



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
LABORATÓRIO DE PESQUISA DE SISTEMAS AMBIENTAIS URBANOS

JOÃO PAULO RODRIGUES DE LIMA

**VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS GERADOS POR
UMA GRANDE CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS
ORGÂNICOS EM JOÃO PESSOA-PB**

JOÃO PESSOA – PB

2023

JOÃO PAULO RODRIGUES DE LIMA

**VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS GERADOS POR
UMA GRANDE CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS
ORGÂNICOS EM JOÃO PESSOA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba como requisito obrigatório para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Joácio de Araújo
Morais Júnior

JOÃO PESSOA – PB


2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO PAULO RODRIGUES DE LIMA

VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS GERADOS POR UMA GRANDE CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS ORGÂNICOS EM JOÃO PESSOA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 06/06/2023 perante a seguinte
Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente
 JOACIO DE ARAUJO MORAIS JUNIOR
Data: 17/06/2023 07:56:16 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Prof. Dr. Joácio de Araújo Morais Júnior (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIA COUTINHO NOBREGA
Data: 18/06/2023 15:12:19 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Profa. Dra. Claudia Coutinho Nóbrega (Examinadora)
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIO RUY PORTELA DE VASCONCELOS
Data: 19/06/2023 17:05:39 -0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

Prof. Claudio Ruy Portela de Vasconcelos (Examinador)
Universidade Estadual da Paraíba



Profa. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732v Lima, Joao Paulo Rodrigues de.
VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS GERADOS POR
UMA GRANDE CENTRAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS
ORGÂNICOS EM JOÃO PESSOA-PB / Joao Paulo Rodrigues de
Lima. - João Pessoa, 2023.
45 f. : il.

Orientação: Joácio de Araújo Morais Júnior Júnior.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Valoração. 2. Compostagem. 3. Biogás. I. Júnior,
Joácio de Araújo Morais Júnior. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 504(043.2)

Dedico esse trabalho aos meus avós Francisco Bernardino e Eliza Maria, fonte de inspiração diária e, apesar de não estarem mais entre nós, ainda são meus pilares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus, a fonte criadora de tudo e todos, a Jesus Cristo, nosso senhor e salvador, e a Maria, mãe de Jesus, por interceder em favor da humanidade.

Expresso minha gratidão aos meus amados pais, Francisca Lopes Rodrigues de Lima e Cícero Andrade de Lima, pelo apoio incondicional.

Aos meus queridos irmãos, Eliza Maria Rodrigues de Lima e Geraldo Rodrigues de Lima, pelo amor e confiança depositados em mim.

Sou grato também às minhas sobrinhas e sobrinho, Maria Luiza Rodrigues Duarte, Mahi Rodrigues Ramalho, Maria Clara Rodrigues Duarte, Maria Cecília Rodrigues Duarte e Thalles Rodrigues Ramalho, pelo amor e carinho inestimáveis.

À família Andrade, representada por Tânia Maria Andrade, agradeço por sua calorosa acolhida.

A Yris Campos Oliveira, minha companheira, merece minha gratidão por seu amor, carinho, paciência, conselhos, confiança e apoio, sendo um pilar em minha vida.

Por fim, agradeço aos meus amigos pelas parcerias nessa jornada.

RESUMO

A gestão adequada dos resíduos sólidos enfrenta desafios devido à diversidade, características variadas e volume gerado. A implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, trouxe diretrizes importantes, estimulando a redução, reutilização e reciclagem. Na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (Empasa), em João Pessoa/PB, foi realizado um estudo que identificou uma predominância de resíduos orgânicos. Durante uma campanha de coleta de quatro semanas, a quantidade média de resíduos gerados foi aproximadamente 4500 kg/dia. Se todo o resíduo orgânico for compostado, estima-se ganhos de até R\$ 3.117.688,00 reais por ano em adubo. Além disso, a implementação de método anaeróbico pode ser viável ao envolver outros grandes geradores. Isto posto, reduziria custos e traria benefícios para a conformidade com a legislação, aumento da vida útil dos aterros, geração de emprego, inovação tecnológica, economia circular e créditos de carbono. Portanto, a gestão de resíduos sólidos da Empasa apresenta potencialidades mediante as técnicas que permitem valorização.

Palavras-chave: valoração; biogás; compostagem.

ABSTRACT

The proper management of solid waste faces challenges due to diversity, varied characteristics and generated volume. The implementation of the National Solid Waste Policy (PNRS), Law No. 12,305/2010, brought important guidelines, encouraging reduction, reuse and recycling. At Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas - Empasa, in João Pessoa/PB, a study was carried out that identified a predominance of organic waste. During a four-week collection campaign, the average amount of waste generated was approximately 4500 kg/day. If all organic waste is composted, it is estimated gains of up to BRL 3,117,688.00 per year in fertilizer. Furthermore, the implementation of an anaerobic method may be feasible when involving other large generators. That said, it would reduce costs and bring benefits for compliance with legislation, increasing the useful life of landfills, job creation, technological innovation, circular economy and carbon credits. Therefore, Empasa's solid waste management has potential through techniques that allow recovery.

Keywords: valuation; biogas; composting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do empreendimento	20
Figura 2: Análise espacial do empreendimento	21
Figura 3: Registro fotográfico dos resíduos – primeira semana de acompanhamento....	26
Figura 4: Registro fotográfico dos resíduos – segunda semana de acompanhamento....	26
Figura 5: Registro fotográfico dos resíduos –terceira semana de acompanhamento.....	27
Figura 6: Registro fotográfico dos resíduos – quarta semana de acompanhamento.....	27
Figura 7: Tendência de geração dos resíduos sólidos durante a campanha de coleta de dados	31
Figura 8: Pátio de compostagem da Empasa.....	33
Figura 9: Preço de mercado do adubo	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos resíduos gerados na Empresa conforme ABNT NBR 10.004 e CONAMA 313.....	28
Tabela 2: Distribuição percentual dos resíduos da Empresa.....	29
Tabela 3: Quantitativo de RSU durante a campanha.....	30
Tabela 4: Estimativa da geração de resíduos sólidos para o ano de 2022.....	32
Tabela 5: Total de resíduo produzido pela Empresa em diferentes escalas de tempo.....	32
Tabela 6: Produtos mais comercializados em 2019.....	32
Tabela 7 Estimativa de geração de resíduo sólido orgânico na Empresa.....	34
Tabela 8: Estimativa de precificação do adubo.....	35
Tabela 9: Composição do biogás.....	37
Tabela 10: Equivalência energética.....	37
Tabela 11: Estimativa de geração de biogás na Empresa.....	38

1. INTRODUÇÃO

O capitalismo é um sistema socioeconômico caracterizado pela predominância da propriedade privada dos meios de produção e pela busca máxima pelo lucro, impulsionado pela competitividade acirrada no mercado e pelo estímulo ao consumo desenfreado. Além disso, a globalização encurtou fronteiras, facilitou o comércio global e o intercâmbio de serviços e produtos, o que contribuiu para um comportamento consumista contemporâneo. Essa realidade impõe desafios significativos no que se refere à geração e tratamento de resíduos sólidos. Essa problemática acentua-se nos aglomerados urbanos, onde a concentração de pessoas intensifica o uso dos recursos naturais e provoca um elevado volume de resíduos sólidos, ademais, a inadequada gestão de resíduos sólido nas áreas urbanas é um reflexo da dificuldade enfrentada pela sociedade contemporânea diante da falta de conscientização sobre a importância do consumo consciente como meio de conservação dos recursos naturais. (ANDRADE e FERRERA, 2011).

Com base no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2022, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), referente a geração e destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é possível observar uma quantidade expressiva de resíduos produzidos no país. Segundo o levantamento, a geração de RSU alcançou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a uma média de 224 mil toneladas por dia, o que é equivalente a 1,043 kg de resíduos por habitante. Ademais, estima-se que 93% desses resíduos foram alcançados pela cobertura de coleta, sendo esse um indicativo positivo. No entanto, esse dado esconde uma informação preocupante, pois cerca 39% dos resíduos coletados são destinados a áreas ambientalmente inadequadas como lixões, por exemplo.

A destinação inadequada dos (RSU) no Brasil entre os anos de 2010 e 2014 resultou em um custo médio de US\$ 2,1 bilhões em termos de danos ambientais, segundo o estudo do International Solid Waste Association (ISWA) em parceria com a Abrelpe. Ressalta-se que esses custos estão relacionados à degradação da fauna, flora, solo, água e atmosfera, causada pelos poluidores que não adotam práticas adequadas de gestão e destinação de resíduos. Para mais, no ano de 2021, os municípios brasileiros investiram mais de R\$ 28 bilhões nos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos, abrangendo atividades como coleta, transporte, destinação final e

serviços gerais de limpeza urbana, ou seja, cerca de R\$ 10,95 por habitante/mês (ABRELPE, 2021).

Mesmo diante de um cenário desafiador, as alternativas para a valoração dos RSU no Brasil são reais e os cenários são promissores. A valoração dos resíduos sólidos pode ser calculada considerando diferentes aspectos, como a quantidade de resíduos gerados, o valor dos materiais recicláveis presentes nesses resíduos e as atividades econômicas relacionadas à gestão de resíduos.

No que diz respeito a composição dos RSU no Brasil (ABRELPE, 2021), cerca de 51% são de resíduos orgânicos e, a valoração dessa parcela orgânica/úmida tende a reduzir os impactos ambientais ao passo em que agregar valor, deixando de ser um problema e passando a ser uma solução, haja vista a possibilidade de valoração por de diferentes técnicas, tais quais compostagem, e biodigestão anaeróbica por exemplo. Por fim, sabe-se que a coleta seletiva no país não atinge níveis satisfatórios, embora cerca de 75,1% dos municípios apresentem alguma iniciativa, no entanto, como já visto anteriormente essa porcentagem não representa a efetividade do processamento final adequado. Logo, isso implica um descarte inadequado dos resíduos, na qual provoca uma série de problemas, entre elas a redução do tempo de vida dos aterros sanitários e elevação do volume de resíduos nos lixões. (BARROS e ZAGO, 2019).

A geração e tratamento inadequados desses resíduos apresentam riscos significativos para o meio ambiente, a saúde pública e a sustentabilidade. A gestão ineficiente dos resíduos, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, agrava esses problemas. É essencial investir em políticas e práticas que promovam a conscientização, a redução na geração de resíduos, a coleta seletiva e a destinação adequada. Além disso, a valoração dos resíduos sólidos, pode oferecer oportunidades para minimizar os impactos negativos e criar uma economia circular mais sustentável. O desafio é encontrar soluções integradas que abordem de forma efetiva os problemas relacionados aos resíduos sólidos, buscando um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de repensar e transformar o atual modelo socioeconômico, considerando os desafios apresentados pela geração e tratamento inadequado dos resíduos sólidos. A busca por alternativas de valoração dos

resíduos, especialmente os orgânicos, mostra-se promissora para reduzir os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que oferece oportunidades econômicas na construção de uma economia circular mais sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Analisar o potencial de valoração dos resíduos sólidos orgânicos gerados pela Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (Empasa), com base nas técnicas de compostagem e biodigestão anaeróbica.

2.2. Objetivos específicos

- Levantar dados quantitativos e qualitativos da produção de resíduos sólidos advindos da comercialização.
- Analisar as características quanti-qualitativos dos resíduos gerados pelo empreendimento.
- Analisar a gestão de resíduos sólidos no empreendimento.

3. FUNDAMENTAÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei nº 12.305/2010), em seu Art. 3º, inciso XVI, dispõe sobre a conceito de resíduos sólidos como sendo:

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

A implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 representou um marco importante, estabelecendo diretrizes para a gestão integrada dos resíduos, a promoção da responsabilidade compartilhada entre os setores público e privado, a estímulo à redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, bem como a eliminação gradativa dos lixões a céu aberto, na qual estabeleceu o parâmetro entre resíduos sólido passível de valoração e rejeito, onde a destinação final dar-se mediante esgotada todas as possibilidades de valoração. Logo, a lei visou não apenas solucionar os problemas existentes, mas também promover a conscientização da população sobre a importância da preservação ambiental e da busca por soluções sustentáveis para o gerenciamento dos resíduos sólidos.

A PNRS, em seu Art. 13, discorre sobre a classificação dos resíduos sólidos conforme sua origem e periculosidade, assim temos que quanto a origem: Resíduos domiciliares; Limpeza urbana; Sólidos urbanos; Estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; Serviços públicos de saneamento básico; Industriais; Resíduos de serviços de saúde; Construção civil; Agrossilvopastoris; Serviços de transporte e de mineração.

Quanto à periculosidade, a NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos da seguinte maneira:

- resíduos classe I - Perigosos;
- resíduos classe II – Não perigosos;
 - – resíduos classe II A – Não inertes.
 - – resíduos classe II B – Inertes.

A classificação correta dos resíduos como perigosos e não perigosos é crucial para a gestão adequada dos resíduos, visando proteger a saúde humana e o meio ambiente. Essa classificação permite identificar resíduos com características ou propriedades arriscadas, possibilitando a implementação de medidas de proteção apropriadas durante o manuseio, transporte, tratamento e disposição final. Além disso, ela contribui para o cumprimento das regulamentações, facilita o planejamento eficiente e direciona recursos para as áreas mais críticas em termos de riscos e impactos ambientais.

Ademais, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 13.305/2010 em seu Art. 3º, inciso VII, define a disposição final adequado como sendo:

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;

O adequado processamento dos resíduos sólidos enfrenta desafios significativos devido à diversidade dos materiais, suas características variadas e o volume gerado. A complexidade do processamento desses resíduos demanda o uso de técnicas e tecnologias específicas para garantir uma gestão eficiente e sustentável e com responsabilidade compartilhada, conforme estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 13.305/2010, em seu artigo 6º, inciso VII. Logo, é necessário adotar medidas que promovam a proteção do meio ambiente e da saúde pública, além da busca pela sustentabilidade. Dentre as principais técnicas e utilizadas, destacam-se a compostagem, reciclagem, incineração, disposição final em aterros e entre outros (ANTENOR e SZIGETHY, 2020).

A compostagem e a fermentação anaeróbica, também conhecida como biodigestão, são técnicas fundamentais para o processamento de resíduos sólidos orgânicos, pois oferecem soluções sustentáveis e eficientes no processo de transformação da matéria. A combinação dessas duas técnicas oferecem um amplo leque de possibilidades, pois permite a valorização dos resíduos mediante os seus benefícios

ambientais energéticos, além da redução dos impactos ambientais negativos, incentivo à economia circular e entre outros. (ZAGO e BARROS, 2019).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2013), a compostagem é o processo de decomposição da matéria orgânica devido a ação de microrganismo em um meio aerado naturalmente, sendo fungos, bactérias e pequenos insetos e pequenos animais, os responsáveis pela mineralização da matéria. Além disso, os fatores que influenciam o processo de degradação são: temperatura; microrganismos; umidade; aeração; relação carbono nitrogênio (matéria seca e úmida) e pH. Para mais, segundo Teixeira et al (2005), o processo de compostagem divide-se em duas fases, sendo:

1ª Fase: Na primeira fase do processo, fase de degradação, com duração de cerca de 70 dias, a temperatura atinge valores elevados. Desde que existam condições favoráveis nos primeiros 2 a 3 dias a temperatura alcança entre 50 a 60 °C, atingindo valores de 60 a 75 °C antes dos 15 dias. A temperatura ideal para o processo de compostagem é de 55 °C.

2ª Fase: Na fase de cura (segunda fase do processo), a temperatura oscila entre 35 e 45 °C. Após a maturação ou cura completa do composto, quando a matéria orgânica estará humificada, a temperatura mantém-se igual ou próxima à temperatura ambiental.

Embora seja uma técnica viável, a compostagem apresenta certas limitações dependendo do volume de resíduos a serem processados e das tecnologias a serem empregadas. Isso ocorre porque o processo de decomposição completa dos resíduos demanda um tempo considerável e, devido à grande quantidade de material processado, são necessários espaços amplos. Além disso, neste processo, os gases gerados não são capturados, resultando em perdas para o meio ambiente, ademais, é importante ressaltar que nem todos os projetos de compostagem realizam a captura do biofertilizante que quando diluída na proporção correta, pode ser aproveitado como adubo orgânico líquido (OLIVEIRA, LIMA e CAJAZEIRA, 2004).

Ademais, segundo o manual da Compostagem Familiar elaborado pela Funasa (2013), faz-se necessário realizar a triagem dos resíduos orgânicos, como carne, laticínios e gorduras, antes de destina-los a composteiras caseiras, pois essa medida é recomendada para evitar a atração de animais indesejados e manter um controle rigoroso

de odores. No entanto, é interessante notar que, de acordo com o estudo realizado por Inácio e Miller (2009), sobre a gestão de resíduos orgânicos, em grandes projetos de compostagem, o processamento de todo o resíduo sólido orgânico é realizado sem a necessidade de triagem prévia. Nesses casos, métodos avançados de controle de odores e a adoção de tecnologias específicas permitem o processamento eficiente e seguro dos resíduos variados. Logo, é importante considerar diferentes abordagens para a compostagem de resíduos orgânicos, levando em conta as orientações específicas de cada contexto.

Isto posto, diante das limitações energéticas da compostagem, o biogás surge como uma alternativa complementar para potencializar a valoração dos resíduos sólidos orgânicos. Vale destacar que a biodigestão permite não apenas a produção do adubo líquido, mas também a captura do biogás, que possui considerável poder calórico (ZANETTE, 2009).

O biogás é um subproduto da fermentação anaeróbica da matéria orgânica. Durante esse processo, ocorre a degradação da matéria por micro-organismos na ausência de oxigênio, resultando na produção de biogás, composto principalmente por gás metano. Além disso, é gerado também o biofertilizante, que contém água, matéria orgânica e minerais. Diversos fatores exercem influência direta sobre a produção de biogás, como temperatura, teor de água da biomassa, composição da matéria a ser processada (incluindo a concentração de nutrientes), presença de substâncias tóxicas, frequência de abastecimento do biodigestor, agitação da biomassa dentro do biodigestor e tempo de retenção hidráulica (TRH). Todos esses elementos desempenham um papel crucial no desempenho e na eficiência do processo de produção de biogás, e seu controle adequado é essencial para garantir uma produção ótima e sustentável de energia a partir da biomassa. Para mais, o biogás é composto pelos seguintes gases: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2), Hidrogênio (H_2) e entre outros. Portanto, sendo esse um gás de alto teor de gás metano (inflamável) o mesmo apresenta alto potencial de valoração, seja ele térmico ou mecânico (ZANETTE, 2009).

No estudo de Machado e Aren (2021), é discutido o conceito de valoração dos resíduos sólidos como um processo que atribui valor aos resíduos, transformando um desafio contemporâneo em uma oportunidade de desenvolvimento sustentável, utilizando os resíduos como matéria-prima. A valoração dos resíduos apresenta benefícios

econômicos, como a criação de empregos, o impulsionamento do comércio e indústria, a redução de gastos públicos, a inovação tecnológica e a diminuição do volume de resíduos nos aterros sanitários, entre outros. Os autores destacam a importância da participação dos setores público, privado e civil para alcançar avanço socioeconômico de forma integrada. Em suma, a valoração dos resíduos representa uma oportunidade de transformar um problema ambiental em desenvolvimento sustentável, promovendo a recuperação, o reaproveitamento e a conservação dos recursos naturais.

Logo, o embasamento técnico aqui apresentado, proporciona a economia criativa ao promover o desenvolvimento de setores inovadores. Além disso, contribui para a conservação dos recursos naturais, permitindo a implementação de medidas eficazes de proteção ambiental, mitigação das mudanças climáticas e preservação da biodiversidade.

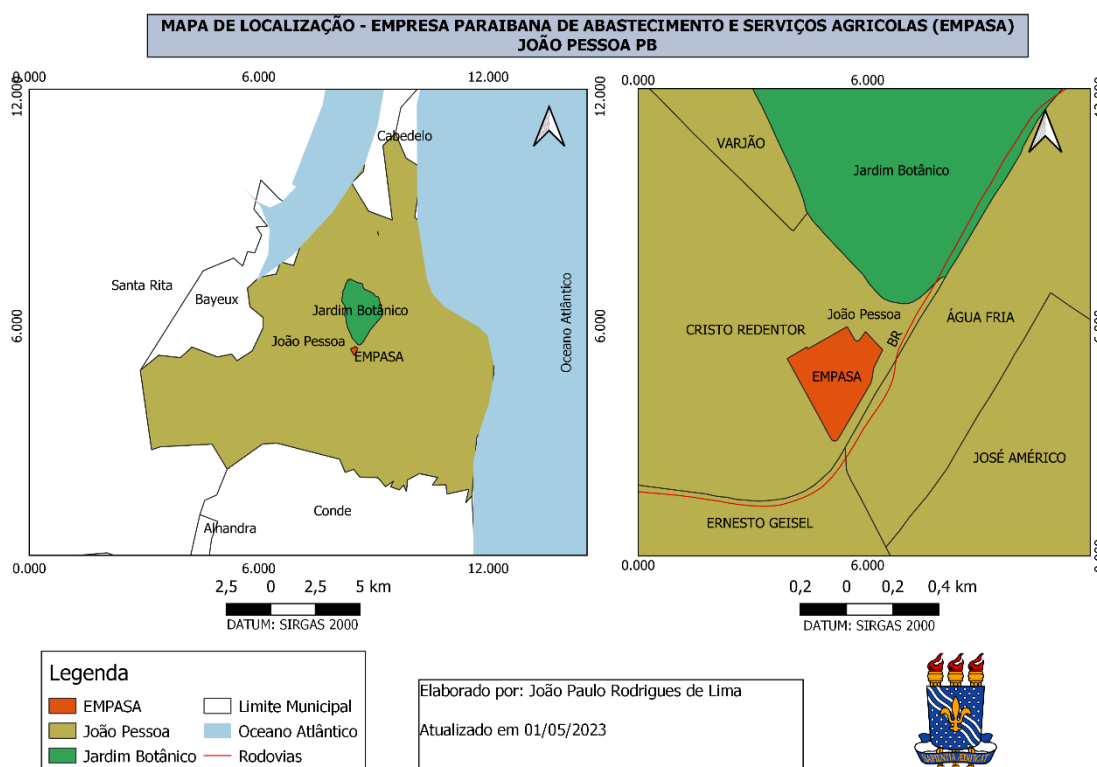
4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização da área de estudo

O município de João Pessoa está localizado na Zona Litoral-Mata paraibano, sendo esta a Capital do Estado da Paraíba. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2021), o município tem a maior economia do Estado da Paraíba e apresenta uma extensão territorial 210,044 km, além de possuir uma população estimada em 825.796 habitantes. Sendo a cidade mais populosa do Estado com uma densidade demográfica de 3.421,28 hab/km² (IBGE, 2010).

A Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), é um empreendimento estatal localizado no bairro do Cristo Redentor, em João Pessoa PB. Tendo como principal objetivo, prover o abastecimento de alimentos na capital e região por meio de comercialização de produtos hortifrutis. Localizado no bairro do (SANTOS, 2019).

Figura 1: Mapa de localização do empreendimento.



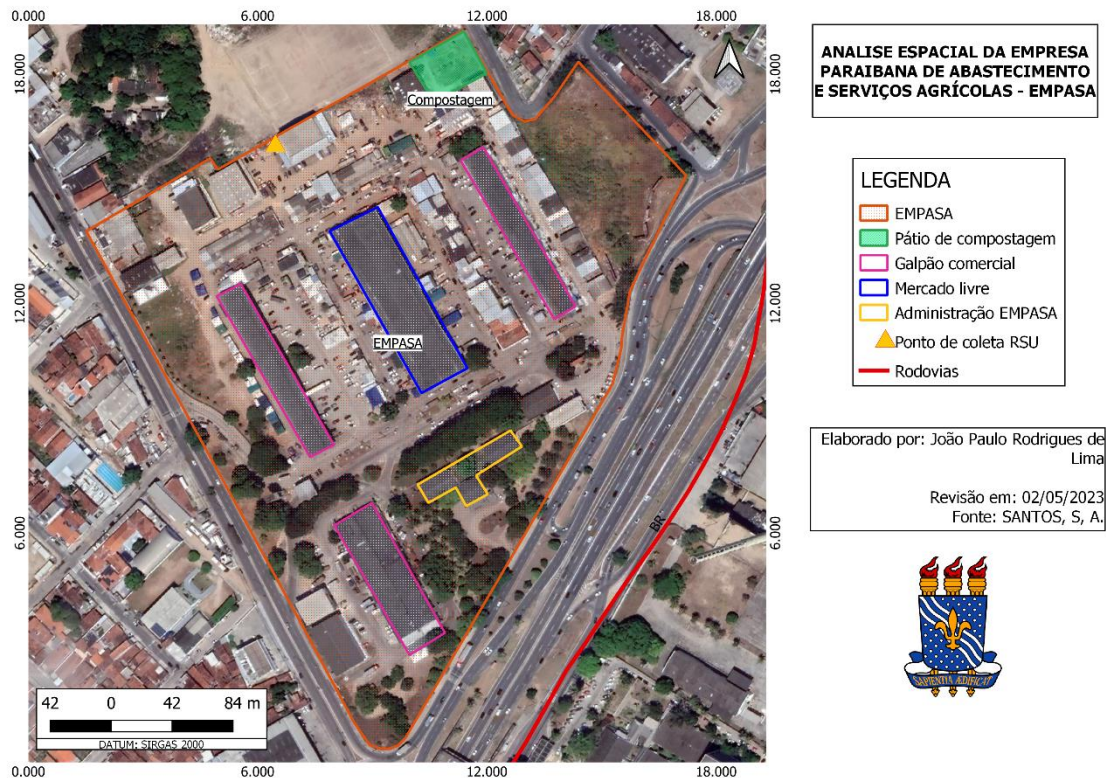
Fonte: Acervo pessoal, 2023.

A Empasa ocupa uma área de aproximadamente 13.335,075 m², composta por três grandes galpões, um mercado livre e diversas barracas onde ocorrem as comercializações, totalizando cerca de 288 boxes, além dos setores administrativos. É válido ressaltar que

o empreendimento também abriga pequenas empresas que fornecem serviços para atender às necessidades locais, como lanchonetes e lojas de roupas (SANTOS, 2019).

Além disso, é importante destacar que, ao longo das mudanças na gestão do Governo Estadual da Paraíba, ocorreram alterações no empreendimento em questão. A antiga Central de Abastecimento da Paraíba S/A de João Pessoa/PB (CEASA-JP) foi incorporada pelas empresas CEASA-PB (Centrais de Abastecimento da Paraíba S/A), CIDAGRO (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agropecuário do Estado da Paraíba) e CIDHORT (Cidade Hortigranjeira da Paraíba S/A). Como resultado, a Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (Empasa) foi criada, com sua autorização estabelecida pela Lei N° 5.398, de 15 de maio de 1991 (SANTOS, 2019).

Figura 2: Análise espacial do empreendimento.



Fonte: (SANTOS, 2019) adaptação.

A Empasa desempenha um papel significativo na economia local, tanto na geração de empregos quanto na distribuição de alimentos para a população. É importante destacar que o empreendimento está empenhado em implementar práticas sustentáveis em suas atividades, visando reduzir o desperdício de alimentos e empregando técnicas,

metodologias e tecnologias na coleta, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final dos resíduos gerados

Dentre as principais práticas sustentáveis destacam:

- 1) Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS), sendo este resultado de um trabalho que teve início em 2014 e foi concluído em 2015, realizado por uma equipe multidisciplinar composta por membros da Empasa e acadêmicos da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Além disso, o PGIRS foi tema de estudo de mestrado da principal gestora ambiental do empreendimento. O Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Empasa representou um marco na gestão de resíduos sólidos no empreendimento, pois promoveu uma mudança no pensamento coletivo em relação à geração, armazenamento, tratamento e destino final dos resíduos por meio de uma série de ações de educação ambiental realizadas pela equipe, envolvendo também parceiros de entidades públicas
- 2) As primeiras medidas para implementar a coleta seletiva no empreendimento foram tomadas por volta de 2010. Atualmente, os principais materiais recicláveis coletados incluem papel, papelão, plásticos PET, alumínio e paletes. Esses materiais são separados por catadores informais, a maioria dos quais são funcionários terceirizados do empreendimento e moradores próximos à Empasa. Os resíduos sólidos são parcialmente armazenados em um galpão do empreendimento, bem como em um pátio ao ar livre, e são comercializados por intermediários.
- 3) A compostagem foi introduzida em 2011 como uma solução para o processamento dos resíduos orgânicos, devido à alta produção de resíduos no empreendimento. A operação dessa técnica foi aprimorada a partir de 2015. O composto orgânico resultante do processo é comercializado e também doado. Além disso, foram desenvolvidos cursos de formação livre sobre sustentabilidade, abordando a técnica de compostagem, em escolas, universidades e outros locais.

4.2. Caracterização da pesquisa

O estudo em questão consistiu em uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo (GIL, 2002), no qual foi realizado uma campanha de quantificação e acampamento da coleta dos resíduos sólidos no empreendimento no final do mês abril e início de maio de 2022, Para obtenção e coleta de dados referente a central de distribuição, utilizou-se de uma metodologia que envolveu contatos com administração do local, bem como visitas presenciais durante a campanha, ou seja, envolveu a coleta de dados por meio de observação direta, documentos e arquivos assim como revisão de estudos bibliográficos extraídos de fontes secundárias contidas nos bancos de dados do Google Acadêmico, livros e artigos, assim como de fontes primárias de pesquisa e extensão no âmbito do serviço público, tais como: Universidade Federal da Paraíba, periódicos da CAPES, SCIELO e entre outros.

A campanha de coleta dos resíduos sólidos ocorreu da seguinte maneira: dividiu-se em 4 (quatro) semanas, na qual foi definido 3 (três) dias de coleta por semana, sendo segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira os dias fixos da coleta e, 3 (três) coletas por dia, sendo os horários próximos de 9h, 12h e 14h.

Além disso, é importante destacar a sinergia e colaboração da equipe do Laboratório de Pesquisa de Sistemas Ambientais Urbanos (LPSAU) no desenvolvimento do projeto. O LPSAU desempenhou um papel fundamental na condução do levantamento de dados, desde a fase de planejamento até a execução das atividades de coleta no empreendimento. Essa abordagem conjunta permitiu uma abordagem mais abrangente e eficiente, garantindo a qualidade e a confiabilidade dos dados obtidos.

4.3. Materiais e tecnologias

Para coleta de dados utilizou-se:

- O Excel, que é um programa de planilha eletrônica desenvolvido pela Microsoft que permite a organização, análise e visualização de dados em tabelas e gráficos.
- Para registro fotográfico por meio do uso de smartphones;

Para confecção do mapa de localização do empreendimento, EMPASA, inicialmente foi utilizado a imagem de satélite do google para criação dos polígonos do objeto de estudo por meio do programa Qgis, (*Software Livre*) tecnologia muito utilizado

nos trabalhos que envolve Sistema de Informações Geográficas (SIG). Ademais, foram utilizados os seguintes arquivos vetoriais:

- Para os limites municipais: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Para rodovias: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).
- Para o município de João Pessoa: Filipeia Mapas da Cidade.

A metodologia utilizada neste estudo possibilita a identificação do padrão de comportamento na geração de resíduos, incluindo quantidade e características, fornecendo informações essenciais para tomada de decisões eficientes. Com base nessa abordagem, será possível tomar medidas adequadas quanto ao manejo dos resíduos sólidos, contribuindo para a preservação ambiental e a promoção socioeconômica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Da geração de resíduos sólidos na Empasa e estimativas de resíduos orgânicos.

O início da campanha ocorreu na segunda-feira, dia 18/04, quando foram realizados registros fotográficos às 7 horas da manhã, antes da primeira coleta. Foram obtidos os tickets com as pesagens de cada carregamento, que são levados para o aterro sanitário municipal. A gestão do empreendimento é realizada por uma empresa terceirizada chamada Orizona. No entanto, devido ao fato de os resíduos acumulados terem sido gerados antes do início da campanha de coleta de dados, os volumes gerados nesses dias foram descartados. Portanto, a coleta de dados utilizada neste estudo iniciou-se na quarta-feira, dia 20 de abril de 2022, e finalizou-se na segunda-feira, dia 16 de maio do mesmo ano. A escolha dessa segunda-feira ocorreu porque os resíduos gerados no final de semana que faziam parte da campanha só foram coletados na segunda-feira.

Conforme as Figuras 3, 4, 5 e 6 a seguir, os resíduos sólidos gerados pela Empasa são acondicionados em duas caçambas estacionárias no abrigo externo, desprovidas de proteção. É perceptível a ausência de cercamento, placa de identificação, o solo é semipermeável e frequentemente ocorre transbordamento de resíduos, que sofrem interferência direta das intempéries. Vale ressaltar que, de acordo com as fotos do registro in loco e os dados gravimétricos (Leal, 2018), cerca de 98% desses resíduos gerados pela Empasa são orgânicos, ou seja, não perigosos e não inertes. Portanto, essa exposição às intempéries provoca uma série de alterações nas composições físico-químicas dos resíduos, o que pode ter uma série de impactos negativos no meio ambiente, na população local e, especialmente, nos colaboradores e transeuntes do empreendimento. Destaca-se os possíveis impactos ambientais negativos, tais como: contaminação do solo por meio do lixiviado, que pode ser acelerada em dias chuvosos; contaminação do possível lençol freático; contaminação do ar por meio de gases, assim como proliferação de micro e macrovetores; poluição visual, entre outros. Além disso, o perfil dos resíduos sólidos gerados no empreendimento é sazonal, devido às particularidades de produção dos hortifrutis.

Figura 3: Registro fotográfico dos resíduos - primeira semana de acompanhamento.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Figura 4: Registro fotográfico dos resíduos - segunda semana de acompanhamento.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Figura 5: Registro fotográfico dos resíduos - terceira semana de acompanhamento.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Figura 6: Registro fotográfico dos resíduos - quarta semana de acompanhamento.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Diante das muitas limitações para o planejamento e execução deste estudo, não foi possível realizar uma atualização no estudo gravimétrico dos resíduos gerados pelo empreendimento. Esse tipo de estudo permite conhecer a composição, o tipo de resíduos mais gerados, a quantidade, as características químicas e físicas, a origem e a destinação final dos resíduos. É um estudo de grande importância para a gestão e o planejamento ambiental de qualquer empreendimento (Monteiro et al., 2001). No entanto, de forma visual, foi realizado o levantamento dos resíduos, evidenciando a classe e a destinação final, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos resíduos gerados na EMPASA conforme ABNT NBR 10.004 e CONAMA 313

Código	Resíduos Gerado	Classe	Disposição/tratamento final
A006	Bandejas de ovos	II A	Reciclagem
A007	Redes de laranja	II B	Reciclagem
A006	Papel	II A	Reciclagem
A009	Caixotes de madeira	II A	Reciclagem
A007	Sacos plásticos	II B	Reciclagem
A007	Copos descartáveis	II B	Reciclagem
A006	Caixas de papelão	II A	Reciclagem
A007	Garrafas pet	II B	Reciclagem
A099	Isopor	II B	Aterro
A099	Serrapileira	II A	Compostagem
A007	Canos	II B	Reciclagem
A009	Pedaços de madeira	II A	Reciclagem
<i>F019</i>	Embalagem de leite	I	Reciclagem
A001	Frutas	II A	Compostagem
A002	Legumes	II A	Compostagem
A003	Verduras	II A	Compostagem
A004	Folhagens	II A	Compostagem
A005	Sucata	II B	Reciclagem
A007	Cordas de plásticos	II B	Reciclagem
A099	Vidro	II B	Reciclagem
X038	Resíduo eletrônico	I	Aterro/reciclagem
A010	Saco de estopa	II B	Aterro
A008	Pneu	II B	Reciclagem

Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Aqui, destaca-se um ponto importante que constitui uma problemática presente na sociedade brasileira como um todo. Percebe-se que a proporção de resíduos passíveis de destinação adequada é elevada, segundo os dados da Abrelpe (2022), apenas 60,5% dos resíduos gerados no Brasil têm uma adequada disposição final. Cerca de 99,35% dos resíduos sólidos gerados na Empasa são passíveis de valorização conforme descrito por Leal (2018) na Tabela 2. Ademais, a Empasa enfrenta este desafio de assegurar a segregação e destinação adequada de todo o volume de resíduos gerado, apesar das técnicas e tecnologias já utilizadas, como: compostagem, reciclagem e disposição final em aterro. Nem todos os resíduos estão sendo devidamente segregados e direcionados para o tratamento adequado, limitando o aproveitamento por meio da compostagem e reciclagem. A segregação correta, com a separação por categorias específicas, permite

direcionar cada tipo de material para as técnicas apropriadas, promovendo o máximo aproveitamento dos resíduos gerados.

Tabela 2: Distribuição percentual dos resíduos da EMPASA

Categoria	Percentual (%)
Matéria Orgânica	98,12
Papel	0,56
Terra	0,34
Madeira	0,25
Plástico Mole	0,24
Contami. Químico	0,16
Isopor	0,10
Plástico Duro	0,07
Metal não ferroso	0,06
Vidro	0,03
Descartáveis	0,03
PET	0,02
Papelão	0,01
Outros	0,00

Fonte: (Leal, 2018) Adaptação.

É importante ressaltar que a eficiência da coleta seletiva e compostagem não é exclusivamente dependente da gestão ambiental do empreendimento, conforme evidenciado por observações diretas e dados fornecidos por Silva (2019). A empresa tem implementado diversas ações socioambientais, sob a coordenação da equipe gestora, que são direcionadas aos técnicos, comerciantes, feirantes, população flutuante, trabalhadores e terceirizados. No entanto, é válido destacar que essa questão representa um desafio tanto de interesse individual como de difícil alcance social, como apontado por Vieira e Silva (2022)

O gerenciamento interno dos resíduos é realizado por duas empresas terceirizadas, cada uma com atribuições bem definidas. A empresa Maranata é responsável pelos serviços de limpeza e conservação dos blocos administrativos e mercados da Empasa, enquanto a empresa Ágape é responsável pela remoção das caixas estacionárias que armazenam os resíduos produzidos no mercado da Empasa/JP (Silva, 2019).

No ano de 2022, foi realizada a campanha de coleta de resíduos sólidos, com a duração de quatro semanas, abrangendo os meses de abril e maio. Durante esse período, foram coletados dados dos tickets que registravam a quantidade de resíduos sólidos

destinados ao aterro sanitário. Por meio da pesagem do caminhão na entrada, quando carregado com os resíduos, e na saída, após o descarregamento, é possível estimar diretamente a quantidade de resíduos gerados por meio de uma simples subtração. Os resultados obtidos, conforme apresentados na Tabela 3, demonstram o quantitativo das quatro semanas, a média diária por semana, bem como as médias semanais gerais e a média diária geral.

Tabela 3: Quantitativo de RSU durante a campanha

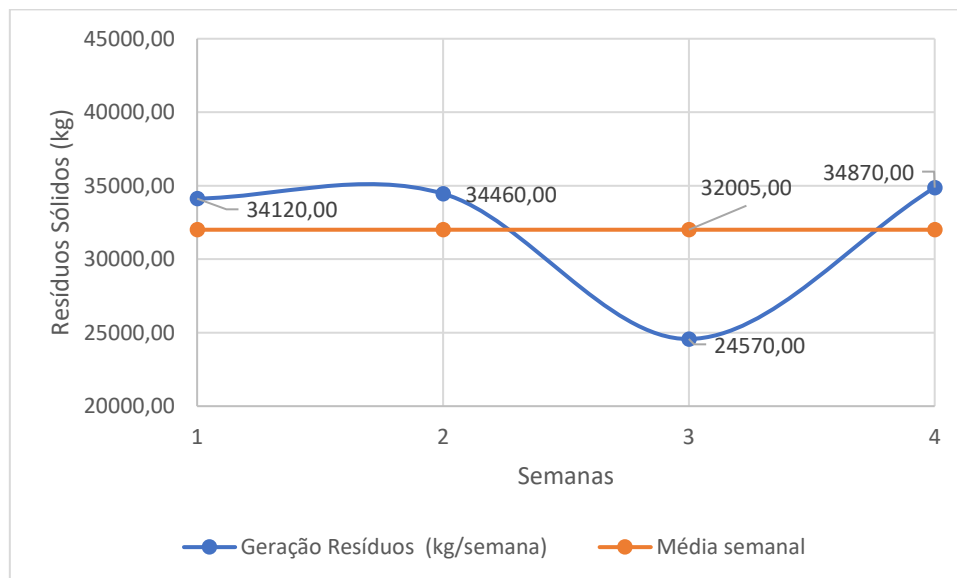
Semanas	Quantidade de dias	Geração kg/semana	Geração kg/dia
SEMANA 1 (19/04 - 25/04)	7	34120	4874,2
SEMANA 2 (26/04 - 02/05)	7	34460	4922,8
SEMANA 3 (03/05 - 09/05)	7	24570	3510,0
SEMANA 4 (10/05 - 16/05)	7	34870	4981,4
Média		32005	4572,1

Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

É relevante ressaltar o padrão do comportamento da geração de resíduos por semana no empreendimento. Percebe-se que a quantidade média da geração de resíduo das quatro semanas é de aproximadamente 32.005,00 kg, ou seja, valor próximo a geração observada em cada uma das semanas de estudo (Figura 7). Para mais, a semana I, II e IV apresentaram valores similares, evidenciando padrão de comportamento da geração de maneira suave. No entanto, o mesmo não ocorre semana III, onde a mesma apresentou uma redução significativa de aproximadamente 10.000,00 kg menos que as demais, ou seja, uma quebra significativa na regularidade do comportamento da geração de resíduos. Assim, diversas hipóteses podem explicar essa redução, com destaque para as variações sazonais da produção de hortifrutis que estão ligadas a diversos fatores climáticos e entre outros. Além disso, o consumo de alimento que também é influenciado por datas comemorativas e períodos de recebimento de salário, que pode ter impacto direto na quantidade de produtos comercializados e conseqüentemente na geração de resíduos. Isto posto, segundo Leal (2018), cerca de 98,12% desses resíduos possuem

potencial para serem valorizados através da compostagem e/ou biogás por digestão anaeróbica.

Figura 7: Tendência de geração dos resíduos sólidos durante a campanha de coleta de dados.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

A estimativa média diária, semanal e anual da geração de resíduos sólidos gerados pelo empreendimento observado durante a campanha de coleta são detalhadas na Tabela 4. A estimativa da geração de GSU fornecidos por Leal (2018), conforme mostrado na Tabela 5, evidenciam uma diferença significativa nas projeções de geração de resíduos. Os dados obtidos no estudo de 2018 indicam uma geração anual aproximadamente de 460.000 kg a mais que os valores obtidos na campanha de quantificação deste estudo. De maneira semelhante, a geração semanal apresenta uma diferença de aproximadamente 10.000 kg a mais, e a geração diária mostra um aumento de 3900 kg. É importante destacar que os dados obtidos por este estudo, são detalhados nos tickets de pesagem da entrada e saída de cada carregamento destinado ao aterro, Já Leal (2018) em seu estudo, estabelece uma metodologia gravimétrica considerando 5 dias (dias úteis) de pesagem e

levando em conta uma amostra de 12 coletores de resíduo no empreendimento como amostragem representativa dos 80 disponíveis em todo o empreendimento.

Tabela 4: Estimativa média da geração de resíduos sólidos para o ano de 2022.

Estimativa média de geração de RSU	
Geração média RSU (kg/ano)	1668832,1
Geração média RSU (kg/semana)	32005,0
Geração média RSU (kg/dia)	4572,1

Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU.

Tabela 5: Produção total média de resíduo produzido pela Empasa em diferentes escalas de tempo

Estimativa de geração de RSU	
Geração média RSU (kg/ano)	2136360
Geração média RSU (kg/semana)	42390
Geração média RSU (kg/dia)	8480

Fonte: (Leal, 2018) adaptado.

Para mais, é evidente que o descarte de laranjas é predominante, embora a quantidade exata não seja conhecida. Observa-se a presença significativa dessas frutas na caçamba estacionária todos os dias durante a coleta. Além disso, em 2019, foram comercializados aproximadamente 141.556.906 kg de hortifrutis no empreendimento, abrangendo cerca de 447 tipos de variedades. Conforme mostra a Tabela 6, a laranja foi a fruta mais vendida, totalizando cerca de 20.117.579,00 kg no ano.

Tabela 6: Produtos mais comercializados em 2019.

-	Produto	Total (kg)
1	LAR. PERA	20.117.579,00
2	TOMATE	14.289.180,00
3	BATATINHA	8.672.840,00
4	CEBOLA PERA	8.305.650,00
5	BANANA PACOVAN	7.407.823,00
6	MELANCIA	6.660.405,00
7	ABACAXI	5.542.578,00
8	CENOURA -	5.149.941,00
9	OVOS DE GRANJA	5.060.094,00
10	BATATA DOCE ROXA	4.494.228,00

Fonte: Empasa 2019.

5.2. Compostagem como alternativa para o processamento dos resíduos orgânicos

Ressalta-se que o sistema de compostagem desenvolvido na Empasa não processa todos os resíduos orgânicos gerados no empreendimento devido à limitação da área disponível, que é de aproximadamente 1220 m², para o processamento e destinação desses recursos. Além disso, há uma equipe reduzida responsável pela gestão e operacionalização das atividades. Portanto, a atuação da Empasa tem se concentrado em pesquisas científicas, em parceria com instituições de ensino como a Universidade Federal da Paraíba e o Instituto Federal da Paraíba, bem como na realização de palestras e mini cursos, com foco principal na prática da compostagem e na educação ambiental como tema interligado e inseparável.

A figura 8 a seguir mostra o pátio de compostagem da Empasa, onde é possível observar um colaborador envolvido no processo de revolvimento da leira, realizando aeração, o uso de material seco para estabilização da estrutura física das leiras e a presença de piolhos-de-cobra, do gênero *Spirobolus*, que são aceleradores naturais da decomposição de matéria rica em lignina e celulose, além de serem bioindicadores de qualidade. Adicionalmente, os piolhos-de-cobra são considerados bioindicadores de estabilidade da compostagem. A presença de uma população estável e saudável de piolhos-de-cobra sugere condições favoráveis para a decomposição e pode indicar um processo de compostagem bem-sucedido.

Figura 8: Pátio de compostagem da Empasa.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2023.

Portanto, a técnica da compostagem é perfeitamente viável para o processamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados na Empasa. No entanto, para lidar com a quantidade estipulada conforme indicado na Tabela 7, é necessário um investimento adicional em termos de recursos humanos qualificados, aquisição de equipamentos para otimizar a operação e expansão da área de trabalho. Nesse sentido, é importante destacar a possibilidade de parcerias entre os setores público e privado.

Tabela 7: Estimativa de geração de resíduo sólido orgânico na Empasa

kg/dia	4486,1
kg/semana	31403,0
kg/mês	955174,1
kg/ano	1637441,4

Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Pontua-se que, de acordo com dados obtidos in loco, 1 kg de adubo é vendido a um preço médio de 0,5 R\$, enquanto no mercado livre, o preço médio de 1 kg de adubo está na faixa de 5,6 R\$. Consulte a Figura 6 para mais detalhes.

Figura 9: Preço de mercado do adubo orgânico.



Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU e Mercado Livre, 2023.

Durante o processo de compostagem, ocorre uma redução da massa mineralizada devido à perda de água e à decomposição dos componentes orgânicos, os quais são transformados em gases, nutrientes minerais e matéria orgânica estabilizada, ou seja, adubo orgânico. Além disso, essa redução de massa não significa perda dos nutrientes; na verdade, ocorre a concentração dos mesmos no adubo (MÉNDEZ, 2009). O autor estabelece uma relação entre a massa de resíduo orgânico e o adubo produzido pela compostagem, na qual ocorre uma redução de massa na proporção de 1 kg de resíduo orgânico para 340 g de adubo. Com base nessa relação, é possível estimar a quantidade de adubo produzido a partir dos resíduos orgânicos da Empasa, considerando que já temos a estimativa da quantidade de resíduos. A Tabela 8 apresenta a capacidade de geração de adubo orgânico pelos resíduos orgânicos da Empasa por meio da compostagem, e estabelece um valor mínimo e máximo com base na própria tabela de preços da Empasa e nos valores comercializados no mercado online.

Tabela 8: Estimativa de precificação do adubo.

Estimativa de precificação do adubo orgânico advindo da compostagem				
Estimativa de geração de resíduos orgânico na Empasa		Fator de redução de massa (1kg=0,34 kg)	Preço de mercado do adubo orgânico Preço da Empasa (0,5 R\$)	Preço do Mercado Livre (5,6 R\$)
kg/dia	4486,1	1525,2	762,6	8541,6
kg/semana	31402,9	10677,0	5338,5	59791,2
kg/mês	955174,1	324759,2	162379,6	1818651,5
kg/ano	1637441,4	556730,0	278365,0	3117688,4

Fonte: Grupo de pesquisa LPSAU, 2022.

Ademais, conforme descrito por Méndez (2009) a compostagem apresenta uma importante vantagem, que é a possibilidade de reduzir em média 50% o volume de resíduos depositados em aterros sanitários. Essa redução ocorre devido à evaporação da água, que consome cerca de 50% da massa orgânica, além da perda de CO₂ e H₂O.

A compostagem é uma técnica eficiente de reciclagem de resíduos orgânicos. No entanto, é importante destacar que este estudo apresenta uma estimativa simplificada da capacidade de geração e processamento da matéria orgânica por meio da compostagem. Portanto, é necessário considerar cuidadosamente as variáveis envolvidas, como infraestrutura, mão de obra, equipamentos, manutenção, treinamento e análises físico-

químicas e biológicas do composto, entre outros aspectos. Além disso, existem outras variáveis relacionadas aos custos de implantação e operação que requerem um estudo mais aprofundado. As estimativas monetárias para a obtenção de recursos por meio da produção e venda de composto estão sujeitas a variações com base em fatores como oferta, demanda, negociação, entre outros.

5.3. Estimativa da produção de Biogás

Com base nas limitações da compostagem discutidas anteriormente, diante de um elevado quantitativo de resíduos sólidos orgânicos a serem processados e a insuficiência de espaço para o processamento, esse trabalho propõe uma abordagem alternativa para o melhor aproveitamento energético desses resíduos sólidos orgânicos produzidos na empresa, por meio da estimativa da geração do biogás. Para estimar a geração do biogás, será necessário associar a quantidade de resíduo sólido orgânico gerado com estudos publicados que estabelecem uma relação do volume do biogás gerado com base na quantidade de resíduo orgânico disponível para o processamento. Assim, uma vez obtidos esses resultados, pode-se propor um dimensionamento de uma planta de biogás e outras alternativas. Essa abordagem demonstra um potencial significativo para a empresa em transformar uma limitação e oportunidade

A Lei nº 12.305, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceu a necessidade de implementação de um sistema de gestão empresarial visando melhorar a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos sólidos, conforme mencionado em seu artigo 6º, inciso XIV. Além disso, de acordo com Leitão e Barcelos (2021) sugere-se a utilização de reatores contínuos de mistura completa, Completed Stirred Tank Reactor (CSTR), como solução bioenergética para o processamento dos resíduos sólidos orgânicos.

O biogás é um combustível renovável de baixo custo de produção, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa quando queimado. Além disso, oferece novas oportunidades econômicas e pode ser utilizado como uma forma de captura de carbono. É importante ressaltar que a composição do biogás varia de acordo com a composição do resíduo sólido que está sendo fermentado no processo de degradação.

Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será a concentração de gás metano e, conseqüentemente, maior será o poder calorífico do biogás (WINROCK, 2008).

Tabela 9: Composição do Biogás

Gases	%
Metano (CH ₄)	50 a 70
Dióxido de carbono (CO ₂)	30 a 40
Nitrogênio (N ₂)	0 a 10
Hidrogênio (H ₂)	0 a 5
Oxigênio (O ₂)	0 a 10
Gás sulfrídico (H ₂ S)	0 a 10
Vapor d'água	0,3

Fonte: Instituto WINROCK, 2008.

Além disso, sendo o biogás uma fonte alternativa de energia, seu poder calorífico varia de 5.000 a 7.000 kcal/m³ (WINROCK, 2008). Estabeleceu-se uma relação com outras fontes de energia para cada 1 m³ de biogás, conforme descrito na Tabela 10. É importante ressaltar que a composição do biogás varia de acordo com a composição da matéria-prima a ser degradada.

Tabela 10: Equivalência energética

Fonte energética	Quantidade
Gasolina (L)	0,61
Querosene (L)	0,58
Óleo diesel (L)	0,55
Gás de cozinha (L)	0,45
Lenha (Kg)	1,5
Álcool hidratado (L)	0,79

Fonte: Instituto WINROCK, 2008.

De modo a propor uma estimativa da produção de biogás, é importante destacar que a concentração de resíduos sólidos orgânicos corresponde a cerca de 98% dos resíduos gerados no empreendimento. Essa proporção decorre da característica do empreendimento, uma vez que são comercializados produtos hortifrutis, ou seja, alimentos orgânicos. De acordo com o Centro Internacional de Energias Renováveis. Fundamentos de Biogás (CIBIOGÁS, 2020), é estabelecida uma relação para o potencial de produção de biogás a partir de resíduos orgânicos alimentares. Nessa relação, a faixa de produção de biogás varia de 0,059 a 0,097 m³ de CH₄ por quilograma de substrato, estabelecendo uma relação de m³ de biogás produzido para cada quilograma de substrato. Portanto, com base nessa informação, conforme descrito na Tabela 11, é possível

apresentar uma estimativa da produção de biogás com os resíduos orgânicos gerados pela Empresa.

Tabela 11: Estimativa de geração de biogás na Empresa

Estimativa de geração de resíduo sólido orgânico na Empresa	Estimativa de geração de biogás			
	Fator de conversão ($\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Kgsubst}^{-1}$)			
	-	0,059 (mínimo)	0,097 (máximo)	
kg/dia	4486,1	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Kgsubst.dia}$	264,6	435,1
kg/semana	31402,9	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Kgsubst.sem}$	1852,7	3046,0
kg/mês	955174,1	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Kgsubst.mês}$	56355,2	92651,8
kg/ano	1637441,4	$\text{m}^3\text{CH}_4/\text{Kgsubst.ano}$	96609,0	158831,8

Fonte: CIBIOGÁS, 2020.

Além disso, ressalta-se que, segundo o autor (CIBIOGÁS, 2020), estima-se que, para uma geração mínima viável, seja necessário, no pior dos cenários, a produção de 25 m^3 de CH_4 por hora. Portanto, as estimativas mínima e máxima de geração de biogás advindo dos resíduos sólidos orgânicos da Empresa são, respectivamente, aproximadamente 11,03 m^3 e 18,13 m^3 de CH_4 por hora. Logo, entende-se que, mesmo se todo o resíduo sólido orgânico for processado, não seria lucrativo considerando os custos de implantação e operação de um modelo de digestão anaeróbica para fins energéticos. No entanto, é importante considerar a redução das emissões de gases do efeito estufa, a gestão adequada de resíduos, o destino final respeitando a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os créditos de carbono, a redução da poluição das águas e dos solos, ou seja, uma gestão adequada que contribui para uma gestão de resíduos eficiente, assim como uma diversificação da matriz energética e um desenvolvimento sustentável.

Além disso, este estudo limitou-se a buscar uma relação direta de conversão de massa de resíduo gerada por estimativa de volume de biogás. Portanto, sugere-se um estudo aprofundado no que diz respeito a um projeto de dimensionamento de uma planta de biogás, onde será possível abordar de forma mais aprofundada variáveis como sólidos totais, sólidos voláteis, impurezas, transformação em biometano, digestão anaeróbica seca descontínua ou contínua, digestão anaeróbica com CSTR, entre muitos outros aspectos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, diante do exposto, considera-se que a gestão de resíduos sólidos na Empasa tem se mostrado relevante e impacta de maneira positiva, apesar de apresentar espaço para crescimento. Logo, verificou-se que os resíduos sólidos gerados na Empasa são considerados de grande quantidade e a geração de resíduos orgânicos apresenta um grande potencial de valorização. Entende-se que a quantificação da geração dos resíduos sólidos da Empasa se tornou uma excelente informação para elucidar e propor uma melhor tomada de decisão. A técnica de compostagem coloca-se como uma excelente alternativa para o processamento e valorização dos resíduos sólidos orgânicos da Empasa. No entanto, para consolidar totalmente esse processo, faz-se necessário expandir o pátio de compostagem, o que pode ser feito por meio de uma parceria público-privada.

O uso de métodos anaeróbicos para a produção de biogás é viável, desde que se incorpore ao processo produtivo outros grandes geradores, tais como: bares, restaurantes, hotéis, supermercados e feiras livres que concentram grande quantidade de matéria orgânica como potencialidade de fácil separação. Além disso, ressalta-se que, devido à composição dos resíduos sólidos ser majoritariamente orgânica, estima-se que a produção de biogás tenha uma maior concentração de gás metano.

Isso posto, ao processar toda a matéria orgânica, é possível reduzir os custos da Empasa com transporte e destinação final dos resíduos sólidos gerados. O empreendimento adequa-se à legislação ambiental, Lei nº 12.305 de 2010, além de aumentar a vida útil dos aterros sanitários, possibilitar a geração de emprego e renda, fomentar a inovação tecnológica, promover a economia circular, créditos de carbono, entre outros benefícios.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A nossa cidade em suas mãos. FILIPEIA MAPAS DA CIDADE: Disponível em: <<https://filipeia.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 24 de abril de 2023.

ABNT. NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. Disponível em:<<https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>>. Acesso em 01 de maio de 2023

ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - Ano 2022. Disponível em:<<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>>. Acesso em 01 de maio de 2023.

ANDRADE, Rafael. FERREIRA, João. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. REDE - Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 7-22, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/118>>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

ANTENOR, Samuel. SZIGETHY, Leonardo. Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Desafios Tecnológicos, Políticos e Econômicos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em 28 de maio de 2023.

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). (2015). Plano estadual de recursos hídricos 2016-2025 [Relatório]. Recuperado em 03 de maio de 2023. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_07.pdf >. Acesso em 03 de maio de 2023.

Elaine Gurjão de Oliveira (2014). Qualificação de resíduos sólidos gerados em uma feira livre na cidade de Campina Grande - PB. [Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Ambiental]. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.

ANTUNES, Luiz; CORREIA, Maria; SILVA, Maura; SILVA, Dione.

MilliComposting: composting based on the use of diplopods aiming at the production of organic substrates. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), v. 13, n.

3, p. 1019-1038, jul./set. 2020. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216060/1/millicomposting-based-onthe-use-of-diplopods.pdf>>. Acesso em 15 de maio de 2023.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Planalto. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 11 maio 2023.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CIBIOGÁS - Centro Internacional de Energias Renováveis. Fundamentos de Biogás. 2020. Disponível em <<https://cibiogas.org/>> Acesso em 20 de maio de 2023.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2002). Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Recuperado em 14 de maio de 2023. Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=263>>. Acesso em 14 de maio de 2023.

CUNHA E PAULA, Isabella Rodrigues da et al. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Gerados na Central de Abastecimento de Uberlândia/MG - CEASA. In: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poço de Caldas/MG. 2016.

Disponível em: <<http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2016/288.%20COMPOSI%C3%87%C3%83O%20GRAVIM%C3%89TRICA%20DOS%20RES%C3%8DDUOS%20S%C3%93LIDOS%20GERADOS%20NA%20CENTRAL%20DE%20ABASTECIMENTO%20DE%20UBERL%C3%82NDIA%20MG%20-%20CEASA.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

Globo Rural Responde: conheça o piolho-de-cobra. Disponível em: <

<https://globorural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde/noticia/2017/05/gr-responde-conheca-o-piolho-de-cobra.html> >. Acesso em: 15 de maio de 2023.

GÓMES MÉNDEZ, M. G. Aplicación de técnicas de ciclo de vida al diseño de um sistema de gestión de residuos urbanos para la ciudad de Chihuahua. Thesis (Doutorado) - Departamentd'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili, 2009. Disponível

em:< <https://www.tdx.cat/handle/10803/8571#page=1>>. Acesso em 11 de junho de 2023.

Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa (4ª ed.). São Paulo: Atlas.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2021). João Pessoa - PB. Panorama. Recuperado em 03 de maio de 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>. Acesso em 03 de maio de 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/17270-censo-agropecuario-2017.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 11 de maio de 2023.

Instituto Winrock - Brasil. Manual de treinamento em biodigestão. Fevereiro/2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3948560-Manual-de-treinamento-em-biodigestao.html>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

LEAL, Angelo Miguel Fernandes. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos da Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA). Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em engenharia ambiental) - universidade federal da paraíba, João Pessoa/PB, 2018. disponível em: < <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24532/1/Angelo%20Miguel%20Fernandes%20Leal%20-%20TCC.pdf>>. acesso em: 04 de abril de 2023.

Lei nº 10.308, de 26 de novembro de 2001. Dispõe sobre a proteção radiológica e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110308.htm. Acesso em: 11 mai. 2023.

LEITÃO, R. C; BARCELLOS, W. M. Produção de Biogás a Partir de Resíduos Orgânicos de Centrais de Abastecimento de Hortifrutigranjeiros. Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, CE, 2021. Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228299/1/DOC-195.pdf> >. Acesso em 11 de junho de 2023.

MACHADO, Vinicius. AREND, Silvio Cesar. Meio ambiente e desenvolvimento: uma perspectiva de valoração ambiental de resíduos sólidos em uma iniciativa de economia

solidária. COLÓQUIO - Revista do Desenvolvimento Regional, Faccat - Taquara/RS, v. 18, n. 1, jan./mar. 2021. Disponível em: <<https://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/view/1889>>. Acesso em 15 de maio de 2023.

Mercado Livre. Disponível em: < https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2618052998-terra-vegetal-adubada-24kg-composto-orgnico-JM#position=6&search_layout=grid&type=item&tracking_id=957ded37-99c4-4d41-abc4-7c8adca27791>. Acesso em 15 de maio de 2023.

Ministério da Saúde; Fundação Nacional de Saúde. Compostagem familiar: conceitos básicos a respeito da compostagem natural com o objetivo de incentivar o aproveitamento de parte significativa dos resíduos sólidos. Disponível em: <<https://administracao.mppr.mp.br/arquivos/File/ManualFUNASA.pdf>>. Acesso em 17 de maio de 2023.

MONTEIRO, J.H.P. et al. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. IBAM, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

PIMENTEL, Bento Gustavo de Sousa. Aplicação projetual da simulação da compostagem. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2015. Disponível em:< http://www.um.pro.br/prod/_pdf/001083.pdf>. Acesso em 15 de maio de 2023.

RODRIGUES, Alexandre. FRANÇA, Jacson. SILVEIRA, Rafael. SILVA, Rodrigo. ROS, Clovis. KEMERICH, Pedro. Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e qualidade do composto. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.22, p. 759, dezembro de 2015. Acesso em:< <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem%20de%20residuos.pdf>>. Acesso em 01 de maio de 2023.

SANTOS, Silvana. Implantação da gestão de resíduos sólidos na central de abastecimento – EMPASA João Pessoa-PB: Avaliação da efetividade do PGIRS. Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. 2019. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SILVA, Aquilla John de Oliveira. Revisão de literatura sobre o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos para a produção do biogás. Monografia. Disponível em:

<https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/9034/1/AquillaJOS_MONO.pdf>.

Acesso em 15 de maio de 2023.

SILVA, João. COMPOSTAGEM. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/upimg/evento/arq/22.pdf>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

SAÚDE DESPERDIÇADA: O CASO DOS LIXÕES. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/pdfs/publicacoes/saude_desperdicada_o_caso_dos_lixoes.pdf>.

Acesso em 01 de maio de 2023.

TEIXEIRA B.l.; et al. Processos de compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e de palmito do açaizeiro. Circular técnica 41. Embrapa. Belém PA, 2005. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28116/1/Circ.tec.41.pdf>>.

Acesso em 11 de junho de 2023.

VIANA, Janise. SILVA, Marilena. Desafio da educação ambiental no ensino superior amazônico. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 17, n. 3, p. 451-464, 2022.

Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/13723/9745>.

Acesso em: 15 de maio de 2023.

SOUZA, Lorena. SOUZA, Thais. PANATIERI, Rodrigo. KIKUTI, Elaine.

Compostagem: uma proposta ambiental para diminuição do lixo doméstico. Em

Extensão, Uberlândia, 2020. 19(2), 87-100. Disponível em:

<<https://seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/55987/30773>>. Acesso em 28 de

maio de 2023

ZAGO, Valéria. BARROS, Raphael. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 2, p. 219-228, mar./abr. 2019. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/esa/a/MY53xbTzPxYhz783xdmKc8F/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em 12 de maio de 2023.

Infoteca CNPTIA Embrapa. (s.d.). Compostagem: uma proposta ambiental para diminuição do lixo doméstico. Disponível

em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/418734/1/Dc089.pdf>>

Acesso em 28 de maio de 2023, de

ZANETTE, André. Contribuição para a análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema de compostagem de resíduos sólidos orgânicos: estudo de caso do Instituto de Puericultura e Pediatria Martagão Gesteira (Tese de mestrado), 2009. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível

em:<http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Andr%C3%A9_Luiz_Zanette.pdf>. Acesso em 28 de maio de 2023.