002 e Mellis, 2006 mostram que Cobre, Níquel e Chumbo estão entre os metais que mais se destacam pelo potencial de toxicidade. Independentemente de suas origens, quando presente em quantidades elevadas esses metais podem entrar na cadeia alimentar por meio de acúmulo no tecido vegetal e provocar o desenvolvimento de doenças crônicas e agudas nos animais e serem humanos. Além disso, podem acumular-se no solo, reduzir sua produtividade devido ao seu efeito fitotóxico, alterar a atividade microbiana e contaminar os corpos hídricos (PIRES E ANDRADE,2006).

Alguns trabalhos teve enfoque no impacto que os resíduos podem provocar ao ambiente principalmente, através da lixiviação de metais que possam prejudicar a qualidade do solo e da água (HARTLÉN, 1996; TOWNSEND *et al.*, 2004; SANI *et al.*, 2005; MARION *et al.*, 2005; LIMA E CABRAL, 2013).

Na cidade de João Pessoa/PB, foi promulgada em 10/10/2007 a Lei Nº 11.176/2007 (João Pessoa, 2007), que dá diretrizes para o gerenciamento dos RCC e institui o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, onde os geradores são responsáveis pelos resíduos gerados por suas atividades, bem como o destino final que deve ser o encaminhamento para a Usina de Beneficiamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (USIBEN) ou pontos de coleta definidos pela prefeitura, transformando os entulhos em agregados reciclados, que podem ser usados em pavimentação de vias urbanas e construção de casas populares, assim como acontece em outras cidades brasileiras, segundo (LIMA E CABRAL, 2013).Este estudo refere-se às análises ambientais, investigando a presença de metais pesados nos agregados reciclados provenientes de RCC, comparando-os com as normas específicas e verificando se seu potencial uso pode trazer prejuízos ao meio ambiente e a saúde pública.

## 2.METODOLOGIA

As amostras dos Agregados Reciclados (AR) foram coletadas na USIBEN e os Agregados Naturais (AN) obtidos em usina de asfalto existente no estado da Paraíba. Segundo estudo de Queiroz e Melo (2012), o material estudado foi classificado como ARC (Agregado Reciclado de Concreto), por apresentar mais de 90% de cimento e rochas (brita), conforme NBR 15116 (ABNT, 2004).Inicialmente as amostras foram trituradas, pesadas e separadas em recipiente plástico, para os testes de lixiviação e solubilização que foram realizados no Laboratório de Saneamento (Labsane), do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). O procedimento do teste de lixiviação foi baseado na NBR 10005/2004 e a solubilização na NBR 10006/2004, sendo gerados respectivamente, extrato lixiviado e extrato solubilizado (Figura 1).



Figura 1: (a) Amostras para o teste de solubilização e (b) amostras para o teste de lixiviação.



(a)



(b)

Fonte: Próprio Autor

Neste estudo foram realizadas duas análises de lixiviação e duas de solubilização, sendo analisados na primeira três agregados, todos reciclados: agregado miúdo; brita 12; e brita 25. Na segunda, para uma melhor comparação e continuidade do trabalho, decidiu-se comparar os agregados naturais com os agregados reciclados, sendo acrescentada a areia Reciclada (AR), analisando duas amostras de cada, dois (AN): areia e brita 12; e dois (AR): areia e brita 12.

Foram selecionados alguns metais para cada extrato analisado (Quadro 1), com base em trabalhos científicos como, Cauduro e Roberto (2002); Sampaio (2003); Schaefer (2007); Jacob *et al.* (2009); e Lima e Cabral (2013).

Quadro 1 - Distribuição das amostras para análise dos metais pesados

	<b>Amostras</b>	<b>Agregados</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Metais pesados</b>
1ª Análise (2013)	1	Ag. Miúdo AR	Lixiviação	Arsênio / Cádmio / Chumbo / Cromo
	2	Brita 12 AR		
	3	Brita 25 AR		
	4	Ag. Miúdo AR	Solubilização	Arsênio / Cádmio / Chumbo / Cromo / Cobre / Ferro / Selênio / Zinco
	5	Brita 12 AR		
	6	Brita 25 AR		
2ª Análise (2014)	1	Areia AN	Lixiviação	Arsênio / Cádmio / Chumbo / Cromo / Níquel
	2	Areia AR		
	3	Brita 12 AN		
	4	Brita 12 AR		
	5	Areia AN	Solubilização	Arsênio / Cádmio / Chumbo / Cromo / Cobre / Ferro / Selênio / Zinco / Alumínio / Níquel
	6	Areia AR		
	7	Brita 12 AN		
	8	Brita 12 AR		

Fonte: Próprio Autor.

Nas duas análises, as amostras foram enviadas para o Instituto Tecnológico de Estudos e Pesquisas (ITEP), localizado na cidade de Recife-PE. O setor responsável pelas análises foi o Laboratório de Química Analítica (LQA), seguindo a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 2005).

### 3.RESULTADOS

A Norma NBR 10004/2004 classifica os resíduos em perigosos ou não perigosos, limitando os componentes inorgânicos, inclusive os metais pesados, que possam lixiviar ou solubilizar dos resíduos. Os metais pesados investigados nas duas análises foram comparados com os anexos F e G da NBR 10004/2004 (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de referência dos anexos F e G da NBR 10004/2004

Metais Pesados	Referências	
	Normas	
	NBR 10004 Lixiviação	NBR 10004 Solubilização
Arsênio - As	1,0 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Cádmio - Cd	0,5 mg.L <sup>-1</sup>	0,005 mg.L <sup>-1</sup>
Chumbo - Pb	1,0 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Cobre - Cu	-	2,0 mg.L <sup>-1</sup>
Cromo - Cr	5,0 mg.L <sup>-1</sup>	0,05 mg.L <sup>-1</sup>
Ferro - Fe	-	0,3 mg.L <sup>-1</sup>
Selênio - Se	1,0 mg.L <sup>-1</sup>	0,01 mg.L <sup>-1</sup>
Zinco - Zn	-	5,0 mg.L <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptado das NBR 10004 e 10005.

Townsend *et al.* (2004) comentam que os RCC são em sua maior parte inertes, porém em estudo realizado na Flórida por esses pesquisadores com finos reciclados provenientes desses resíduos foram encontrados altos níveis de metais pesados. Esses metais podem afetar a qualidade do produto reciclado e provocar danos ambientais.

Outros trabalhos corroboram para análise de metais pesados, como: Cauduro e Roberto (2002) analisou a presença dos metais Cr, Pb, Zn, Cd, e Ni, nos testes de lixiviação para a classificação de resíduos sólidos; Sampaio (2003) analisou metais em águas e em sedimentos: Co, Hg, Cu, Fe, Mn, Cd, Zi, Pb, Ni, e Cr; Schaefer (2007) avaliou a liberação de metais pesados como As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Ti e Zn dos agregados reciclados provenientes do beneficiamento de RCC; Ramos (2007) estudou 12 amostras de RCC da cidade de Vitória; Jacob *et al.* (2009) teve como objetivo analisar a lixiviação de metais pesados (Cu, Fe, Zn, Cd, Sn, Cr, Mn, Se, Ni e As) em concretos produzidos com AR de RCC; Lima e Cabral (2013) verificaram a toxicidade e solubilidade de metais pesados nos RCC de fortaleza.

Na 1ª análise (2013), os valores obtidos, tanto para lixiviação, quanto solubilização, estiveram abaixo da norma, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises dos metais pesados nos AR na 1ª análise

Metais Pesados	1ª Análise					
	Extrato Lixiviado (mg.L <sup>-1</sup> )			Extrato Solubilizado (mg.L <sup>-1</sup> )		
	Ag. Miudo	Brita 12	Brita 25	Ag. Miudo	Brita 12	Brita 25
ARSÊNIO - As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
CÁDMIO - Cd	0,003	< 0,003	0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003
CHUMBO - Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
COBRE - Cu	-	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05
CROMO - Cr	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	<b>0,05</b>
FERRO - Fe	-	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05
SELÊNIO - Se	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINCO - Zn	-	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Baseado no laudo do ITEP.

Observou-se que apenas o Cromo, no teste de solubilização, apresentou valor semelhante ao definido na norma (Tabela 1). O que pode ser um indicativo de alerta visto que é um metal pesado bio-acumulativo.

Estudos como o de Togero (2004), Ramos (2007), Lima e Cabral (2013), verificaram que apesar dos componentes serem lixiviados em condições de chuva ácida, nenhum parâmetro no extrato lixiviado ultrapassou os limites estabelecidos pela NBR 10004 (ABNT, 2004), continuando a serem classificados como não-tóxicos. O estudo de Queiroz *et al.* (2014) indicou que o RCD do Município de Coronel Fabriciano, em Minas Gerais, através de teste de lixiviação é muito susceptível ao ataque químico de águas residuárias ácidas. Na 2ª análise, todos os agregados estudados também obtiveram concentração de metais pesados inferiores as normas, exceto o cádmio, no extrato solubilizado da brita 12 AR (Tabela 3), onde o limite de detecção do equipamento que analisou as amostras indicou que os valores podem ser acima do limite definido na norma.

O cádmio é mais utilizado na fabricação de baterias de níquel-cádmio, entretanto, também é empregado no revestimento de metal, algumas tintas e plásticos, materiais presentes em RCC, o que justificaria a sua presença na amostra do AR estudado, assim como observado no estudo de Lima e Cabral (2013), onde quatro amostras de extrato solubilizado apresentaram presença de cádmio acima do limite permitido.

Schaefer, Rocha e Cheriaf (2007) obtiveram resultados semelhantes quando analisaram extratos lixiviados de argamassa produzida com AR provenientes de RCC e verificaram que metais pesados como As, Cd, Cr e Se são lixiviados das argamassas produzidas, entretanto, nenhum parâmetro ultrapassou os limites recomendados pela NBR 10004/2004. Seu estudo, aponta a possibilidade de ter ocorrido contaminação no processo de reciclagem, já que a separação dos RCC foi realizada manualmente, havendo possibilidade de sobras de outros materiais como plástico,

madeira, tinta, entulho de edificações industriais, etc, participarem do processo de moagem e, conseqüentemente contaminando os AR.

Tabela 3 - Resultados das análises dos metais pesados dos AN e AR na 2ª análise

Metais Pesados	2ª Análise							
	Extrato Lixiviado (Mg.L <sup>-1</sup> )				Extrato Solubilizado (Mg.L <sup>-1</sup> )			
	Areia An	Areia Ar	Brita 12 An	Brita 12 Ar	Areia An	Areia Ar	Brita 12 An	Brita 12 Ar
Arsênio – As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cádmio –Cd	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	<0,003	< 0,003	0,003	< 0,01
Chumbo –Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cobre – Cu	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cromo – Cr	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,04
Ferro – Fe	-	-	-	-	<0,05	<0,05	0,13	<0,05
Níquel – Ni	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Selênio – Se	-	-	-	-	<0,001	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: Baseado no laudo do ITEP.

As frações consideradas não degradáveis biologicamente são responsáveis por quantidades consideráveis de metais pesados, a exemplo dos plásticos, que são a principal fonte de Cd, e ligas metálicas que concentram quantidades importantes de Pb, Cu, Cr e Ni, dentre outros. Sendo possível, o aumento da concentração de metais-traço na fração biodegradável durante a decomposição dos resíduos, através dos processos de lixiviação e/ou solubilização (ALCÂNTARA, 2007).

#### 4. CONCLUSÕES

Na análise dos metais pesados, apenas na solubilização, o metal cromo para a brita 25 AR, obteve o valor limite da norma e o cádmio para a brita 12 AR sugere um possível valor maior que a concentração da ABNT NBR 10004/2004. Esses resultados comprovam a necessidade de estudos de monitoramento sistemático e frequentes dos agregados reciclados, de modo a uma possível mudança na classificação. Sendo assim, a substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados pode trazer benefícios econômicos e ambientais para toda a sociedade se o processo não tiver risco de contaminação.

#### REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos - Classificação. **NBR 10004**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. **NBR 10005**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. **NBR 10006**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: Requisitos. **NBR 15116**. Rio de Janeiro, 2004.

AGUIAR, M. R. M. P. de.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais utilizando aluminossilicatos**. Química Nova. V. 25. Nº 6B. 1145-1154. São Paulo, nov/dez 2002.

ALCÂNTARA, P. B. **Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. Tese de Doutorado. UFPE. Recife, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21 ed. Washington: Centennial Edition, 1368 p., 2005.

CAUDURO, F.; ROBERTO, S. **Avaliação comparativa de testes de Lixiviação de Resíduos Sólidos**. In: XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cancun, México, 27 a 31 de outubro, 2002.

COLLODETTI, G.; GLEIZE, P. J. P.; MONTEIRO, P. J. M. **Exploring the potential of siloxane surface modified nano-SiO<sub>2</sub> to improve the Portland cement pastes hydration properties**. Construction & Building Materials, v. 54, p. 99-105, 2014.

GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, T.; COSTA, F. **The influence composting and maturation processes on the heavy-metal extractability from some organic wastes**. Biological Wastes, v. 31. 10p. 1990.

HARTLÉN, J. **Environmental consequences of using residues**. Waste Management, vol 16, pages 1-6, 1996.

JACOB, J. de S., *et al.* **Análise da lixiviação de metais pesados em concretos produzidos com agregados reciclados**. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis. 28 a 30 de outubro de 2009, Recife.

**LEI Nº 11.176**, de 10 de outubro de 2007. Institui o sistema de gestão sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição de acordo com o previsto na Resolução CONAMA Nº307, de 05 de julho de 2002, e dá outras providências.

**LEI Nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. PNRS, 2010.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. **Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.18 n.2. Abr/jun 2013.

MARION, A. M.; DE LANEVE, M.; DE GRAUW, A. **Study of the leaching behaviour of paving concretes: quantification of heavy metals content in leachates issued from tank test using demineralized water**. Cement and Concrete Research, pages 951-957, 2005.

MELLIS, E. V. **Adsorção e dessorção de Cd, Cu, Ni e Zn, em solo tratado com esgoto**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

**Physico-chemical properties of ash and sludge wastes from MDF board production**. Construction & Building Materials, v. 50, p. 184-189, 2014.

- PABLOS, J. M.; SICHIERI, E. P. **Study to reuse an industrial solid waste generated by foundry sands**. Journal of Materials Science and Engineering, v. 4, p. 16-25, 2010. PUCMINAS, Tempo e Clima.
- PIRES, A. M. M.; ANDRADE, C. **Metais pesados em solos tratados com águas de esgoto**. In: Gestão de resíduos na agricultura e na agroindústria. Botucatu. FEPAF, 2006. 27p.
- QUEIROZ, B. O. de.; MELO, R. A. **Análise laboratorial de Agregado Reciclado de concreto para uso em camadas de pavimento**. In: 18ª RPU – Reunião de Pavimentação Urbana. São Luís, MA - 18 a 20 de junho de 2012.
- QUEIROZ, M. T. A.; QUEIROZ, C. A.; SABARÁ, M. G.; LEÃO, M. M. D.; AMORIN, C. C. **Estudo de Caso: Aproveitamento do resíduo da construção civil em Coronel Fabriciano, Minas Gerais**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 6, n. 11, p. 160-178, 2014.
- RAMOS, B. F. (2007). **Indicadores de qualidade dos resíduos da construção civil do município de Vitória-ES**. 2007. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)– Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitoria.
- ROCHA, J. C.; PIAIA, J. C. Z. ; CHERIAF, M.; MUSTELIER, N. L. **Measurements of water penetration and leakage in masonry wall: Experimental results and numerical simulation**. Building and Environment, v. 61, p. 18-26, 2013.
- SAMPAIO, A. C. S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - 2003.
- SANI, D., MORICONE, G.; FAVA, G.; CORINALDESI, V. **Leaching and mechanical behaviour of concrete manufactured with recycled aggregates**. Waste Management, 25 - pages 177-182, 2005.
- SCHAEFER, C. O. **Avaliação dos metais pesados presentes nos agregados reciclados de resíduos da construção e demolição (RCC) e influência no potencial de lixiviação de matrizes cimentícias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- SCHAEFER, C. O.; ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. Estudo do comportamento de lixiviação de argamassas produzidas com agregados reciclados. *Exacta*, v. 5, n. 2, p. 243-252/2007.
- SILVA, A. dos S. **Avaliação da toxicidade dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB**. 139 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG. Campina Grande/PB, 2012.
- TOGERO, A. (2004). **Leaching of hazardous substances from concrete constituents and painted wood panels**. 2004. 133 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Construção) – Department of Building Technology, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suécia.
- TOWNSEND, T.; Tolaymat, T.; Leo, K.; JAMBECK, J. **Heavy metals in recovered fines from construction and demolition debris recycling facilities in Florida**. Science of the Total Environment, V. 332, Issues 1-3, p. 1 -11, 2004.
- ZIMMERMANN, M. V. G.; TURELLA, T. C.; SANTANA, R. M. C.; ZATTERA, A. J. **The Influence of Wood Flour Particle Size and Content on the Rheological, Physical, Mechanical and Morphological Properties of EVA/Wood Cellular Composites**. Materials in Engineering (Cessou em 1982. Cont. ISSN 0264-1275 Materials and Design), p. 660-666, 2014.

## 6.6.ADIÇÃO DE DIFERENTES FIBRAS DE RESÍDUOS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CONCRETO

**SILVA, Arícia Fernandes Alves da**

Mestranda

Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao meio ambiente da

Universidade de Pernambuco (Ambitec/UPE)

ariciaalves@hotmail.com

**SILVA, Deborah Grasielly Cipriano da**

Titulação – Mestranda

Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao meio ambiente da

Universidade de Pernambuco (Ambitec/UPE)

deborahgrasielly@yahoo.com.br

**SANTANA, Clovis Veloso de**

Titulação - Mestrando

Grupo de pesquisa e extensão voltado à gestão e tecnologia da construção da Universidade de

Pernambuco (Politech/UPE)

cvs\_pec@poli.br

**SILVA, Juan Deyvson José Camilo da**

Titulação - Graduando

Grupo de Pesquisa Desenvolvimento Seguro e Sustentável da Universidade de Pernambuco (DESS/UPE)

juandeyvson@hotmail.com

### RESUMO

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, a fim de promover a inserção desse material no meio ambiente. Desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica sobre os tipos de fibras mais abundantes no Brasil, e analisou-se a resistência à compressão axial simples do concreto, conforme a NBR 5739/2009, com a inserção dos resíduos vegetais provenientes do coco, do sisal e do eucalipto, através de ensaios já realizados disponíveis na literatura. O concreto com a adição de fibras de resíduo de sisal e eucalipto apresentou uma diminuição expressiva na resistência à compressão, enquanto que a adição das fibras de coco apresentou aumento de resistência ao compósito. Desta forma, a adição de fibras de resíduos vegetais contribui para a preservação do meio ambiente, com a inserção de materiais alternativos viáveis técnica e economicamente na construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:**Fibras Vegetais, Concreto, Aditivo no concreto.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto da abundância de recursos naturais no Brasil, e estes, muitas vezes associados a grande produção de resíduos provenientes de seu descarte, salta aos olhos a necessidade de políticas de destinação adequada. A questão dos resíduos sólidos é um grave problema à sociedade e ainda vem recebendo atenção insuficiente. Se analisado conforme Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), desde a década de 90 os padrões de produção e consumo não sustentáveis vinham aumentando a quantidade e variedade dos resíduos persistentes no meio ambiente em um ritmo sem precedente, o que persiste de forma mais acentuada atualmente.

A falta de locais adequados para o descarte ou a indicação de formas de seu reaproveitamento não são os únicos problemas na gestão dos resíduos. Uma das principais questões da má gestão se inicia nas indústrias, que ainda de forma insuficiente, tem tentado adequar seus processos produtivos para a redução e o reaproveitamento de matérias primas.

O setor da construção civil como grande movimentador de matérias-primas e com construções normalmente em grande escala, possui a enorme responsabilidade de, a cada dia, adequar sua produção a técnicas limpas e sustentáveis. De acordo com Agopyan (2013), de toda a matéria-prima produzida no planeta, a indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% aproximadamente, resultando em cerca de 35% a 40% do total de resíduos gerados em um dos setores mais relevantes da economia brasileira de acordo com Ceotto (2008). Nesse contexto os trabalhos e pesquisas que vem sendo realizados na área são diversos, referentes à destinação e reaproveitamento de resíduos na constituição de seus componentes.

Visando inovações que priorizem o reaproveitamento de recursos naturais, antes descartados indevidamente na natureza, observa-se a adição de fibras de resíduos vegetais na confecção de novos concretos. Pois, a principal contribuição no uso de fibras, segundo Bentur *et al.* (1990), é a transformação de matrizes tipicamente frágeis em materiais “quase dúcteis”. Com isso, espera-se um determinado ganho de desempenho a esforços como impactos e redução da fissuração do material. Conforme Tessaro *et al.* (2015), as fibras vegetais são utilizadas como reforço de matrizes cimentícias desde a civilização antiga, com o emprego de palha ou capim na produção tijolos de barro cru, perdendo espaço no século XX com o surgimento de fibras metálicas e sintéticas. No entanto, de acordo com Castilhos (2011), as fibras vegetais possuem vantagens inerentes a sua constituição, baixo peso específico e grande disponibilidade, além de reunirem em suas propriedades, alta elasticidade, grande capacidade de resistir à umidade e a variações climáticas, fazendo dela um excelente material para construção civil.

Do ponto de vista socioeconômico, o Brasil está entre os maiores produtores de fibras vegetais. Segundo Martins (2013), o país é o quarto colocado no ranking da produção de coco, um dos frutos mais difundidos naturalmente no mundo, com aproximadamente 2,8 milhões de toneladas por ano. Enquanto que o sisal, é a fibra mais produzida no país e no mundo, com uma produção de cerca de 95 mil toneladas só no ano de 2014, segundo Naves (2015). O Brasil também é



o maior produtor do mundo de eucalipto, segundo Longue Junior & Colodette (2013), a plantação de eucalipto ocupa 69,6% dos 6,9 milhões de hectares de florestas plantadas no território brasileiro. Sendo as fibras mais abundantes no país proveniente do descarte de resíduos: as fibras do coco, do sisal e do eucalipto, fazem-se necessárias análises comparativas da aplicação dessas fibras em matrizes cimentícias e sua influência na resistência a compressão axial dos concretos formados.

Conforme Suryawanshi e Dalvi (2013), o estudo da adição da fibra de sisal no concreto se deu desde a década de 70 com os estudos que adicionaram inicialmente fibras de sisal em vigas para análise da resistência à tração, e posteriormente as fibras foram aplicadas para a verificação da durabilidade do concreto em edificações da Suécia. Já a adição de fibras de coco em matrizes cimentícias, segundo Ribeiro e Moreira (2015), é discutida desde 1980, quando começaram a ser aproveitadas em placas pré-moldadas para cobertura e vedação. Enquanto que a adição do eucalipto em matrizes cimentícias, conforme Agopyan e Savastano Jr. (1998), teve início em 1970 na Inglaterra e em 1980 no Brasil.

Apesar de Faruk *et al.* (2012) afirmar que a produção de artigos e pesquisa referentes a compósitos cimentícios utilizando fibras vegetais aumentou consideravelmente nos últimos anos, são observados poucos estudos recentes no Brasil e no mundo que realize um estudo acerca da influência da adição de fibras de resíduo vegetal na resistência à compressão axial do concreto. Dentre esses estudos recentes pode-se destacar as investigações de Bonato *et al.* (2014), Shikha *et al.* (2015) e Domke (2012), sobre a adição de fibra de resíduo de coco; Resende (2003) e Velasco (2002) sobre a adição de fibra de resíduo de sisal; e Dias & Gama (2008) e Fleming e Soares (2015) sobre a adição de fibra de resíduo de eucalipto.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo analisar a influência da adição de fibras dos resíduos naturais em maior abundância no Brasil, o resíduo de coco, de sisal e do eucalipto, na resistência à compressão axial do concreto, a fim de incrementar estudos referentes ao desempenho e inovação de matérias da construção civil que possam utilizar em sua composição matérias-primas residuais, as quais suas destinações finais ainda não são sustentáveis. Além disso, uma nova possibilidade para a utilização dessas fibras serve de estímulo para economia ao entorno do local onde esses resíduos são produzidos, pois os tornarão recursos renováveis financeiramente e ecologicamente.

## 2.METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um artigo de revisão sistemática da literatura, que buscou, para identificar os estudos relacionados ao tema, trabalhos acadêmicos publicados em congressos, estudos de especialistas e busca em revistas e acervos de pesquisas de instituições de ensino. A partir dessa busca, para os estudos da consistência das fibras no concreto foram utilizados como critérios de inclusão de referências para este artigo: os textos que abordavam a resistência à compressão axial de corpos de prova de concreto com adição de fibra de resíduos vegetais através da realização do ensaio de compressão axial simples para o concreto normatizado pela NBR 5739 (2009); textos internacionais, a fim de melhor embasar os conceitos necessários, tal como textos nacionais, a fim

de adquirir um comparativo pelo fato de que as pesquisas brasileiras devem ser regidas pelo mesmo conjunto de normas técnicas.

Para agrupar os estudos encontrados, e selecionar os tipos de fibra de resíduo vegetal a serem abordados nesse artigo, verificaram-se as fibras de resíduo vegetal com maior facilidade de obtenção no território brasileiro. Dessa forma, os estudos encontrados foram agrupados baseados no tipo de fibra vegetal adicionada ao concreto, seja ela fibra de resíduo de coco, fibra de resíduo de sisal ou fibra de resíduo de eucalipto. Neste agrupamento, foi feita uma análise criteriosa sobre os resultados encontrados nos estudos escolhidos, perante a influência da adição das fibras de resíduo vegetal na resistência a compressão axial do concreto a partir dos resultados obtidos pelos corpos de prova ensaiados pelos autores, conforme o ensaio de resistência à compressão axial simples segundo a NBR 5739 (2009).

### 3.RESULTADOS

#### 3.1 Adição de fibra de resíduo de coco

O coco é um dos frutos mais difundidos naturalmente no mundo, e em virtude desta aptidão para seu cultivo, sua utilização se apresenta de forma bastante expressiva e com os mais diversos produtos. Segundo Martins (2013), o Brasil avançou na cultura do coco, sendo atualmente o quarto país do ranking da produção de coco produzindo cerca de 2,8 milhões de toneladas por ano. Devido a toda essa produção, o resíduo do coco é gerado de forma proporcional, considerando que a água de coco é o principal produto para ser industrializado e destinado ao mercado interno e externo do país, e que a casca do coco representa cerca de 80% do peso do fruto e é desprezada pela indústria e consumo pessoal, criando grandes volumes do resíduo natural proveniente desse fruto. Podendo-se estimar, segundo Bonato *et al.* (2014) a produção de 1,5 milhões de toneladas de resíduos.

Savastano Junior (2000) afirma que essa grande e crescente quantidade de coco propicia a utilização de suas fibras para várias finalidades, entre elas, a adição em matrizes de cimento Portland, pois sua aplicação pode melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos cimentícios. Sobre a influência da adição de fibras de coco ao concreto a fim de que se averigüe sua resistência à compressão, são observados poucos estudos no Brasil e no mundo. Dentre eles estão os estudos recentes de Bonato *et al.* (2014), Shikha *et al.* (2015) e Domke (2012).

Bonato *et al.* (2014) realizou uma análise comparativa do concreto de referência (sem adições) e o concreto com fibras de coco. No estudo foi utilizado traço para o concreto sem adições de 1:1, 48:2, 52:0 e 50 para valores de cimento, areia, brita e relação água/cimento, respectivamente. Para a caracterização do concreto com adição de fibra de coco em relação à resistência à compressão axial simples, o autor desenvolveu corpos de prova, conforme a norma NBR 5739 (2009), com 0,6%, 0,8% e 1,0% de fibra de coco em relação ao consumo de cimento.

Segundo Bonato *et al.* (2014), quanto a resistência a compressão axial, os corpos de prova de referência, sem adição das fibras, obtiveram resistência de 35,1 Mpa aos 28 dias, enquanto que os corpos de prova com adição de fibras de coco apresentaram valores de resistência de até 36,8 MPa,

conforme mostra o corpo de prova que conteve 0,8% em massa de fibra de coco, na tabela 1. Significando um aumento de 4,84% em relação ao corpo de prova de referência e de 84,0% em relação ao mínimo exigido pela norma NBR 6118 (2014) que é de até 20 Mpa aos 28 dias para concretos estruturais.

Tabela 1 – Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de coco

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)			
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de coco	0,6% de fibra de coco	0,8% de fibra de coco	1,0% de fibra de coco
	28 dias	35,1	33,9	36,8

Fonte: Adaptado de Bonato *et al.* (2014).

Mais recentemente, em estudo realizado na Índia, Shikha *et al.* (2015) analisou o comportamento da fibra de coco na estrutura de concreto a fim do melhoramento das propriedades do betão. Os compósitos formados a partir da adição de fibras foram analisados aos 7, 14 e 28 dias podendo-se observar assim, o crescimento da resistência ao longo do tempo. Para o estudo Shikha *et al.* (2015) foram analisados os teores de 1,0%; 2,0% e 3,0% de fibras de coco em relação ao peso de cimento. Na tabela 2 segue o detalhamento dos valores de resistência à compressão ao longo do tempo.

Tabela 2 – Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de coco

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)			
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de coco	1,0% de fibra de coco	2,0% de fibra de coco	3,0% de fibra de coco
	7 dias	19,11	19,77	20,40
14 dias	24,44	25,11	25,77	26,22
28 dias	26,77	26,44	26,85	27,46

Fonte: Adaptado de Shikha *et al.* (2015).

Os resultados de resistência à compressão axial foram satisfatórios no sentido de atenderem à NBR 6118 (2014), apresentando resistência superior a 20 Mpa aos 28 dias. De acordo com Shikha *et al.* (2015) o concreto com adição de fibras de coco pode ser usado na construção sendo esta uma melhor gestão para as fibras antes descartadas, propiciando o seu retorno ao meio ambiente de forma sustentável. Outro estudo realizado que analisou a influência da adição de fibra de coco ao concreto foi realizado por Domke (2012). No estudo da adição de fibras de coco, foram moldados corpos de prova referentes ao concreto de referência, sem adição de fibras e concretos com teores de 1,0%; 2,0%; 3,0% e 4,0% de fibras de coco em relação ao peso do cimento.

Com base nos resultados observou-se que as adições de 2,0% e 3,0% de fibras conferem ao concreto os maiores valores de resistência à compressão, entretanto a partir da adição de 4,0% a

resistência embora apresente valores maiores do que exigido por norma, torna-se menos viável quando comparado ao concreto sem adições das fibras. A tabela 3 apresenta os resultados Domke (2012) de resistência à compressão longo do tempo.

Tabela 3 – Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de coco

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)				
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de coco	1,0% de fibra de coco	2,0% de fibra de coco	3,0% de fibra de coco	4,0% de fibra de coco
	7 dias	23,33	39,11	40,0	41,1
14 dias	24,88	44,0	42,22	45,5	35,55
28 dias	40,0	45,33	44,0	46,6	36,44
90 dias	45,5	48,88	49,1	49,9	36,44

Fonte: Adaptado de Domke (2012).

### 3.2 Adição de fibra de resíduo de sisal

O sisal é uma planta da espécie *Agave Sisalana* utilizada como matéria prima na produção de fios e cordas. O Brasil é o maior produtor de sisal do mundo, segundo Naves (2015), o país produziu no ano de 2014, cerca de 95 mil toneladas, sendo o estado da Bahia o maior estado produtor. Durante o processo de desfibramento, seleciona-se apenas a fibra em estado úmido para serem destinadas às fabricas para a produção do fio agrícola do sisal, tapetes, cordas e mantas de sisal. Segundo Salvastano Jr. (2000), é no processo de desfibramento também onde ocorre a maior geração de resíduo, pois a parte verde da planta é removida, gerando cerca de 3 toneladas de resíduos de sisal, formados pelas fibras de menores comprimento que se concentram na base da folha do sisal, para cada tonelada de fibra verde a ser comercializada.

O resíduo de sisal é pouco utilizado no setor agropecuário para alimentação de ruminantes, sendo na maior parte das vezes abandonado nos campos de sisal. Levando em consideração a produção de sisal do ano de 2014, pode-se dizer que cerca de 285 toneladas de resíduo de sisal por ano são abandonadas nos campos sem utilização.

Salvastano Jr. (2000) relata que para construção civil, os resíduos de interesse são os refugos, a bucha branca e as fibras curtas oriundos da fase de produção de fios e cordas de sisal nas indústrias, pois são isentas de pó e não passam por tratamento químico, não possuindo qualquer valor comercial no mercado. Além disso, Reis (2012), afirma que o sisal além de ser biodegradável, é bom isolante térmico e acústico, e possui propriedades como alta tenacidade e alta resistência à abrasão. Conforme Suryawanshi e Dalvi (2013), o estudo da adição da fibra de sisal no concreto se deu desde a década de 70 com os estudos que adicionaram inicialmente fibras de sisal em vigas para

análise da resistência à tração, e posteriormente as fibras foram aplicadas para a verificação da durabilidade do concreto em edificações da Suécia.

Resende (2003) realizou um estudo para investigar, entre outras coisas, as características mecânicas do concreto com adição de fibra de resíduo de sisal. O autor utilizou como concretos de referência sem adição de fibra de resíduo de sisal, de resistência à compressão axial aos 28 dias, de 30 Mpa e 65 Mpa. Esses concretos de referência tiveram traço 1:2, 5:2, 34:0, 65 e 1:1, 95:2, 14:0, 39, para valores de cimento, areia, brita e relação água/cimento, respectivamente. O autor a fim de caracterizar o concreto com adição de fibra de resíduo de sisal, em relação à resistência à compressão axial simples, desenvolveu corpos de prova, conforme a norma NBR 5739 (2009), com 1,0%, em massa, de fibra de resíduo de sisal em relação ao consumo de cimento.

O resultado dos ensaios de resistência à compressão axial obtido por Resende (2003), demonstrados na tabela 4, apontaram um decréscimo na resistência do concreto com adição de fibra de resíduo de sisal de 30% em relação ao concreto de referência de 30 Mpa de resistência à compressão axial aos 28 dias. Comparando este resultado à resistência mínima estabelecida pela norma NBR 6118 (2014) de 20 Mpa para o grupo I, a adição de fibra de resíduo de sisal no traço do concreto de referência de 30 Mpa de resistência a compressão axial, se apresentou 5,7% superior. Em relação ao concreto de referência de resistência à compressão axial de 65 Mpa, a adição de 1,0% de resíduo de fibra de sisal reduziu a resistência à compressão do concreto em 10,5% e comparando este resultado à resistência mínima estabelecida pela norma NBR 6118 (2014) de 55 Mpa para o grupo II, o concreto com adição de 0,25% de fibra de resíduo de sisal, também se apresentou 5,7% superior.

Tabela 4 - Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de resíduo de sisal

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)	
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de resíduo de sisal	1,0% de fibra de resíduo de sisal
28 dias	30	21,14
28 dias	65	58,14

Fonte: Adaptado de Resende (2003).

Velasco (2002) em sua pesquisa investigou, entre outras coisas, as propriedades mecânicas dos concretos reforçados com fibras de resíduos vegetais, entre elas, a fibra de resíduo de sisal. Para isso, desenvolveu um corpo de prova, conforme NBR 5739 (2009), para concreto de referência de 85 Mpa de resistência à compressão axial sem adição de fibra de resíduo de sisal, esse corpo de prova teve traço de 1:1, 52:1, 96:0, 33, para valores de cimento, areia, brita e relação água/cimento, respectivamente. Para caracterizar o concreto com adição de fibra de resíduo de sisal, em relação a resistência à compressão axial simples foi desenvolvido corpo de prova com 0,25% de adição em massa, de fibra de resíduo de sisal em relação ao consumo de cimento.

Os ensaios efetuados, de resistência à compressão axial por Velasco (2002), demonstrado na tabela 5, resultaram numa redução de 4,94% da resistência do concreto com adição de fibra de

resíduo de sisal em relação ao concreto de referência de 85 Mpa de resistência à compressão axial aos 28 dias. Em relação à resistência mínima estabelecida pela norma NBR 6118 (2014) de 55 Mpa para o grupo II, o concreto com adição de fibra de resíduo de sisal, se apresentou 46,9% superior.

Tabela 5 - Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de resíduo de sisal

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)	
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de resíduo de sisal	1,0% de fibra de resíduo de sisal
28 dias	85	80,80

Fonte: Adaptado de Velasco (2002).

### 3.3 Adição de Fibra de resíduo de eucalipto

O eucalipto pertence ao gênero *Eucalyptus* e é uma das principais matérias primas para a produção de papel, fabricação de móveis, pisos, entre outras diversas aplicações do setor da construção civil. Segundo Longue Junior & Colodette (2013), o Brasil possui atualmente cerca de 6,9 milhões de hectares em área com florestas plantadas, sendo 69,6% ocupada com eucalipto, sendo considerado o maior produtor de celulose do mundo. As fibras da madeira de eucalipto são fibras celulósicas formadas por camadas de diferentes espessuras e microfibrilas. Essas fibras são oriundas do processo de fabricação de papel ou de unidades industriais que produzem painéis de Fibras de Média Densidade (MDF).

Essa fibra natural tem sido estudada para adição em concreto por conta do seu rápido crescimento, boa abundância e baixo custo quando comparado às outras fibras, além disso, o eucalipto é uma espécie exótica que piora o déficit hídrico do solo, reduzindo sua fertilidade, sendo de extrema importância a reutilização deste material a fim de evitar seu descarte no meio ambiente.

Dias & Gama (2008) analisaram em sua pesquisa, entre outras coisas, a resistência à compressão axial do concreto com adição de fibras de resíduos de eucalipto oriundas da fabricação de papel, ao quais os autores confeccionaram um corpo de prova de concreto de referência para a realização do ensaio de resistência à compressão axial simples, conforme a norma NBR 5739 (2009), de traço 1:2, 5:2, 34:0, 65, para valores de cimento, areia, brita e fator água cimento, respectivamente. Para analisar a influência da adição de fibra de resíduo de eucalipto na resistência a compressão do concreto, os autores moldaram corpos de prova de mesmo traço com as adições de 6,0% e 8,0% de fibra de resíduo de eucalipto em relação à massa total de sólidos, e de 1,0% de fibra seca de resíduo de eucalipto em relação à massa total de sólidos da mistura.

Conforme a tabela 6, o ensaio de resistência a compressão axial simples mostrou que o corpo de prova de referência apresentou resistência à compressão axial aos 28 dias de 44,7 Mpa, enquanto que nos corpos de prova com adição de 6,0% e 8,0% houve redução significativa de cerca de 78,0% e 88,0% da resistência a compressão axial, em relação ao concreto de referência. Em relação à

resistência mínima estabelecida pela norma NBR 6118 (2014) de 20 Mpa, o concreto com adição de fibra de resíduo de eucalipto apresentou-se 5,7% superior.

Tabela 6 – Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de resíduo de eucalipto

Tempo	Resistência à Compressão (Mpa)			
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de resíduo de eucalipto	6% de fibra de resíduo de eucalipto	8% de fibra de resíduo de eucalipto	1,0% de fibra seca de resíduo de eucalipto
28 dias	44,7	9,8	5,2	6,1

Fonte: Adaptado de Gama & Dias (2008).

Fleming e Soares (2015) também analisaram em suas pesquisas, entre outras coisas, a resistência a compressão axial do concreto com adição de fibra vegetal de eucalipto, aos quais os autores confeccionaram corpos de prova de concreto de referência para a realização do ensaio de resistência à compressão axial simples, conforme a norma NBR 5739 (2007), e corpos de provas com adição de fibras de celuloses. O traço referencial foi feito com cimento, areia, brita nº0 e água na proporção de 1:3, 1:3, 5 e 0,65 respectivamente. A partir deste traço foram elaborados mais 3 traços com adições de fibras de celulose em relação ao cimento nos percentuais de 2,5%; 5,0% e 7,5%. Os ensaios realizados por Fleming e Soares (2015), conforme a tabela 7 constatou-se que para todas as adições de fibra de Eucalipto foi evidenciada uma redução da resistência à compressão quando comparado ao corpo de prova sem adição.

Tabela 7 – Resistência à compressão axial do concreto com adição de fibra de resíduo de eucalipto

Tempo	Resistência a Compressão (Mpa)			
	Corpo de prova de referência sem adição de fibra de resíduo de eucalipto	2,5% de fibra de resíduo de eucalipto	5% de fibra de resíduo de eucalipto	7,5% de resíduo de fibra de eucalipto
7 dias	11,36	7,30	8,22	6,91
28 dias	16,67	9,78	11,09	9,30

Fonte: Adaptado de Fleming & Soares (2015).

## 4. CONCLUSÕES

As fibras vegetais ainda são pouco utilizadas nas estruturas usuais de concreto armado ou protendido, devido à falta de compreensão do real comportamento das fibras dentro do concreto e também devido à falta de normas específicas para o seu uso. Neste trabalho, embasado nas pesquisas já realizadas no Brasil e no mundo, observou-se que a incorporação da fibra de resíduo de coco em compósitos cimentícios é uma alternativa para dar destinação adequada a esse resíduo. Além disso, a adição de fibra de resíduo de coco mostra não alterar a homogeneidade da estrutura, fornecendo uma boa distribuição e coesão da fibra ao concreto, fazendo com que a amostra apresentasse um melhor desempenho à compressão axial.

Os componentes cimentícios ao qual foram inseridas as fibras de resíduo de sisal não apresentaram melhoria na propriedade de resistência à compressão axial, ao contrário, houve uma diminuição expressiva da resistência à compressão dos componentes. Para a fibra de resíduo de sisal, a redução da resistência à compressão é motivada porque a fibra de resíduo de sisal exige um tempo maior para o adensamento da mistura em relação aos demais constituintes do concreto, dificultando a vibração da mistura. Além disso, a aderência da fibra de resíduo de sisal nos ensaios realizados das pesquisas analisadas neste trabalho se apresentou inferior ao concreto tradicional, formando um concreto com elevado volume de vazios e conseqüentemente menos resistente.

Por fim, a inserção de fibra de resíduo de eucalipto ao concreto também não se mostrou eficiente no aumento da resistência à compressão. A mistura apresentou uma diminuição na resistência, pois se evidenciou uma má aderência entre os constituintes do concreto e da fibra. A inserção da fibra interferiu nas ligações da pasta com o agregado graúdo e por conseqüência houve redução na sua resistência mecânica.

Diante dos resultados apresentados na literatura, e a bem do desenvolvimento de soluções sustentáveis, conclui-se que pesquisas entre as principais fibras de resíduos encontradas em abundância no Brasil, a adição de fibra de resíduo de coco foi a que apresentou resultados mais expressivos na melhoria da resistência à compressão axial, através do ensaio de resistência à compressão axial simples realizado conforme a NBR 5739 (2009).

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta**. Globo Ciência. 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>>. Acesso em 06 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, RJ, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fiber reinforced cementitious composites**. London: Elsevier Applied Science. 1990.

BONATO, M. M.; BRAGANÇA, M. D'O. G. P.; PORTELLA, K. F.; VIEIRA, M. E.; BRONHOLO, J. L.; SANTOS, J. C. M.; CERQUEIRA, D. P. Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes. **Cerâmica**, Ed. 60, p. 537-545, 2014.

CASTILHOS, L. F. F. de. **Aproveitamento da fibra de coco**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2011.

CEOTTO, Luiz Henrique. **A Construção Civil e o Meio ambiente**: 1ª parte; 2ª parte; 3ª parte. Notícias da Construção, Ed. 51 a 53, São Paulo, SP. Disponível em: <<http://sindusconsp.com.br/secoes.asp?subcateg=74&categ=16>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

DOMKE, P. D. Improvement In The Strength Of Concrete By Using Industrial And Agricultural Waste. In: **IOSR International Organization of Scientific Research**. Vol. 2(4), pp: 755-759, 2012.



FLEMING, ROBSON; SOARES, W.; GONZALES, E. G.; FERREIRA, C. A. Caminhos para a sustentabilidade na produção de concretos. **Educação Ambiental em Ação**, v. 54, p. 1, 2015.

GAMA, R. O.; DIAS, F. D. **Utilização do rejeito Unbleach Kraft Pulp (UKP), da indústria de celulose, na fabricação de concreto**. In: V Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende: AEDB - Associação Educacional Dom Bosco, 2008. v. 5.

LONGUE JUNIOR, D.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. In: **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, vol. 33, n° 76, pp. 429-438, 2013.

MARTINS, C. R. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 51p.

NAVES, I. Sisal. In: **11ª Reunião Ordinária, 11, Brasília, DF, 2015**. Disponível em:<[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Fibras/10RO/ESTATISTICAS%20E%20PERSPECTIVA%20-%20SISAL.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Fibras/10RO/ESTATISTICAS%20E%20PERSPECTIVA%20-%20SISAL.pdf)>. Acesso em 25 de abril de 2016.

REIS, J. M. L. Sisal Fiber Polymer Mortar Composites: Introductory Fracture Mechanics Approach. In: **Non Destructive Techniques for Assessment of Concrete**, vol. 37, n° 0, pp. 177-180, 2012.

RESENDE, F. M. **Influência das fibras de aço, polipropileno e sisal no amortecimento de concretos de resistência normal e de alto desempenho**. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SAVASTANO Jr., H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. Tese de livre docência, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

SHIKHA, R.; SAXENA, A. K.; JHA, A. K. Evaluation of Compressive Strength of Concrete Using Coconut Coir Fibre. In: **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**. Vol. 3, Issue IX, 2015.

SURYAWANSHI, Y. R.; DALVI, J. D. Study Of Sisal Fibre As Concrete Reinforcement Material In Cement Based Composites. In: **International Journal of Engineering Research & Technology**. Vol. 2, Issue 3, 2013.

VELASCO, R. V. **Concreto de Alto Desempenho Reforçado com Fibras de Polipropileno e Sisal Submetido a Altas Temperaturas**. Dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 132 p., 2002.

## 6.7.PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SUSTENTÁVEL PARA COMUNIDADES PESQUEIRAS; RESÍDUOS DA MARICULTURA NA CONSTRUÇÃO

**MORAES, Yuri Barros Lima de**  
Mestre

Laboratório de Eco Soluções, IFPE - Instituto Federal de Pernambuco (LabEcoSol / IFPE)  
yurimoraes@recife.ifpe.edu.br

**FAUSTINO, Ronaldo**  
Doutor  
LabEcoSol/IFPE  
ronaldofaus@gmail.com

**MOTA, João Manoel de Freitas**  
Doutor  
LabEcoSol/IFPE  
mota.joaomanoel@gmail.com

**SANTOS, Elizabeth dos**  
Graduanda  
LabEcoSol/IFPE  
liziebells@gmail.com

### RESUMO

A pesquisa desenvolvida no Laboratório de Eco Soluções – LabEcoS do IFPE *Campus* Recife, tem por objetivo desenvolver uma proposta de habitação de interesse social, sustentável. Para tanto, e entendendo que para ser sustentável, uma proposta deve ser apropriada as diferentes realidades, a pesquisa definiu como objeto de estudo, a elaboração de um projeto arquitetônico desenvolvido para uma localidade específica, no caso a Povoação de São Lourenço de Tejucupapo, no município de Goiana, litoral norte de Pernambuco. A escolha do local se deu a partir de visitas exploratórias que identificaram a grande produção de resíduos de maricultura, base da subsistência das comunidades pesqueiras, bem como a receptividade para com o grupo de pesquisa. A utilização destes resíduos por sua vez é a base para o desenvolvimento dos materiais de construção aqui estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Habitação de Interesse Social Sustentável, Materiais de Construção, Reciclagem de Resíduos.

## 1.INTRODUÇÃO

A partir do incentivo do DAIC – Departamento Acadêmico de Infraestrutura e Construção Civil e das coordenações de seus cursos, ao desenvolvimento e implementação de atividades de pesquisa e extensão, surgiu então a idéia de criação de um Laboratório de Eco Soluções, informalmente entre seus idealizadores apelidado de Lab.EcoS, que pudesse propiciar a construção do conhecimento técnico, de pesquisa e extensão no âmbito dos cursos técnicos, de graduação e de pós graduação, ligados aquele departamento. Desta forma, as atividades do laboratório, surgiriam a partir de “cases”, que seriam trabalhados em quatro eixos, a saber: *i.* Projetos e Tecnologia das Construções; *ii.* Engenharia de Materiais; *iii.* Saneamento Ambiental; *iv.* Eco Soluções em Comunidades. Sendo este último, foco das atividades de extensão e destinado a estabelecer os nexos entre a produção do conhecimento e as realidades da sociedade.

Desta iniciativa em construção, surgiu o primeiro “case”, a partir da necessidade de minimizar os impactos ambientais negativos causados pelas atividades da maricultura, de considerável expressão no nordeste brasileiro, sobretudo no verão, quando do incremento da indústria do turismo, que junto com a expansão urbana das faixas litorâneas, vem exercendo forte pressão sobre os territórios pesqueiros, com possíveis prejuízos para as comunidades e os saberes e fazeres locais.O litoral de Pernambuco se estende por 187 km e possui 33 comunidades pesqueiras que subsistem predominantemente da pesca artesanal estuarina, visto que apenas no litoral norte do estado, existem 15.935,40 ha de áreas estuarinas, totalizando 61,6% do total do Estado (CPRH, 2003 p.91).

Neste “modelo” de pesca artesanal, participam homens, mulheres e crianças, cabendo a estes últimos, a coleta de moluscos (marisco, ostra, sururu) caranguejo e siri. Tal coleta é feita, em geral, a pé e com utilização de técnicas manuais e a produção recebe um primeiro beneficiamento que, no caso da ostra, é feito na borda do mangue. As etapas posteriores do beneficiamento (quando existem) são realizadas no domicílio das pescadoras e consiste no cozimento com sal (CPRH, 2003 p.96).Esse processo de extrativismo e beneficiamento da maricultura gera grandes quantidades de resíduos, visto que o molusco usado na alimentação representa apenas 25% do peso total, no caso da ostra, sendo a concha, com 75% do peso total, descartada como resíduo e depositadas em terrenos baldios ou mesmo nas ruas, atraindo roedores e insetos causadores de doenças infecciosas e acidentes, por conta de sua característica cortante (TENÓRIO, 2014 p.64).

Estes resíduos, por sua vez, vêm sendo utilizados nas construções vernaculares das formas mais diversas, seja para realização de aterros, na execução de contrapisos, incorporados nas argamassas de terra crua para aumentar a resistência ao intemperismo nas casas de taipa (pau-a-pique), tão características do nordeste brasileiro, ou ainda usadas simplesmente como revestimento, em uma espécie de substituição das cerâmicas. Mas recentemente, eles vêm sendo reaproveitados como agregados para a fabricação de blocos de concreto, como no caso do “Bloco Verde”, desenvolvido em Santa Catarina, pela Engenheira Bernadete Batista em parceria com a empresa BLOCAUS Pré-Fabricados, desde 2008 e ganhador de vários prêmios.

A partir daí, foi lançado ao Lab.EcoS, o desafio de desenvolver um Projeto de Habitação de Interesse Social Sustentável, com arquitetura apropriada e que utilize as conchas de marisco, como insumos para os materiais e técnicas construtivas. Tudo isto, com vistas à valorização dos saberes e fazeres locais, através do incentivo à manutenção da cultura arquitetônica/construtiva das comunidades pesqueiras do litoral pernambucano.

## **2.METODOLOGIA**

Por se tratar de uma pesquisa multidisciplinar, desde o início desenvolvida a partir de eixos complementares, a definição da metodologia também observou as especificidades de cada um dos quatro eixos, como demonstrado a seguir.

### **2.1. Projetos e Tecnologia das Construções:**

Para este Eixo, o objetivo foi o desenvolvimento de uma proposta arquitetônica apropriada, que levasse em consideração as especificidades culturais, físicas, geográficas e bioclimáticas locais. Para tanto, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica, que, além de instrumentalizar os pesquisadores a respeito de temas e conceitos relativos ao universo da pesca artesanal, da arquitetura vernácula praieira e da utilização dos resíduos da maricultura na construção tradicional, com o intuito de apoiar uma etapa posterior, de visita aos órgãos e instituições que atuam com a temática, na busca pela identificação da localização das comunidades pesqueiras, bem como para a coleta de dados sobre as mesmas.

A Proposta de Projeto de Habitação de Interesse Social Sustentável sistematiza todo o levantamento de dados e foi construída pelos pesquisadores e estudantes envolvidos na pesquisa. Para tanto, foram realizados estudos sobre conforto ambiental, sobre as condições edafoclimáticas e sobre as características tipológicas das construções na comunidade objeto de estudo. Como partido para a proposta arquitetônica, buscou-se assemelhar às habitações produzidas pelos programas de produção de moradia atuais, como o Minha Casa Minha Vida, ao menos quanto ao dimensionamento e programa de necessidades, possibilitando assim, futuras comparações entre a proposta desta pesquisa e a produção dos programas supracitados.

### **2.2. Engenharia de Materiais:**

Este eixo, que se concentra no desenvolvimento de materiais e técnicas de construção, iniciou suas atividades a partir de estudos para o aproveitamento das conchas de marisco “inteiro”, como agregado graúdo para realização de concreto não estrutural; “triturado”, para execução de revestimento argamassado de superfícies verticais (paredes) e horizontais (pisos e tetos); e ainda na correção do solo para fabricação de tijolos de solo cimento, indicados para as alvenarias na proposta arquitetônica.

Para estudo do concreto não estrutural, utilizou-se betoneira de 150L e dosagem volumétrica, para a qual foram utilizadas padiolas. A moldagem e cura dos corpos de prova foram executadas conforme a NBR 5738/2015, com o objetivo de obter parâmetros comparáveis para a pesquisa. Foram utilizados 2 traços, divididos em 4 famílias (Tabela 1), sendo as com uso da brita, de referência e as com uso do marisco com as mesmas proporções. As amostras foram moldadas em corpos de prova cilíndricos (100x200mm) e mantidas em câmara úmida até as idades dos ensaios (MELO, A. I. da S., 2015).

Tabela 1 - Famílias de concreto produzidas para o estudo.

<b>Nomenclatura</b>	<b>T.U.V. (c: a: b/m: a/c)</b>
Família 1 (brita100%)	1 : 2 : 3 : 0,6
Família 2 (marisco100%)	1 : 2 : 3 : 0,6
Família 3 (brita100%)	1 : 4 : 4 : 0,5
Família 4 (marisco100%)	1 : 4 : 4 : 0,5

Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

Para o estudo sobre as argamassas, foram produzidas amostras de argamassas para contrapiso, fabricadas com cimento CP II Z-32, com a incorporação das conchas de marisco processadas em triturador de mandíbulas, de forma a atender uma granulometria de areia média e grossa, que conforme a ABNT NRB 6502/1995, varia de 0,2mm a 2,0mm. Após esse processamento, o ainda foi usado o soquete de 2,5 kg com o cilindro Proctor normal para atingir a granulometria ideal. A preparação da argamassa foi executada com misturador mecânico, conforme o traço de referência definido em 1:4 (cimento: areia), em volume, relação água/cimento 0,70 e percentuais de incorporação das conchas já trituradas conforme a Tabela 2 (RÊGO, M. J. de A. M. 2016).

Tabela 2 - Traços das argamassas.

<b>Traço</b>	<b>Cimento</b>	<b>Agregado miúdo natural (areia)</b>	<b>Agregado miúdo (concha)</b>
T1	1	4	0
T2	1	2	2
T3	1	0	4

Fonte: RÊGO, M. J. de A. M. 2016.

Para cada traço foram moldados 09 corpos de prova cilíndricos na fôrma de 50 x100 mm, de acordo com a ABNT NBR 7215/1996, sendo 6 (seis) corpos de prova destinados ao ensaio de resistência a compressão axial, 2 (dois) para ensaio de resistência à tração por compressão diametral e 1 (um) para ensaio de determinação de absorção de água e módulo de elasticidade, totalizando 27 corpos de prova. Após a moldagem, os corpos de prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida onde permaneceram por 24h, com a face superior protegida por uma placa de vidro plano. Passado o período inicial da cura, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e

imersos em água, onde permaneceram até completar os 28 dias de idade para o rompimento (RÊGO, M. J. de A. M. 2016).

O desenvolvimento dos estudos para a fabricação dos tijolos de solocimento teve início com a caracterização do solo da comunidade objeto de estudo, para o qual foram coletadas 15kg de solo, sendo 5kg de cada um dos três locais de coleta. Todo este material foi processado a fim de se realizar os ensaios para determinação da granulometria, do limite de liquidez e do limite de plasticidade. Após terem atingido a umidade higroscópica, as amostras foram submetidas a caracterização, sendo primeiramente realizado o quateamento. Essas amostras foram colocadas em um saco plástico e devidamente identificadas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em almofariz e amolgadas com o auxílio de Mão de Gral para homogeneização. Para determinação do Limite de Liquidez e do Limite de Plasticidade foram separados 200 gramas de material, 100 para cada ensaio, conforme determina a ABNT NBR 6457/86 (DURVAL, M. de S. 2015).

## 2.RESULTADOS

Assim como a metodologia, os resultados alcançados se apresentam também divididos nos eixos temáticos definidos pelo Lab.EcoS. Para o Eixo de Projetos e Tecnologia das Construções, podemos elencar como resultados o conhecimento de diversas comunidades pesqueiras do litoral do estado de Pernambuco, com especial atenção a de Barra de Sirinhaém, no litoral sul; as de Igarassu Centro e Mangue Seco, ambas no município de Igarassu, litoral da Região Metropolitana; e as Comunidades de Carne de Vaca e São Lourenço de Tejucupapo, estas duas últimas localizadas no litoral norte do estado.

Figura 1- Depósito de conchas de marisco em Mangue Seco – Igarassu –PE.



Fonte: RÊGO, M. J. de A. M. 2016

As visitas exploratórias às comunidades possibilitaram um reconhecimento “in loco” das realidades das comunidades e a partir da identificação de uma larga produção de resíduos da maricultura (conchas), bem como da receptividade dos habitantes para com a equipe de pesquisadores, foi escolhida então a Comunidade de São Lourenço de Tejucupapo, como Objeto de

Estudo para esta pesquisa. Nesta comunidade foi realizada então uma análise da tipologia das construções tradicionais, de onde foram extraídas informações, principalmente quanto aos fluxogramas e as relações de proximidades entre os diferentes ambientes das edificações estudadas. Pôde-se perceber que as casas da comunidade acompanham o estilo de vida simples dos moradores, no tamanho, nos materiais usados na construção (geralmente alvenaria de tijolo cerâmico com pintura em cima do próprio reboco, coberta de telhas cerâmicas apoiadas em estrutura de madeira de uma ou duas águas e portões gradeados. Mas essas casas também trazem em suas características arquitetônicas a necessidade de individualidade, de organizar aquele espaço de acordo com o seu “eu”, ao seu gosto e ao seu modo de viver (SANTOS, E. *Et. al*, 2015).

Na análise tipológica também pôde-se perceber que há uma relação de proximidade entre os ambientes da Cozinha, do Banheiro e da Área de Serviço, todas, com estreita proximidade das áreas externas (quintais). Tal configuração espacial não é comum, principalmente em ambientes mais urbanizados, mas naquela comunidade, se justifica, pois é nesta área que os moradores realizam o beneficiamento do marisco coletado, atividade que produz pelo cozimento do marisco, vapores com odor característico, que não seria aprazível nos demais ambientes da edificação. Outra razão para esta configuração pode ser o fato de que a concentração das “áreas molhadas” da edificação pode gerar economia quando da execução das instalações hidrossanitárias.

Figura 2- Croquis da Distribuição dos Cômodos em São Lourenço de Tejucupapo



Fonte: SANTOS, E. *Et. al*, 2015.

Tal configuração corrobora as idéias de LIMA JUNIOR, 2007, para o qual a cozinha se apresenta como lugar afastado por ser o ambiente de trabalho, para o qual, o costume de mantê-la na parte mais afastada dos outros cômodos da casa, vem da visão popular de ser um ambiente “insalubre”, “selvagem” e que atrai insetos e pequenos animais, portanto, por uma questão sanitária é melhor manter longe do espaço interno da casa. E a sala de jantar surge como o ambiente “salubre” em que se possa fazer as refeições.

O desenho de fachada segue um padrão que se mostrou muito característico da área e que vem se repetindo, mesmo nas casas mais recentemente construídas. O tipo de fachada parece atender ao que a comunidade entende como a melhor maneira de expressar receptividade, de marcar a entrada e manter a área do terraço bem arejada iluminada. Existe uma marcação de pilares que define uma divisão na fachada que serve de base também nas divisões dos cômodos internos.

Essas divisões são delimitadas também pelo desenho de um quadrado que circunda a fachada frontal como uma moldura para o terraço, mantendo o contato com o externo e com a rua, como um lugar de transição da noção de “fora” para “dentro” (SANTOS, E. *Et. al* 2015).

Figura 3 - Molduras que marcam o terraço, forte marca da tipologia local.



Fonte: SANTOS, E. *Et. al*, 2015.

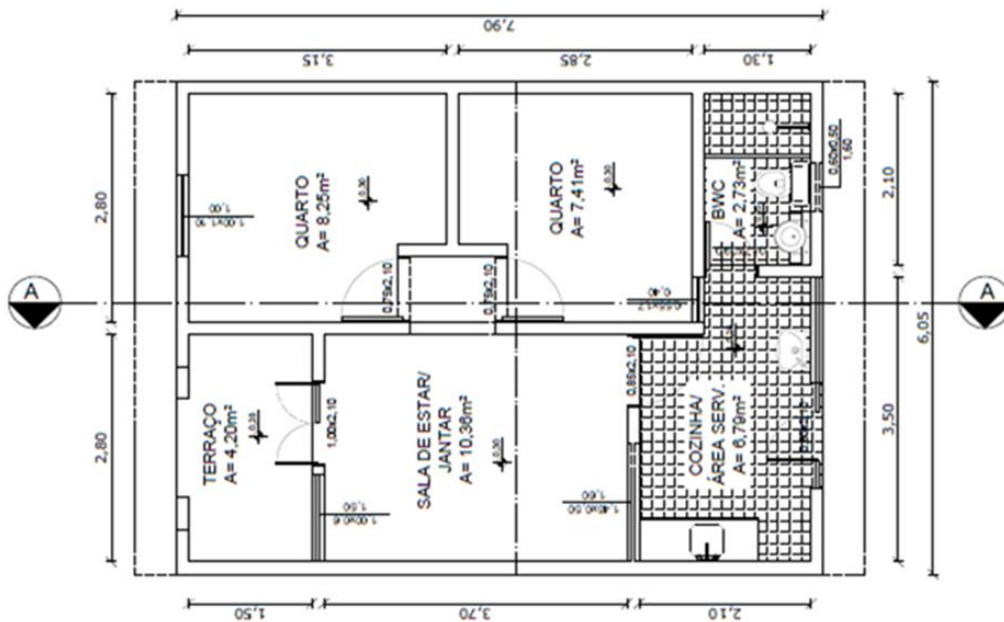
### 3.1. O Projeto Arquitetônico:

Com base na observação da tipologia local, foi desenvolvido um projeto arquitetônico buscando atender às necessidades da população e agregando a ele o sentimento de apropriação do espaço da população local. Uma das características importante das casas tradicionais foi a composição das fachadas, algo que foi capturado para o projeto. Outra característica a ser levada em consideração é a possibilidade de ser uma casa geminada, situação muito presente na comunidade. Pensando em futuras comparações como as habitações produzidas pelos programas de produção de moradia, como o Minha Casa Minha Vida, o projeto partiu de uma concepção de habitação mínima, onde os cômodos foram pensados para ocupar o mínimo de espaço possível, mas que venha ainda a ser confortável. Desta forma, a habitação proposta possui 6,05m x 7,90m, tendo assim 47,80m<sup>2</sup>.

A entrada se dá por um terraço, tido como ambiente de estar e de recepção, ele dá acesso a sala de estar que também é sala de jantar, já que é de costume da população pesqueira não se alimentar na própria cozinha. A sala dá acesso aos dois quartos, onde é de costume ser um para o casal e um para as crianças, dela também se tem acesso à cozinha que divide o espaço com a área de serviço. A cozinha e área de serviço são entendidas pela população pesqueira como áreas insalubres, por ser o espaço destinado ao trabalho com o marisco e, portanto, devem estar afastados dos cômodos de estar. Também o banheiro é uma área insalubre, sendo assim, no projeto foi localizado após a cozinha e área de serviço.

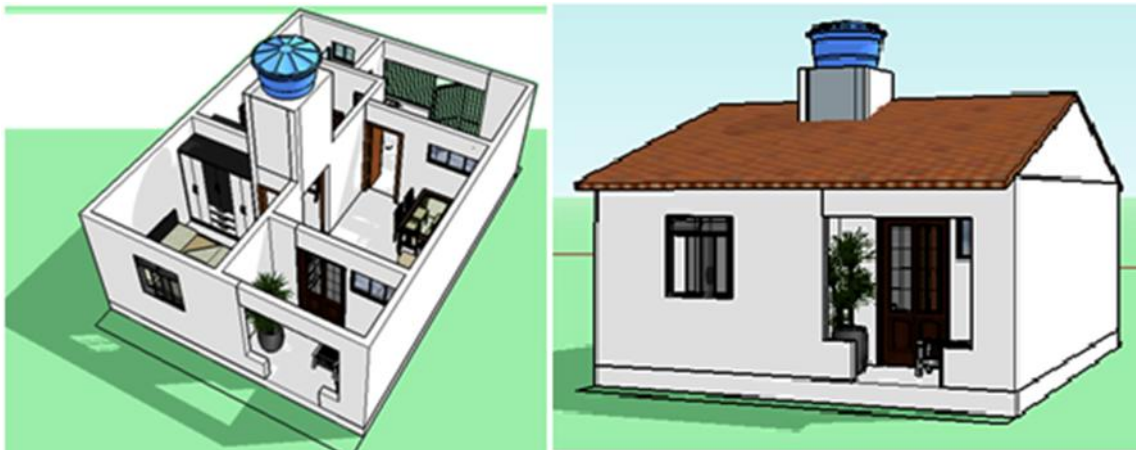


Figura 4 - Planta Baixa Proposta.



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.

Figura 5 – Perspectivas da Proposta.



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.

### 3.2. Os Materiais de Construção:

#### a. Concreto Não Estrutural:

Através do abatimento do tronco de cone, conforme a NBR NM 67/1998, verificou-se a consistência, na qual buscou-se fixar os valores em  $100 \pm 20$ mm para todos os traços de concreto (Tabela 5).

Tabela 3 - Densidades e abatimentos.

Nomenclatura	Densidades (g/cm <sup>3</sup> ) no estado		Abatimento
	fresco / endurecido		
Família 1 (brita 100%)	2,34 / 2,26		120mm
Família 2 (marisco 100%)	2,24 / 2,15		100mm
Família 3 (brita 100%)	2,33 / 2,21		100mm
Família 4 (marisco 100%)	2,22 / 2,13		80mm

Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

As densidades dos traços diminuiriam com a substituição do agregado graúdo pela concha. Essa verificação era esperada, visto que a brita é um material mais denso que a concha do marisco.

Para execução dos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, foi utilizada uma prensa elétrica automática servo-controlada, com indicador digital touch screen e capacidade para 200 tf. O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007, onde foram avaliados 12 corpos de prova para cada família.

Tabela 4 - Resistência à compressão axial.

Resistência à compressão (MPa)											
Idade (dias)											
64			57			68					
Família 1			Família 2			Família 3			Família 4		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
19,11	0,93	4,84	10,22	0,68	6,65	8,80	0,33	3,72	4,60	0,47	10,17

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%). Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

Conforme a NBR 7222/2011 verificou-se a resistência à tração por compressão diametral. Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral indicaram redução da resistência bastante significativa para as amostras com conchas em substituição à brita.

Tabela 5 - Tração por compressão diametral.

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)											
Idade (dias)											
64			57			68					
Família 1			Família 2			Família 3			Família 4		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
2,39	0,35	14,66	1,21	0,15	12,07	1,25	0,15	12,00	0,73	0,14	18,78

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%). Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

Figura 6 - Ruptura após aplicação de carga de compressão diametral:

(a) Corpo de prova da família 1; (b) Corpo de prova da família 2.



Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

O ensaio de absorção por capilaridade foi realizado de acordo com a NBR 9779/2012 e notou-se o aumento da absorção de água nas amostras com conchas de mariscos, o que é justificado, pelo baixo teor de cimento em relação à quantidade conchas e a pouca aderência da concha à argamassa.

Tabela 6 - Absorção por capilaridade.

Absorção por capilaridade	(g/cm <sup>2</sup> )
Família 1 (brita 100%)	0,51
Família 2 (marisco 100%)	0,51
Família 3 (brita 100%)	2,58
Família 4 (marisco 100%)	4,33

Fonte: MELO, A. I. da S. 2015.

### b. Argamassas:

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado de acordo com a NBR 13279/1995, onde foram analisados 6 corpos de prova de cada família. De acordo com os parâmetros da NBR 13281/2005, os resultados das famílias 1,2 e 3 se caracterizam como argamassa.

Tabela 7 - Tração por compressão axial.

Resistência à tração por compressão axial (MPa)								
Idade: 28 dias								
Família T1			Família T2			Família T3		
RM	SD	CV	RM	SD	CV	RM	SD	CV
4,37	0,24	5,49	5,00	0,25	5,00	5,16	0,33	6,39

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Fonte: RÊGO, M. J. de A. M. 2016

Argamassa composta por cimento e conchas apresentou resistência à compressão média maior que as demais amostras, isso se dá, pois, segundo LAWRENCE, P. *Et. al* (2004) o  $\text{CaCO}_3$  reage com compostos do cimento ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) produzindo carboaluminato ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$ ). Além disso, o  $\text{CaCO}_3$  pode ativar a hidratação do cimento atuando como pontos de nucleação (RÊGO, M. J. de A. M. 2016).

Também Foi realizado o ensaio de absorção de água por imersão de acordo com a NBR 9778/2005, através dos quais foi possível notar que, com a substituição total da areia por concha de marisco, a amostra da família T3 apresentou percentual de absorção de água numericamente acima das demais famílias.

Tabela 8 – Valores de Absorção de Água por Imersão (%).

<b>Ensaio de Absorção de Água por Imersão</b>	<b>%</b>
Família T1 (sem concha)	9,89
Família T2(50% de concha)	9,93
Família T3 (100% de concha)	10,45

Fonte: RÊGO, M. J. de A. M. 2016

Isso pode ser justificado, devido a maior porosidade da argamassa tendo a concha como agregado miúdo e também devido à pouca aderência desse agregado com a pasta de cimento.

### 3.CONCLUSÕES

Sobre a elaboração do Projeto Arquitetônico, pôde-se verificar que é possível se desenvolver projetos que respeitem os condicionantes locais inclusive os culturais, desde que haja o devido cuidado e a destinação de tempo e recursos necessários para um diagnóstico preciso de tais condições em cada localidade específica. Desta forma, esta pesquisa pretendeu mais, o desenvolvimento de uma metodologia de diagnóstico e projeto, do que estabelecer um “modelo” arquitetônico a ser replicado indiscriminadamente em qualquer comunidade litorânea. Podendo ser utilizado, sim, na comunidade objeto de estudo, São Lourenço de Tejucupapo, em Goiana, litoral norte do estado de Pernambuco.

O partido assemelhado, quanto à dimensões e programa de necessidades se mostrou eficiente e possibilitará, em pesquisas futuras, comparações com projetos já executados pelos Programas atuais de produção de moradia, como o Minha Casa Minha Vida.Quanto ao desenvolvimento dos Materiais e Técnicas de construção, utilizando as conchas do marisco, pode-se verificar que os resultados dos ensaios realizados reforçam a hipótese da viabilidade no aproveitamento do resíduo da maricultura na construção civil. Atualmente, a pesquisa tem se concentrado no estudo sobre o uso das conchas de marisco trituradas para fabricação de tijolos de solocimento, que podem ser utilizado na execução das alvenarias do projeto proposto.

Com relação ao Saneamento Ambiental, dá-se também início ao desenvolvimento de filtros para o tratamento de águas pluvias e sistemas de tratamento do efluente doméstico, também com a incorporação das conchas de marisco.

#### 4.REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739. Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 6457. Amostras de Solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização.** Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 6502. Rochas e Solos.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215. Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 7222. Concreto e Argamassa – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778. Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de Água, Índices de Vazios e Massa Específica.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 9779. Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção por Capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279. Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Determinação da Resistência à Tração na Flexão e à Compressão.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281. Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 67. Cimento Portland – Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de Cone.** Rio de Janeiro, 1998.

CPRH. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco.**

Recife, 2003. 214p.

DURVAL, M. de S. **Usa das Conchas de Marisco na Construção Civil, Ensaio de Materiais.** Relatório Final de Estágio Curricular Obrigatório para o Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2015.

LAWRENCE, P.; CYR, M.; RINGOT, E. **Mineral admixtures in mortar effect of type, amount and fineness of fine constituents on compressive strength.** Cement and Concrete Research, Toulouse, France, 14 p., 2004.

LIMA JÚNIOR, G. C. de B. **Arquitetura Vernacular Praieira.** Recife, 2007.

MELO, A. I. da S. **Avaliação Do Reaproveitamento Da Concha Do Marisco Como Agregado Graúdo Na Produção De Concreto Não Estrutural.** Trabalho de Conclusão no Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2015.

RÊGO, M. J. de A. M. **Avaliação Do Uso De Concha De Marisco Como Agregado Miúdo Na Produção De Argamassa Para Revestimento De Piso.** Trabalho de Conclusão no Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2016.

SANTOS, E.; RODRIGUES, T.; MORAES, Y. B. L. **Projeto De Habitação De Interesse Social Sustentável Para Comunidades Pesqueiras Do Litoral Pernambucano.** Relatório Final de Projeto de Extensão, IFPE, Recife, 2015.

TENÓRIO, H. C. L. **Reaproveitamento de Conchas de Mariscos e Resíduos da Construção Civil em Alagoas.** Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas. V1. N1. Maceió, 2014.