



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

UFRPE/ PIBIC 2016/2017 / CNPq

Título do Projeto:

Aproveitamento de Resíduos Sólidos na Biodigestão.

Título do Plano de trabalho:

Caracterização da Aguapé (*Eichhornia crassipes*).

Recife - PE

2017

IDENTIFICAÇÃO

PIBIC: Lívia Maria Cavalcante Silva

Curso: Engenharia Agrícola e Ambiental

Orientador: Prof^a. Dr^a. Leocádia Terezinha Cordeiro Beltrame

Departamento: Departamento Tecnologia Rural (DTR)

Relatório de atividades

Projeto de pesquisa: Aproveitamento de Resíduos Sólidos na Biodigestão

Relatório Final das atividades desenvolvidas no período de agosto de 2016 a março de 2017 como parte das exigências do Programa de Iniciação Científica da UFRPE.

Recife – PE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B695a Bomfim, Helyne Tathianne de Castro
Aproveitamento de Resíduos Sólidos na Biodigestão: caracterização da aguapé (*Eichhornia crassipes*) / Helyne Tathianne de Castro Bomfim. - 2017.
12 f.
- Orientadora: Leocadia Terezinha Cordeiro Beltrame.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Recife, 2020.
1. aguapé (*Eichhornia crassipes*). 2. metano. 3. caracterização. I. Beltrame, Leocadia Terezinha Cordeiro, orient. II. Título

1. RESUMO

A crise energética mundial aliada à necessidade de preservação dos recursos naturais remete ao uso de fontes de energia renováveis capazes de substituir os combustíveis fósseis. Dessa forma, o biogás que a partir de materiais orgânicos, é uma fonte de energia economicamente viável, durável e renovável. Entre os materiais orgânicos que podem ser utilizados na produção de biogás destacam-se os dejetos animais e vegetais, como espécies aquáticas, como a aguapé (*Eichhornia crassipes*), entre outras. Embora a literatura disponível apresente muitas informações acerca das características dos dejetos animais e seu uso em biodigestores, pouco se sabe das características de espécies vegetais para esse fim. Este projeto visa caracterizar espécies vegetais e seu potencial de produção de metano para aplicação em biodigestores.

Palavras chaves: Aguapé (*Eichhornia crassipes*); metano; caracterização.

2. INTRODUÇÃO

Energia e desenvolvimento econômico são setores inseparáveis. Países mais desenvolvidos são aqueles com maior disponibilidade de energia. Entretanto, alguns fatores merecem especial atenção nesse sentido. O primeiro é a crise energética que advém da falta de recursos naturais para suprir uma demanda crescente e consequente custo elevado, aliado ao aquecimento global, tendo como principal vilão a queima de combustíveis fósseis. Diante desse cenário, a adoção de fontes de energia renováveis se apresenta como a melhor alternativa.

Entende-se por energia renovável aquela originária de fontes naturais, que possuem a capacidade de regeneração (renovação) e, portanto, sustentáveis; evitam ou reduzem emissões de gases; não sofrem as oscilações de mercado dos combustíveis fósseis; geram menos resíduos; podem ser obtidas, a baixo custo, em locais remotos e zonas rurais.

Uma das principais fontes de energia renováveis é a biomassa – matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pode ser usada na produção de energia (ANEEL, 2008), através da queima, sendo o calor produzido transformado em energia, como o bagaço de cana, ou através da sua degradação anaeróbia produzindo metano, como os dejetos de animais. O processo ocorre em câmaras fechadas denominadas biodigestores.

Biodigestores são centrais tecnológicas, que consiste em um tanque protegido do contato com o ar atmosférico, onde ocorre um processo bioquímico de decomposição da matéria orgânica presente, através de microrganismos anaeróbios. O processo de decomposição de matéria orgânica resulta em biogás, biofertilizantes e efluentes estabilizados. O processo requer condições ideais de temperatura, pH, umidade, e relação carbono/nitrogênio do substrato. De acordo com Oliver (2008), são ideais para o

tratamento de resíduos sólidos orgânicos, provenientes de todos os tipos como: dejetos de animais, resíduos da produção agrícola, resíduos orgânicos urbanos/domésticos, plantas aquáticas, lodos proveniente de ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto), entre outros. Resíduos estes que provocam poluição dos solos, águas superficiais e subterrâneas, pois consistem num material rico em matéria orgânica e agentes patogênicos. São vários os impactos causados pela inadequada destinação desses resíduos, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde.

O Biofertilizante, sub-produto da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, apresenta alta qualidade no uso agrícola, repondo macro e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas.

O Biogás é uma mistura gasosa combustível, também produzida pela digestão anaeróbica. Sua composição química é composta de: 55 - 65% de Metano (CH_4); 30 - 45% de Dióxido de Carbono (CO_2); 5% aproximadamente de Enxofre (S_2) e vapor de água (H_2O), porém, seu principal componente é o metano, que não tem cheiro, cor ou sabor. O biogás é extremamente inflamável, e por isso beneficia vários usos como, em fogão doméstico, geladeira, geração de energia elétrica, aquecimento, uso em secadores de grãos, dentre várias outras utilidades. De acordo com Oliver (2008), seu poder calorífico é de 5.000 a 7.000 Kcal/m³.

De acordo com KARLSSON et al. (2014), o processo microbiológico da produção do biogás consiste de etapas da digestão anaeróbica, ou seja, a conversão da matéria orgânica em gases, que é feita nas seguintes fases:

1. Hidrólise: o material orgânico submetido ao processo de digestão deve ser quebrado em pequenas moléculas para que os microorganismos consigam se alimentar delas. A rapidez do processo depende do tipo de material submetido e de como este é estruturado.

2. Fermentação: os componentes menores derivados da ruptura de moléculas grandes na hidrólise continuam a ser quebrados em moléculas sempre menores. Nesta etapa, ácidos são formados por meio das reações e transformam-se em ácidos orgânicos, álcoois e aminoácido, além de hidrogênio e dióxido de carbono.

3. Oxidação anaeróbica: as moléculas, quebradas anteriormente nas outras etapas, continuam se rompendo em moléculas ainda menores pela oxidação anaeróbica, sendo necessário haver boa interação entre os microorganismos produtores de metano, conhecida também como acetogênese. As bactérias acetogênicas convertem o material degradado nas etapas anteriores em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono.

4. Formação de Metano: última etapa e também conhecida como metanogênese, têm-se a fase de formação do metano. O metano formado pelos microorganismos metanogênicos necessitam, para sua formação, dos subprodutos das três etapas anteriores. As bactérias metanogênicas não são resistentes às perturbações de alterações no pH e substâncias tóxicas, as quais podem ser alteradas ao longo do processo. É

importante adaptar o processo para o melhor funcionamento dessas bactérias, pois é a fase mais importante do processo onde é gerado o gás metano.

O biogás pode ser obtido a partir de diferentes fontes de matéria orgânica, e sua composição pode variar de acordo com a natureza da matéria-prima utilizada na biodigestão. Vale ressaltar que:

- diferentes tipos de matéria orgânica produzem diferentes quantidades de biogás (m^3/ton ou L/kg);

- diferentes tipo de matéria orgânica produzem biogás com diferentes concentrações de metano e gás carbônico.

- pode-se avaliar o potencial máximo de geração de biogás através da análise química feita com a matéria orgânica utilizada, porém a quantidade gerada depende do tipo de tecnologia utilizada.

De acordo com a AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA – (AGEITEC), estima-se que a produção de biogás por animais seja de:

- aves (2,5 kg) - 0,014 ($\text{m}^3/\text{cabeça}/\text{dia}$);

- suínos (90 kg) - 0,240 ($\text{m}^3/\text{cabeça}/\text{dia}$);

- bovinos (500 kg) - 0,360 ($\text{m}^3/\text{cabeça}/\text{dia}$);

- e provenientes de vegetais (1 kg) - 0,04 m^3 de biogás, variando conforme o tipo e parte do vegetal.

Entre os vegetais utilizados na biodigestão, o aguapé (*Eichhornia crassipes*), também conhecido como jacinto-de-água, baronesa, mururé, orelha-de-veado, pavoá, rainha-do-lago, uape, uapê e camalote, tem apresentado bons resultados (JAIGANESH; NAGARAJAN; GEETHAB, 2014). O aguapé é uma planta macrófita aquática flutuante da família das *Pontaderiaceae*, que ocorre geralmente em nascentes eutrofizadas. São oriundas de clima equatorial, subtropical e tropical e têm um ciclo de vida perene. Possui raízes longas, podendo medir até um metro, flores azuis, folhas de limbo liso e pecioladas repletas de cavidades de ar (por isso a facilidade de flutuar), estolões, caule achatado e inflorescências.

A composição química do aguapé consiste em mais de 80% de umidade, que pelo elevado teor de água se decompõe rapidamente. Também é rica em micro e macronutrientes, tendo uma grande concentração de proteínas. Segundo BOYD e VICKERS (1971), pode-se considerar uma boa estimativa 1,33 a 3,33% de nitrogênio (peso seco), 0,14 a 0,80% de fósforo (peso seco) e de 1,60 a 6,70% de potássio (peso seco) presentes na biomassa de *Eichhornia*.

Em algumas situações de superpopulação, o aguapé pode se tornar um problema, como em casos de lagos com presença excessiva de nutrientes como o Nitrogênio (N), Fósforo (P) e o Potássio (K), que são favoráveis ao crescimento dessas plantas, desenvolvendo-se rapidamente. Um ha de aguapé bem manejado pode produzir por ano

uma quantidade de matéria seca 5 vezes superior à produzida por uma cabeça de gado bovino, na forma de esterco (MALAVOLTA, et al 1989). O que torna fácil sua multiplicação é a capacidade de incorporar grandes quantidades de nutrientes em seus tecidos. Devido a isso, é bastante útil para despoluir águas podendo inclusive bioacumular metais pesados.

De acordo HUKAI (2016) um estudo patenteado da USP (Universidade de São Paulo), com o objetivo de encontrar um meio eficiente para aproveitar o potencial energético armazenado do aguapé, conforme uma análise de viabilidade financeira de uma usina piloto teórica abastecida pelo equivalente a 10 toneladas de matéria seca de aguapé diariamente, se mostrou muito eficiente. O resultado da biodigestão dessa biomassa é uma geração de 1.179m³ de biogás por ano que pode servir de combustível para um conjunto motor-gerador e produzir 2.797 MWh por ano.

Pode-se concluir que o aguapé apresenta um meio inteligente, prático e rentável de tratar dejetos industriais e domésticos, pois capta os poluentes dos corpos hídricos para em seguida transformá-los em biogás.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral:

Verificar o potencial de produção de metano a partir de vegetais.

3.2. Específicos

Caracterizar diferentes tipos de plantas aquáticas da região;
Verificar seu potencial de produção de metano;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Obtenção da matéria-prima

As plantas analisadas foram obtidas da Lagoa de Apipucos, em Recife (PE).

4.2. Caracterização

Foram feitas as seguintes análises: Sólidos totais (ST), Sólidos fixos totais (SFT), Sólidos voláteis totais (SVT), Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio total (NKT).

Sólidos totais (ST)

O teor de sólidos totais se determina pelo método indireto, em que a amostra é levada a uma estufa regulada a 135°C até desidratar completamente e atingir peso constante. Após desidratação, deixa-se a mesma esfriar em um dessecador, pesa-se a matéria seca e, por diferença, calcula-se o resultado em termos de percentagem. A metodologia está descrita em Bezerra Neto e Barreto (2004).

Sólidos fixos totais (SFT)

O método para análise dos sólidos fixos totais está descrito por Bezerra Neto e Barreto (2004). Consiste na incineração (calcinação) da amostra, onde as substâncias voláteis (matéria orgânica) são eliminadas, permanecendo apenas o resíduo mineral, calculado em termos de percentagem.

Sólidos voláteis totais (SVT)

O teor de sólidos voláteis totais (matéria orgânica) corresponde a diferença de massa da amostra antes da ignição e após a ignição, calculada em termos percentuais.

Carbono Orgânico Total (COT)

O método pelo qual o teor de carbono total se determina, baseia-se na oxidação de matéria orgânica em presença de ácido sulfúrico e dicromato de potássio, e dosagem por titulação, do excesso de dicromato, com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal. A metodologia está descrita em Bezerra Neto e Barreto (2004).

Nitrogênio total (NKT)

Para a determinação de Nitrogênio total utilizou-se o método de Kjeldahl, conforme Bezerra Neto e Barreto (2004), que consiste na digestão da amostra, em que o nitrogênio orgânico é mineralizado por ácido sulfúrico, em presença de catalisadores a 300°C, destilação do nitrogênio mineralizado (na forma de cátion amônio – NH_4^+) é volatilizado na forma de amônia por ação de uma base forte, sendo recebido por ácido bórico (H_3BO_3), seguido de titulação com ácido sulfúrico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico para maior compreensão do tema abordado nos primeiros meses de vigência da bolsa. Nos meses seguintes, após aquisição do material de laboratório, foram realizados vários ensaios para domínio das

técnicas de laboratório. Os ensaios iniciais foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental do DTR.

Em janeiro de 2017 foram colhidas amostras de aguapé, iniciando os trabalhos do projeto.

Sabe-se, por literatura, que o aguapé apresenta, em média, 80% de umidade. Por ser uma informação muito importante, pois é somente a partir do teor de umidade que se pode obter valores precisos de nitrogênio e de carbono (determinantes para geração de metano), os trabalhos foram iniciados na determinação de umidade.

Buscou-se identificar o percentual de umidade de diferentes partes da planta: caule, folha e raiz. Os resultados estão apresentados nas tabelas 1, 2 e 3. Os ensaios foram realizados com 4 repetições, para menor erro.

Tabela 1 – Teor de umidade dos caules

AMOSTRAS	CÁPSULA (g)	CÁPSULAS+AMOSTRAS ÚMIDAS (g)	PESO FINAL (g)	TEOR DE SÓLIDOS (%)	UMIDADE (%)
1	82,038	83,731	82,18	8,39	91,61
2	80,806	81,719	80,885	8,659	91,35
3	79,85	82,168	80,087	10,22	89,78
4	84,2	86,591	84,394	8,11	91,89

Tabela 2 – Teor de umidade das folhas

AMOSTRAS	CÁPSULA (g)	CÁPSULAS+AMOSTRAS ÚMIDAS (g)	PESO FINAL (g)	TEOR DE SÓLIDOS (%)	UMIDADE (%)
1	80,826	81,652	80,919	11,26	88,74
2	89,023	89,521	89,08	11,45	88,55
3	79,869	80,619	79,958	11,87	88,13
4	84,221	85,478	84,36	11,06	88,94

Tabela 3 – Teor de umidade das raízes

AMOSTRAS	CÁPSULA (g)	CÁPSULAS+AMOSTRAS ÚMIDAS (g)	PESO FINAL (g)	TEOR DE SÓLIDOS (%)	UMIDADE (%)
1	80,801	90,312	81,156	3,73	96,27
2	89,002	94,627	89,196	3,45	96,55
3	79,848	86,816	80,154	4,39	95,61
4	84,2	89,429	84,441	4,61	95,39

Conforme pode ser observado nas Tabelas 1, 2 e 3, o maior teor de umidade foi observado nas raízes, enquanto que o maior teor de sólidos foi observado nas folhas. Contudo, os valores obtidos foram todos maiores do que é apresentado em literatura.

Posteriormente foram realizados novos ensaios de determinação do teor de sólidos, porém da planta completa. Para isso, as amostras foram lavadas, secas ao ar por 24 horas e trituradas em liquidificador. Além disso, as amostras foram separadas conforme seu tamanho e classificadas em plantas jovens (com diâmetro de folhas menor ou igual a 11 cm) e plantas adultas (com diâmetro de folhas superior a 11 cm).

Todos os ensaios foram feitos com 5 repetições.

Os resultados da determinação do teor de sólidos para as amostras jovens e adultas estão expressos na tabela 4.

Considerando as amostras homogêneas (trituradas) em relação às suas partes, observou-se maior regularidade nos resultados obtidos, obtendo-se uma média de 93,78% de umidade nas amostras jovens e 91,72% nas amostras adultas, com desvios padrão de 0,17 e 0,08, respectivamente. Também pode ser observado que plantas jovens apresentam maior percentual de umidade.

Na determinação de sólidos fixos (resíduo mineral) e voláteis, os ensaios foram realizados em triplicata, devido ao espaço na mufla. Os resultados estão apresentados na tabela 5 e estão expressos em percentual dos sólidos totais.

De acordo com os resultados obtidos, a média de sólidos fixos ou resíduo mineral das amostras jovens é de 1,27% e das amostras adultas é de 1,33%, com desvio padrão de 0,14 e de 0,06, respectivamente. O teor de sólidos voláteis (matéria orgânica), das amostras jovens apresentou uma média de 4,98% e das adultas 6,94%. A diferença nas amostras adultas em relação ao teor de sólidos fixos e voláteis é esperada, devido ao maior teor de umidade encontrada nas amostras jovens.

Tabela 4 – Teor de Sólidos Totais

AMOSTRAS		TEOR DE UMIDADE (%)	TEOR DE SÓLIDOS (%)
JOVENS	1	93,76	6,24
	2	93,87	6,13
	3	94,05	5,95
	4	93,55	6,45
	5	93,65	6,35
ADULTAS	6	91,75	8,25
	7	91,84	8,16
	8	91,68	8,32
	9	91,61	8,39
	10	91,71	8,29

Tabela 5 – Teor de sólidos fixos e voláteis das amostras

AMOSTRAS		TEOR DE SÓLIDOS FIXOS (%)	TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS (%)
JOVENS	1	1,35	4,6
	2	1,08	5,37
	3	1,39	4,96
ADULTAS	4	1,34	6,91
	5	1,39	6,77
	6	1,25	7,14

A determinação do teor de carbono total também foi realizada para as amostras jovens e adultas. Para os cálculos dos resultados considerou-se que cada mililitro de dicromato de potássio 1 N reduzido equivale a 3 mg de carbono oxidado, bem como o peso da amostra previamente desidratada utilizada. Os resultados estão expressos na tabela 6.

Tabela 6- Teor de Carbono Orgânico Total das amostras

AMOSTRAS		MASSA INICIAL DA AMOSTRA (g)	VOLUME DE SULFATO FERROSO AMONIACAL (mL)	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%)
JOVENS	1	0,1056	26	21,44
	2	0,1022	26,5	21,45
	3	0,1002	26,5	21,88
ADULTAS	4	0,1009	24	25,28
	5	0,1039	22,6	26,49
	6	0,1060	23,9	24,21

A média encontrada dos valores de carbono orgânico total nas amostras jovens é de 21,59% e nas amostras adultas é de 25,32%, com desvios padrão de 0,20 e 0,93, respectivamente. Deve-se salientar que o teor de carbono orgânico total foi realizado na amostra seca (previamente desidratada a 65°C por três dias).

Ao analisar o teor de Nitrogênio total, foi considerado para os resultados a massa inicial da amostra e o volume de ácido sulfúrico utilizado na titulação. Os resultados estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7- Teor de Nitrogênio Total das amostras

AMOSTRAS		MASSA INICIAL DA AMOSTRA	VOLUME DE ÁCIDO SULFÚRICO	NITROGÊNIO TOTAL (%)
JOVENS	1	0,1085	1,3	0,84
	2	0,1004	3,7	2,58
	3	0,1126	4,1	2,55
ADULTAS	4	0,1038	2,4	1,62
	5	0,1110	2,4	1,51
	6	0,1000	2,2	1,54

Considerando a média dos valores obtidos, tem-se que o teor de Nitrogênio total das amostras jovens é de 1,99%, enquanto que das amostras adultas é de 1,56%, com desvio padrão de 0,81 e 0,04, respectivamente. Observou-se que, nesta análise, o teor de nitrogênio encontrado foi maior nas amostras jovens, ao contrário do teor de carbono.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos das análises da aguapé (*Eichhornia crassipes*) mostraram-se positivos quanto a viabilidade do uso dessa biomassa como um meio eficiente para geração de metano e posterior produção de energia elétrica, em razão de que transforma poluentes em biogás. Contudo, para maior eficiência do processo, será necessário adicionar outras substâncias como dejetos de animais.

O uso dos biodigestores mostra-se como uma alternativa sustentável para o manejo de resíduos no que se refere à emissão de metano para a atmosfera e deposição de resíduos que contaminam o solo, pois de acordo com THOMAZ (2014), ao final do processo, além de um combustível renovável, obtém-se um fertilizante rico em nutrientes que pode ser aplicado no solo e melhorar suas características.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC – Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica. Biogás. Obtido em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1fm1ev02wyiv802hvm3jlsm2z9b.html>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica no Brasil. Ed. Brasília: ANEEL, 2008. Obtido em http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2016.

BEZERRA NETO, E; BARRETO, L.P. MÉTODOS DE ANÁLISES QUÍMICAS EM PLANTAS. Recife, Imprensa Universitária- UFRPE, 2004. 149p.

HUKAI, A.N.A. ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DA AGUAPÉ (*EICHHORNIA CRASSIPES*) NA PRODUÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO. USP. São Paulo, 2016.

JAIGANESH.; NAGARAJAN, P. K.; GEETHAB, A. Solid state bio methane production from vegetable wastes: Current state and perception. Renewable and sustainable energy reviews. v.40, p.432-437.2014.

KARLSSON, T. et. al. Manual básico de biogas. Lajeado: Ed. da Univates, 2014. 69p.

OLIVER, A. P. M. Manual de Treinamento em biodigestão. Instituto Winrock Brasil, 2008.

THOMAZ, C; SILVA, E. Avaliação de Produção de Biogás por Biodigestão Anaeróbica Conjugada da Manipueira, Glicerina Bruta e Aguapé (*Eichhornia Crassipes*). Paraná, 2014.