



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
(IFPI)
MESTRADO PROFISSIONAL EM ANÁLISE E PLANEJAMENTO ESPACIAL –
GEOGRAFIA (MAPEPROF)**

JACQUELINE RIBEIRO ALCÂNTARA

**COMPOSTAGEM COMO SOLUÇÃO PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS: UMA
ALTERNATIVA ESTRATÉGICA PARA OS RESÍDUOS DO ATERRO SANITÁRIO
EM TERESINA/PI**

**TERESINA-PI
2023**

JACQUELINE RIBEIRO ALCÂNTARA

**COMPOSTAGEM COMO SOLUÇÃO PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS: UMA
ALTERNATIVA ESTRATÉGICA PARA OS RESÍDUOS DO ATERRO SANITÁRIO
EM TERESINA/PI**

Relatório final apresentado como requisito para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de
Mestrado Profissional em Análise e Planejamento
Espacial – MAPEPROF.

Área de concentração: Geografia

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna de Freitas Iwata

Coorientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva

**TERESINA-PI
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Alcântara , Jacqueline Ribeiro

A347c Compostagem como solução para resíduos orgânicos : uma alternativa estratégica para os resíduos do aterro sanitário em Teresina/PI / Jacqueline Ribeiro Alcântara . - 2023.
184 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2023.

Orientadora : Profa Dra. Bruna de Freitas Iwata.

1. Aplicativo. 2. Composto orgânico. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Soluções ambientais. I.Título.

CDD - 910

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

**COMPOSTAGEM COMO SOLUÇÃO PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS: UMA
ALTERNATIVA ESTRATÉGICA PARA OS RESÍDUOS DO ATERRO SANITÁRIO
EM TERESINA/PI**

Relatório final apresentado como requisito para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de
Mestrado Profissional em Análise e Planejamento
Espacial – MAPEPROF.

Área de concentração: Geografia

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna de Freitas Iwata

Coorientadora: Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva

Aprovada em: 14/03/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Bruna de Freitas Iwata
(Orientadora – Presidente)

Prof. Dr. Mauro César de Brito Sousa – IFPI
(Membro interno)

Profa. Dra. Elisabeth Mary de Carvalho Baptista – UESPI
(Examinador externo)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, os agradecimentos mais especiais são para Jesus Cristo, Virgem Maria, São José e São Bento. Tendo muita fé, e com ela, consegui chegar até aqui.

Agradeço a minha mãe Maria do Carmo e a todos os meus familiares pela força, amor e carinho, sempre acreditaram no meu sucesso, principalmente a minha mãe.

A todos os meus amigos, sou imensamente grata pelo companheirismo, em especial às minhas queridas: Maria da Conceição, Eduarda Cunha e Patrícia Priscila, com quem me senti mais forte diante de todos os desafios do mestrado. Ao meu amigo Marcos Paulo, sempre tão gentil e solícito. A Patrícia Barbosa pelos conselhos e boas discussões. A Rerisson Costa com as dúvidas que tive e ele estava ali, mesmo agoniado com os seus trabalhos, tirava um tempinho para me ajudar. Obrigada ao Pedro Silas pela ajuda com os cálculos e a meu querido Láyos Lima pelo apoio.

Durante meu mestrado, também houve pessoas incríveis e gentis que me ajudaram a terminar o trabalho. Obrigada ao Prof. Mike Araújo por me orientar na criação do *app*, minha coorientadora Elaine pelas correções e sugestões, as meninas do grupo Ninho Verde de Compostagem pelas informações sobre o seu projeto, ao grupo É de Sol, por nos apresentar seu trabalho sobre compostagem. Obrigada ao professor João Paulo da UESPI/CCM por mostrar seu projeto de compostagem realizado no pátio da universidade.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido durante o meu mestrado, no qual, possibilitou a conclusão dessa pesquisa.

Obrigada a todos os professores do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF), por todas as aulas, discussões ricas, amizade e comprometimento. Ao Instituto Federal do Piauí (IFPI) e ao programa MAPEPROF por ter abraçado meu projeto e hoje poder estar aqui apresentando a todos.

A minha querida, Prof^a Dr^a Elisabeth Mary de Carvalho Baptista, pois foi com sua ajuda, amizade e orientação, na graduação e na especialização, que hoje concluo meu mestrado com o meu tema, que tanto estudei, pesquisei e insisti. Ela nunca desistiu de mim, mesmo muitos dizendo que resíduos sólidos era um tema batido. Muito obrigada, professora/amiga.

E por fim, o maior dos agradecimentos, à minha professora mais do que querida, meu Deus, como agradeço por você existir Bruna Iwata, meu presente, uma amiga para toda a vida. Como você é especial para mim, sua calma, sua paciência, seu sorriso, seu coração, suas

ideias (que sempre batem com as minhas) tudo que fez por mim, eu agradeço de coração. Minha orientadora, Prof^a Dr^a Bruna de Freitas Iwata, você é simplesmente espetacular, a melhor, hoje estou concluindo meu trabalho porque você segurou a minha mão e disse: vamos lá! Sem você, não teria feito tanto, aprendido tanto, amadurecido academicamente e como pessoa. Que Deus te abençoe sempre, pessoa linda.

RESUMO

As pesquisas referentes à produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) possuem um grande direcionamento aos impactos negativos decorrentes da exacerbada produção de resíduos ou da sua ingerência. Com vistas na investigação de soluções, essa pesquisa tem como objetivo geral avaliar a compostagem como proposta de solução viável social e ambientalmente para o aterro sanitário de Teresina-PI. Diante disso, esta investigação traz uma discussão sobre a problemática ecológica dos resíduos, especialmente os orgânicos, a partir da seguinte questão: A compostagem é efetiva no processo de redução de impactos dos resíduos orgânicos em centros urbanos? Foram construídas duas hipóteses sobre a temática pesquisada: hipótese 1: O composto orgânico amplia o tempo de uso do aterro sanitário e otimiza o espaço deste; e hipótese 2: A usina de compostagem de Teresina possibilita o suporte e efetivação de uma agricultura urbana. Como objetivos específicos, esse estudo buscou: Conhecer a dinâmica executada no gerenciamento do material orgânico do Aterro Sanitário Municipal de Teresina e seu potencial de aproveitamento de bioenergético como composto; Caracterizar a Usina de Compostagem de Teresina e o seu funcionamento, verificando seu potencial como manejo de resíduos orgânicos da cidade; Avaliar a viabilidade do processo de compostagem nas condições geoespaciais do aterro de Teresina; Produzir uma solução de gerenciamento, acessível e tecnológica (aplicativo), que irá conectar quem produz composto com quem não reutiliza os resíduos orgânicos e quer doar. A metodologia do presente trabalho foi construída por meio de leituras, estudos e visitas de campo, apresentando um produto que pode ser utilizado como ferramenta de gestão para minimizar o problema do descarte de resíduos orgânicos. A visita de campo foi realizada em dois locais, a Unidade Municipal de Compostagem (UNCOM) e o Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT). Na UNCOM, foi possível observar o tipo de resíduo que os trabalhadores produzem na compostagem, que são a casca do coco verde e a poda realizada por uma concessionária de energia da cidade. As cascas de coco verde são entregues por duas empresas que comercializam água de coco na capital. Portanto, observou-se que nem todas as podas e as cascas de coco verde produzidas em Teresina são beneficiadas na UNCOM. A escala de produção do composto é pequena, com poucos trabalhadores e poucas máquinas. Foi realizado um recolhimento de amostras do composto da UNCOM e enviado para a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) no estado do Ceará. O resultado mostrou que as amostras são significativas para agricultura e para uso em solos degradados. Na ASMT foi possível observar seu funcionamento, a presença de resíduos orgânicos, e a viabilidade de construção de unidade de compostagem. Até o momento desta investigação, nenhuma atividade de reaproveitamento/reciclagem de resíduos orgânicos foi realizada na ASMT. Conclui-se que atualmente existe um uso ineficiente dos resíduos orgânicos em Teresina, a cidade tem investido pouco em compostagem, porém, a ferramenta aqui desenvolvida se torna importante para reduzir o descarte de resíduos e também promover a educação ambiental na cidade.

Palavras-chave: aplicativo; composto orgânico; resíduos sólidos urbanos; soluções ambientais.

ABSTRACT

Research concerning the production of Urban Solid Waste (USW) is largely directed towards the negative impacts arising from the waste's exacerbated production or its interference. With a view to investigating solutions, this research aims to evaluate composting as a socially and environmentally viable solution proposal for the sanitary landfill in Teresina-PI. Thus considering, this investigation brings a discussion on the waste's ecological problem, especially organic waste, based on the following question: Is composting effective in the process of reducing the impacts of organic waste in urban centers? Two hypotheses were built on the researched theme: hypothesis 1: The organic compost extends the time of use of the sanitary landfill and optimizes its space; and hypothesis 2: Teresina's composting plant enables the support and implementation of urban agriculture. As specific objectives, this study sought to: Know the dynamics performed in the management of organic material from Teresina's Municipal Sanitary Landfill and its potential for using bioenergy as a compost; Characterize Teresina's Composting Plant and its operation, verifying its potential as a management of organic waste in the city; Evaluate the viability of the composting process in the geospatial conditions of Teresina's landfill; Produce a management solution, accessible and technological (application), which will connect those who produce compost with those who do not reuse organic waste and want to donate. The methodology of this work was built through readings, studies and field visits, presenting a product that can be used as a management tool to minimize the problem of discarding organic waste. The field visit was carried out in two locations, the Municipal Composting Unit (UNCOM) and Teresina's Municipal Sanitary Landfill (ASMT). At UNCOM, it was possible to observe the type of waste that workers produce in composting, which are the shell of the green coconut and the pruning carried out by an energy concessionaire in the city. The green coconut shells are delivered by two companies that sell coconut water in the capital. Therefore, it was observed that not all pruning and green coconut husks produced in Teresina are processed at UNCOM. The compost production scale is small, with few workers and few machines. A collection of samples of the UNCOM compost was carried out and sent to the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources (FUNCEME) in the state of Ceará. The result showed that the samples are significant for agriculture and for use in degraded soils. At ASMT it was possible to observe its operation, the presence of organic waste, and the feasibility of building a composting unit. Until the moment of this investigation, no activity of reuse/recycling of organic residues was carried out in ASMT. It is concluded that currently there is an inefficient use of organic waste in Teresina, the city has invested little in composting, however, the tool developed here becomes important to reduce waste disposal and to promote environmental education in the city.

Keywords: application; organic compost; urban solid waste; environmental solutions.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos dos compostos da UNCOM.....	46
Tabela 2 – Macronutrientes no composto orgânico da UNCOM.....	47
Tabela 3 – Micronutrientes no composto orgânico da UNCOM.....	47
Tabela 4 – Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferença entre resíduos sólidos e rejeitos.....	16
Quadro 2 – Datas para a implementação dos locais ambientalmente corretos para os rejeitos	19
Quadro 3 – Disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação (t/ano e %)	22
Quadro 4 – Prévia da população calculada com base nos resultados do Censo Demográfico 2022 até 25 de dezembro de 2022.....	23
Quadro 5 – Maneiras de produzir composto e biofertilizantes através dos resíduos orgânicos.....	26
Quadro 6 – Apêndices das produções realizadas no mestrado.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no mundo.....	21
Figura 2 – Índice de cobertura de coleta de RSU das Regiões do Brasil (%)......	21
Figura 3 – Disposição final adequada e inadequada de RSU no Brasil em porcentagem....	22
Figura 4 – Ordem de prioridade da gestão de resíduos segundo a PNRS.....	24
Figura 5 – Fases da compostagem.....	29
Figura 6 – Localização de Teresina-PI.....	31
Figura 7 – Localização da Unidade de Compostagem Municipal de Teresina, Piauí.....	33
Figura 8 – Localização do Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT).....	34
Figura 9 – Telas interativas do app.....	31
Figura 10 – Mosaico de fotografias das máquinas na Unidade de Compostagem (UNCOM).....	42
Figura 11 – Matéria prima da Unidade de Compostagem para a produção do composto....	43
Figura 12 – Líquido proveniente da matéria orgânica.....	44
Figura 13 – Mosaico de fotografias do aterro de Teresina PI.....	48
Figura 14 – Mosaico de fotografias do chorume no aterro de Teresina e seu tratamento....	49
Figura 15 – Mosaico de fotografias do tratamento de Efluente no Aterro de Teresina.....	50
Figura 16 – Lodo no aterro de Teresina.....	50
Figura 17 – Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina no ano de 2022 em toneladas mês.....	52
Figura 18 – Alguns resíduos orgânicos no aterro de Teresina.....	53
Figura 19 – Área para construção da Unidade de Compostagem.....	54
Figura 20 – Logotipo do app.....	56
Figura 21 – Telas dos pontos de compostagem no app.....	58
Figura 22 – Mosaico de fotografias com as informações sobre os pontos de compostagem no app.....	59
Figura 23 – Filtro de pesquisa do app.....	60
Figura 24 – Descrição dos pontos de compostagem no app.....	61
Figura 25 – Informações sobre o que pode ou não ser compostado.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Questão norteadora.....	14
1.2	Objetivos.....	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Uma pauta sobre espaço geográfico.....	15
2.2	Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).....	17
2.2.1	Coleta e Disposição Final dos RSU.....	19
2.3	Soluções atuais para o manejo de RSU.....	24
2.3.1	Compostagem como solução para os resíduos orgânicos.....	25
2.3.1.1	Produção de composto.....	26
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
3.1	Caracterização da pesquisa.....	31
3.2	Locais de estudo.....	32
3.3	Estrutura e metodologia da pesquisa.....	34
3.3.1	Levantamento e análise dos requisitos para o aplicativo.....	39
3.3.2	Prototipação do aplicativo.....	40
3.3.3	Desenvolvimento do aplicativo.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Manejo de resíduos orgânicos na Unidade de Compostagem de Teresina.....	41
4.1.1	Qualidade do composto orgânico produzido na unidade de compostagem.....	45
4.2	Manejo de resíduos orgânicos no Aterro Sanitário Municipal de Teresina.....	48
4.2.1	Tipos de material recolhidos.....	51
4.2.2	Volume gerenciado.....	51
4.2.3	Compostagem como solução para redução de resíduos orgânicos no aterro de Teresina PI.....	53
4.3	Produto – aplicativo para gerenciamento eficiente de resíduos orgânicos.....	55
4.3.1	Arquitetura de uso do THE composto app.....	56
4.3.2	Funções.....	57
4.3.3	Dados de entrada.....	59
4.3.4	Aplicação – Exemplos de entradas de dados.....	59
5	COMENTÁRIOS FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS.....	65
	APÊNDICES.....	72

1 INTRODUÇÃO

A produção dos resíduos sólidos nos centros urbanos decorre de várias origens, a partir das atividades econômicas, industriais, comerciais, da saúde e domiciliares. Dentre esses, os resíduos domiciliares, que ocorrem em maior volume no espaço urbano, são formados por restos sólidos gerados nas residências, apresentando materiais orgânicos e ainda componentes, como embalagens plásticas, latas, vidros, entre outros.

A partir dessa importante geração de resíduos, o processo de reciclagem é fundamental para o gerenciamento inteligente e eficiente dos resíduos nas cidades, que crescem com a população e a tecnologia, com relação íntima com o processo de ampliação crescente do consumo e desperdício (DAI-PRÁ *et al.*, 2018).

No Brasil, a Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), discute sobre os resíduos sólidos no país, apresenta princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos que possam nortear a criação de planos de gestão e gerenciamentos (BRASIL, 2010). A lei informa os princípios da responsabilidade compartilhada, com o intuito de colocar em prática a logística reversa, que consiste em uma estratégia de entregar os resíduos ao setor empresarial para serem reutilizadas na cadeia produtiva (BRASIL, 2010), que tem, por um dos seus objetivos, a reciclagem.

Conforme os dados disponíveis no Panorama de Resíduos Sólidos 2022, da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em alguns setores que produzem resíduos, como empresas, ao aderir ao programa de logística reversa, como as embalagens em geral de resíduos sólidos secos (plásticos, papéis, vidros, metais), foram recuperados, até novembro de 2022, um total de 306 mil toneladas.

No diagnóstico temático sobre o manejo de resíduos sólidos urbano do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) publicado em dezembro de 2022, os valores das taxas da reciclagem nacional por toneladas de materiais, organizada no documento por regiões, foram de 17,36% na sua totalidade, incluindo resíduos secos e os orgânicos (BRASIL, 2022a). A presença dos resíduos orgânicos, seguindo a composição gravimétrica da ABRELPE realizada no ano de 2020, possuía 45,6% entre os resíduos sólidos urbanos.

Para reciclar os resíduos orgânicos utiliza-se a compostagem, que é um método de transformar a matéria orgânica em insumo para a agricultura, seja essa rural ou urbana, ofertando assim um aporte aos nutrientes que fertilizam o solo (BRITO; KNOX, 2020). Na PNRS, a compostagem insere-se no artigo 3º, das definições, no qual se encontra o inciso VII, tratando-se da destinação final dos resíduos. A compostagem é uma medida estratégica para o

descarte dos resíduos orgânicos, enquadrando-se no princípio da responsabilidade compartilhada da PNRS, em que os resíduos são reintroduzidos na economia circular a partir da cooperação entre poder público, privado e a sociedade (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, esta pesquisa tem como relevância saber sobre os resíduos orgânicos em Teresina, sua destinação final, se está inserido no que rege a PNRS e como ocorre o processo de compostagem na Unidade de Compostagem Municipal (UNCOM), pois a produção de adubo fomenta insumos para agricultura local. Logo, proporcionará conhecimentos sobre o Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT), local esse que deverá receber apenas os rejeitos, como indica a PNRS.

Este trabalho possibilitou ver se existem resíduos orgânicos no ASMT e se o mesmo possui atividades de reutilização desses resíduos. A importância dessa investigação para o meio ambiente é significativa, pois traz uma ferramenta que poderá ser utilizada pela gestão pública municipal com o intuito de oportunizar o conhecimento sobre a utilização dos resíduos orgânicos enquanto matéria-prima para produção de composto.

Em decorrência, essa pesquisa colaborará com o embasamento acadêmico-científico sobre a efetividade que o processo de compostagem pode alcançar frente ao significativo impacto da geração de resíduos orgânicos nos centros urbanos. Espera-se reconhecer as articulações necessárias para regularização do manejo de resíduos orgânicos pela produção de composto, além disso, buscar-se-á contribuir com o conhecimento técnico-científico referente ao potencial que a cadeia envolvida no manejo do composto possui a depender das características quali-quantitativas dos resíduos gerados.

A motivação desta autora para pesquisar sobre a compostagem como solução estratégica para os resíduos orgânicos está relacionada à vivência acadêmica. Desde a graduação em Licenciatura Plena em Geografia, bacharelado em Geografia e especialização em Geografia e pesquisa, a discussão sobre resíduos sólidos sempre esteve presente, no intuito de chamar atenção para essa questão que há muito tempo provoca problemas socioambientais, pois existem soluções para o seu tratamento.

Portanto, essa pesquisa apresenta discussões acerca dos resíduos sólidos, em específico, os resíduos orgânicos, construída por leituras, estudos e visitas de campo, apresentando um produto que poderá ser utilizado como ferramenta de gestão para minimizar a problemática do descarte dos resíduos orgânicos.

1.1 Questão norteadora

Devido o aumento constante dos resíduos nas cidades, esses precisam ter a sua disposição final em espaços organizados, especificamente para este fim, a partir de sua natureza e considerando a legislação pertinente. A investigação traz uma discussão sobre a problemática ambiental dos resíduos, em especial os orgânicos, partindo do seguinte questionamento: A compostagem é efetiva no processo de redução de impactos dos resíduos orgânicos em centros urbanos?

Foram construídas duas hipóteses sobre a temática pesquisada: hipótese 1: O composto orgânico amplia o tempo de uso do aterro sanitário e otimiza o espaço deste; e hipótese 2: A usina de compostagem de Teresina possibilita o suporte e efetivação de uma agricultura urbana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar a compostagem como proposta de solução viável social e ambientalmente para o aterro sanitário de Teresina-PI.

1.2.2 Específicos

- Conhecer a dinâmica executada no gerenciamento do material orgânico do Aterro Sanitário Municipal de Teresina e seu potencial de aproveitamento bioenergético como composto;
- Caracterizar a Usina de Compostagem de Teresina e o seu funcionamento, verificando seu potencial como manejo de resíduos orgânicos da cidade de Teresina.
- Analisar a viabilidade do processo de compostagem nas condições geoespaciais do aterro de Teresina;
- Indicar uma solução de gerenciamento, acessível e tecnológica (aplicativo), que irá conectar quem produz composto com quem não reutiliza os resíduos orgânicos e quer doar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, tem-se uma breve abordagem sobre os resíduos sólidos inseridos nas questões ambientais através da Geografia, bem como informações sobre os resíduos sólidos urbanos e as soluções para o manejo adequado desses resíduos. Cabe ressaltar também a importância da compostagem, tema central dessa investigação. Essa discussão promove um entendimento do que se espera da visita de campo e a organização dos dados adquiridos.

2.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos: Uma pauta sobre espaço geográfico

A formação de resíduos sólidos no mundo aumentou com a industrialização e urbanização e, com o desenvolvimento das cidades, a geração de resíduos e seu tratamento tornou-se mais intensivo devido ao aumento da população urbana bem como ao aumento do consumo. Atualmente, também são gerados resíduos no campo, principalmente da área de produção agrícola (ALMEIDA *et al.*, 2022).

A construção do espaço pode ser percebida através da presença dos resíduos ao longo da história, visto que a sua disposição final, mesmo sendo resíduos *in natura* ou transformados pelo processo industrial, provoca ameaças ao espaço geográfico. Os primeiros povos, mesmo nômades, consumiam produtos naturais e os descartavam, contudo, não havia uma grande produção ou objetos que levariam anos para a sua decomposição (BRASIL, 2021b).

Quando o ser humano se tornou sedentário, a produção de resíduos começou a concentrar-se em um único local, acumulando-se e transformando-se ao longo dos anos. Os Sambaquis são exemplos de resíduos fossilizados de produtos rudimentares no espaço geográfico e favorecem o conhecimento sobre a vivência de povos do passado e sua forma de disposição final dos resíduos (NASCIMENTO; CRUZ, 2017).

A temática ambiental na Geografia sempre esteve intimamente ligada ao surgimento dessa ciência que, como campo de conhecimento, tem apresentado preocupação com as transformações da sociedade, com a natureza cada vez mais humanizada, socializada e explorada. Para o estudo da Geografia, o ser humano está diretamente ligado ao meio ambiente como agente transformador e modificador da paisagem (MENDONÇA, 2020). A ação antrópica faz parte das discussões dessa ciência e nesse sentido, para o estudo da Geografia, os pesquisadores passaram a considerar a atuação antrópica sobre o espaço geográfico (MENDONÇA 2020).

A utilização dos recursos naturais pelo ser humano é uma forma de sobrevivência, visto que a natureza disponibiliza meios para suprir as suas necessidades, como alimentação, vestuários, entre outros objetos, mas se faz necessário um equilíbrio ambiental, e esse equilíbrio exige um bom conhecimento do funcionamento do ecossistema, para usufruir o que a natureza oferece sem desgastá-la, conhecendo o seu limite de extração (ROSS, 2006).

Oliveira (2017) estuda a relação do ser humano com a natureza e a percepção e cognição do meio ambiente, que é considerada um novo aspecto do ser humano ao perceber e transformar o meio ambiente, uma inovação da Geografia para lidar com essa relação e explicar o ambiente. De uma forma diferente, de uma forma não quantificável, mas qualificável, o uso humano da natureza (OLIVEIRA, 2017).

Oliveira (2017) entende que analisar a atividade humana sobre a natureza em uma ótica mais psicológica/biológica se tornou instigante para os geógrafos, pois através dessa visão, pode-se entender a relação ser humano e espaço geográfico através das atividades individuais ou em grupo. Torna-se válido abordar essa percepção para o tema resíduo sólido, pois se trata de um estudo que engloba o cotidiano do ser humano, como ele percebe o meio e a sua qualidade de vida, com a espacialização dos resíduos.

A forma que o ser humano se vê como agente explorador do espaço o transforma em ser superior frente à natureza; entretanto, a partir do momento que este entende que conservar o meio ambiente é importante e que esse necessita de tempo para a sua restauração, o torna consciente de que, com o aumento da economia, da indústria e do consumo, as pessoas possam pensar em estratégias de se reutilizar sobras dos objetos consumidos (ALMEIDA *et al.*, 2022).

Os setores da economia têm a criação de determinados produtos, que ao fim do seu ciclo de vida, o todo ou parte deles, serão descartados. Abre-se uma discussão sobre o conteúdo resíduo sólido e a dinâmica de sistemas, do que surge a necessidade de discutir sobre a geração e gestão de resíduos, esse envolve diversos atores que, de forma integrada, formam um sistema complexo (MONTEIRO, 2017).

Dentro desta perspectiva, a Geografia aborda o tema resíduo sólido numa visão ambientalista quando esse sistema complexo ocorre no espaço, transformando a paisagem e modificando o ambiente quando existe o descarte desses de forma inadequada. Os resíduos sólidos, tratados na abordagem ambiental da Geografia, relacionam-se e trazem uma discussão sobre as consequências negativas ao meio ambiente, desde a sua geração até a sua disposição final.

Porém, ao se falar da espacialização dos resíduos nas cidades e a dimensão que eles atingem, entra em discussão a sua presença, sua movimentação, a necessidade de transporte, de estudos das áreas para a sua disposição final adequada, a sua produção devido ao alto consumo, os meios tecnológicos que estão ligados direta ou indiretamente na sua formação (NEVES; MURATORI, 2009).

É importante ressaltar a análise de Neves e Muratori (2009), apesar de quatorze anos passados, ainda há preocupações com a espacialização dos resíduos sólidos, principalmente quando esses resíduos não são apenas questões espaciais, mas sociais e ambientais, tendo em vista que o Brasil possui leis que regem gestão de resíduos, ainda assim as discussões ocorridas em 2009 antes da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que permeiam o debate atual sobre resíduos.

No que diz respeito à sociedade, à produção de bens, ao crescimento populacional e suas mudanças em um sistema capitalista que visa à produção e o capital, torna-se imprescindível o desenvolvimento de projetos de gestão de resíduos. Para se ter um modelo de gerenciamento e gestão de resíduos sólidos, é necessário realizar pesquisas sobre as melhores opções de tratamento de resíduos e sua destinação.

2.2 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Resíduos têm se configurado como substâncias nocivas ao meio ambiente quando não há tratamento final adequado. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que foi instituída pela Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010, não paginado), traz uma diferença, pois a lei informa que resíduos sólidos e rejeito devem ser tratados diferenciadamente, como no quadro 1.

Quadro 1 – Diferença entre resíduos sólidos e rejeitos.

RESÍDUOS SÓLIDOS	REJEITOS
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 sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquido cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.	Resíduos sólidos que, após esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Fonte: adaptada de Brasil (2010, não paginado).

Comércios, indústrias, domicílios, todos geram resíduos, devido aos produtos consumidos. Esses são materiais, substâncias e objetos, que tendem a ser descartados. Há a necessidade de descartar em lugar correto os rejeitos e implantar medidas para introduzir os resíduos sólidos na cadeia produtiva por via de soluções para este fim. Os resíduos são produzidos diariamente e menos espaços são criados para receber os rejeitos. A urbanização decorrente das mudanças tecnológicas, e a civilização se desenvolvendo, trazem consigo grandes problemas, muitas vezes dispostos em qualquer lugar, ficando sob responsabilidade dos administradores municipais o controle de coleta e disposição final destes materiais em suas cidades (SIMÃO; NEBRA; SANTANA, 2021).

Acerca dos problemas dos descartes inadequados dos resíduos, tem-se a poluição do solo, poluição das águas (subterrânea e superficial), e poluição do ar, que podem também provocar a proliferação de enfermidades com presença de vetores, principalmente em momentos como a pandemia provocada pelos vírus da Covid 19 (Sars-CoV-2) e também as doenças geradas pelo mosquito *Aedes aegypti* – dengue, Zika e Chikungunya, devido ao acúmulo de água em recipientes.

Para se ter o tratamento correto dos resíduos, há a necessidade de uma Educação Ambiental a ser considerada primordial para minimizar os problemas da disposição final inadequada dos resíduos e dos rejeitos, ao conhecer os problemas que estes provocam. Chegar-se a uma Educação Ambiental efetiva se torna cada vez mais distante enquanto o ser humano não se vir como um ser poluidor da natureza (CHOQUE, 2021).

Fazendo um comparativo com o que foi discutido no tópico sobre a contribuição da Geografia em relação aos resíduos sólidos, Oliveira (2017) explica que o ser humano só se enxergará como um predador da natureza e tentará mudar suas atitudes, quando esse desenvolver uma ligação entre a natureza e o que ele pode retirar, todavia, sempre com consciência ética e responsabilidade afetiva (OLIVEIRA, 2017).

A Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 2º, inciso X, informa sobre a Educação Ambiental que deverá ser inserida em todos os níveis de ensino, bem como em comunidades, para que essa seja o mecanismo que irá colocar o cidadão como protetor do meio em que vive, em prol de um ambiente sustentável (BRASIL, 1981).

É claro que o uso dos recursos da natureza é necessário para a sobrevivência de todas as pessoas, mas esses recursos devem ser usados com responsabilidade, substituindo o que é retirado. Ao mesmo tempo, a Educação Ambiental reconhece que um ambiente saudável pode ser alcançado, quando houver uma sensibilização por parte de todos, como o poder público/privado e toda a sociedade (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Dizer que o problema da disposição incorreta dos resíduos é em decorrência apenas da população, ou que somente o órgão público é o único que resolverá essa questão, torna-se uma afirmação complexa. O poder público é responsável para colocar em prática o que rege a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que indica uma gestão integrada dos resíduos e o princípio da Responsabilidade Compartilhada, que tem por finalidade unir toda a população, civil e jurídica, bem como o poder público, na resolução da questão dos resíduos descartados erroneamente.

O poder público tem o compromisso de conectar os produtores e a sociedade como um todo, mas para isso a população deve estar ciente dessa responsabilidade e entender melhor a legislação. Uma forma de conseguir uma parceria entre a sociedade e uma instituição pública é por meio de palestras, incentivos, atividades e projetos para levar informações a toda a sociedade sobre o problema dos resíduos, principalmente sobre os descartes corretos destes.

2.2.1 Coleta e Disposição Final dos RSU

A PNRS indicou datas para implantação dos locais que possam receber os rejeitos adequadamente, atendendo sempre a especificidade de cada município. Nesse sentido, a lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, o marco legal do saneamento básico, regulamenta os serviços públicos de saneamento básico, e tem, como uns dos seus artigos, tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2020b), alterando o art. 54, da PNRS, em que se discute da implementação dos locais ambientalmente corretos para os rejeitos. No quadro 2 apresenta-se o artigo 54 do marco legal do saneamento no Brasil.

Quadro 2 – Datas para a implementação dos locais ambientalmente corretos para os rejeitos.

LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020.	Artigo 54
I	Até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;
II	Até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;
III	Até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010;
IV	Até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

Fonte: Brasil, 2020b.

A destinação final de resíduos sólidos no Brasil pode ser caracterizada de três formas: lixões; aterros controlados; e os aterros sanitários. Os lixões não possuem nenhum cuidado com o meio ambiente, os resíduos são dispostos diretamente no solo, ficando a céu aberto, atraindo insetos, animais e pessoas que procuram ali uma forma de renda ou mesmo de alimentação (SILVA *et al.*, 2020). O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) informa sobre as metas de eliminação e recuperação desses espaços de recebimento de resíduos (BRASIL, 2022b).

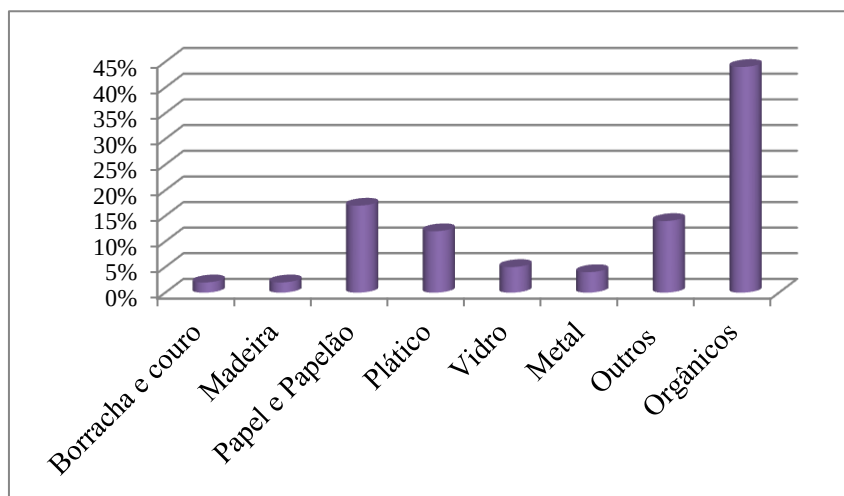
Os Aterros Controlados procuram minimizar os impactos causados pelos resíduos e apresentam algumas categorias de controle para evitar a poluição, mas esses ainda continuam dispostos no solo sem tratamento ou separação, pois ainda há presença de alta contaminação, seja do ar, do solo, das águas (subterrâneas e superficiais), e suas características negativas são semelhantes às dos lixões (SILVA *et al.*, 2020).

Os aterros sanitários, por obedecerem às normas de proteção, receberão apenas os rejeitos, sendo os resíduos sólidos, reutilizados, como os métodos de reciclagem e a compostagem, dentre outras técnicas. Os aterros sanitários são infraestruturas que seguem normas técnicas operacionais que protegem o ambiente de qualquer possível contaminação (ABNT, 2010).

Segundo a ABRELPE, no estudo do panorama dos resíduos sólidos brasileiros, em 2022 o país gerou 81.811.506 toneladas de resíduos urbanos (RSU) e 381 kg por habitante/ano. Sem tratamento adequado, grande parte desses resíduos é descartada de forma inadequada (ABRELPE, 2022). Quando os resíduos sólidos são gerados em um espaço urbano, eles possuem características diferenciadas, sendo necessários estudos para encontrar a destinação final correta. Alguns desses resíduos domésticos requerem embalagens e tratamento distintos, como resíduos hospitalares, eletroeletrônicos, madeira, borracha, resíduo orgânico, entre outros.

A composição gravimétrica, que calcula o peso específico de cada resíduo, disponível no Panorama de Saneamento Básico no Brasil no ano de 2021, da Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), mostra que os resíduos orgânicos são a maioria em relação aos demais RSU do mundo. A figura 1 mostra a porcentagem da composição gravimétrica dos RSU no mundo.

Figura 1 – Composição Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no mundo

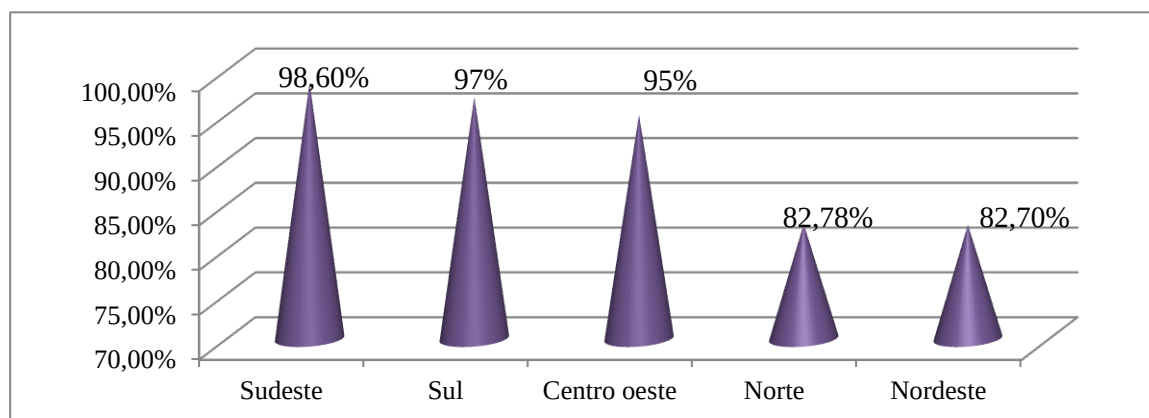


Fonte: adaptado de Brasil (2021b, p. 105).

Analisando a figura 1, a proporção de resíduos orgânicos entre outros resíduos domésticos foi de 44%, o que inclui, por exemplo, alimentos, frutas, ervas, podas. São resíduos que se decompõem rapidamente, principalmente quando misturados à água, formando um líquido tóxico e poluente. Portanto, os resíduos domésticos, entre os quais encontram-se os resíduos orgânicos em sua maioria, devem ser recolhidos para que possam ser devidamente reciclados ou descartados.

A figura 2 mostra o comportamento do índice de cobertura da coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil por região em 2022. É um importante dado, pois algumas cidades brasileiras não possuem serviços de coleta de RSU de forma significativa, levando os não coletados pelo serviço público a esgotos, galerias, rios, lagos ou lagoas das cidades.

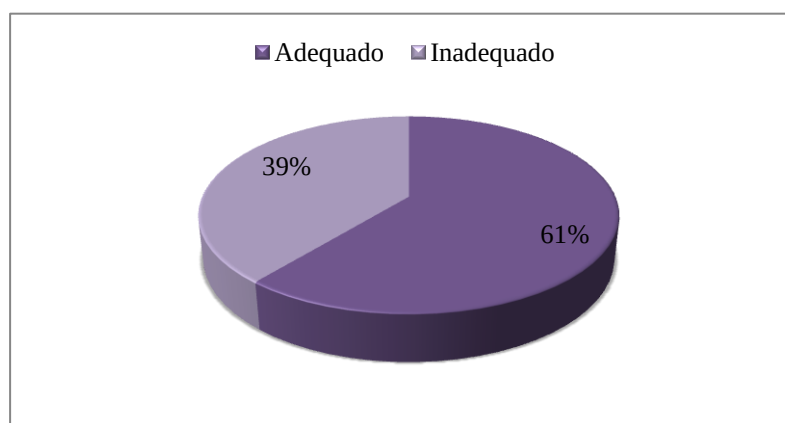
Figura 2 – Índice de cobertura de coleta de RSU das Regiões do Brasil (%)



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2022, p. 24).

No Brasil, como mostra o gráfico, a coleta de RSU está em 93,4%. Observa-se que três regiões, Sudeste, Sul e Centro-oeste, aproximam-se dos 100% do serviço de coleta de resíduos. Contudo, se faz necessário conhecer onde esses resíduos coletados são dispostos, e se são todos direcionados a aterros ou os recicláveis vão para usinas de reciclagem, e os resíduos orgânicos para compostagem. Referente ao número de resíduos dispostos de forma adequada e inadequada, tal informação foi trazida pela ABRELPE (2022), mostrando que mais de 61% dos RSU coletados no Brasil estão sendo adequadamente dispostos, como mostra a figura 3.

Figura 3 – Disposição final adequada e inadequada de RSU no Brasil em porcentagem.



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2022, p. 27).

Ainda não é algo significativo, pois 39% dos resíduos nas cidades são descartados de forma errônea, fomentando sérios problemas socioambientais. Esse quantitativo ainda preocupa, merecendo estudos para saber quais estados e municípios brasileiros ainda não possuem o serviço de disposição final adequada dos resíduos.

Para verificar também se esses lugares possuem serviços de coleta de RSU, a forma de chegar a esse conhecimento é através do serviço público municipal responsável por criar documentos e projetos e informar nos sites especializados sobre resíduos sólidos disponíveis no Brasil, como o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). O quadro 3, organizado pela ABRELPE referente ao ano de 2022, mostra o tipo de destinação e a quantidade de resíduos em tonelada /ano por região do Brasil.

Quadro 3 – Disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação (t/ano e %).

Região	Disposição Adequada (%)	Disposição Inadequada (%)
Norte	36,6%	63,4%

Nordeste	37,2%	62,8%
Centro-Oeste	43,5%	56,5%
Sudeste	74,3%	25,7%
Sul	71,6%	28,4%

Fonte: Adaptada de ABRELPE (2022, p. 27).

Observam-se no quadro 3 as regiões com maiores e menores percentuais em relação à disposição adequada e inadequada dos resíduos. Vê-se a região Sudeste possuindo 74,3% dos seus resíduos dispostos de forma adequada, enquanto a região Norte possui apenas 36,6% dos seus resíduos tendo seu destino em lugares adequados. Comparando as regiões Norte e Nordeste, a diferença é pouca em relação à sua disposição final adequada e inadequada.

É importante destacar a quantidade populacional e o desenvolvimento dos espaços urbanos, visto que algumas regiões do Brasil possuem uma urbanização mais densa, com oportunidade de emprego devido à concentração de indústrias e serviços. No quadro 4, encontram-se dados ainda não finalizados sobre o censo 2022, porém, consta no site do IBGE como prévia do número populacional brasileiro em detrimento ao censo que ainda está em andamento.

Quadro 4 – Prévia da população calculada com base nos resultados do Censo Demográfico 2022 até 25 de dezembro de 2022.

REGIÕES	POPULAÇÃO
NORTE	17.834.762
NORDESTE	55.389.382
SUDESTE	87.348.223
SUL	30.685.598
CENTRO-OESTE	16.492.326

Fonte: IBGE (2023a).

Fazendo uma comparação entre os quadros 3 e 4, as duas regiões mais populosas do Brasil, as Regiões Sudeste (SE) e Nordeste(NE), isso conforme o quadro 4, somente a Região SE destina a maior quantidade dos seus resíduos em locais adequados (Quadro 3). Já na Região NE, a disposição final dos resíduos em lugares inadequados, conforme o quadro 3, se encontra alta. Algo preocupante, visto que é a segunda em maior número populacional do Brasil.

Essa diferença pode ser explicada porque a região SE é a mais densamente povoada, populosa e urbanizada do Brasil, possuindo um maior desenvolvimento na sua infraestrutura e, conseqüentemente, maiores investimentos urbanos. Diferente da região NE, onde se

encontra uma grande quantidade populacional, mas com baixa infraestrutura das suas cidades com baixa urbanização comparada à região SE (BARROS, 2021).

As atuais soluções estratégicas, se devidamente implementadas, têm um impacto significativo na resolução dos problemas de eliminação e coleta de resíduos. Nas cidades brasileiras, a coleta seletiva é a solução para os RSU secos, como: plástico, vidro, metal e papel. Locais codificados por cores são criados para separar todos os resíduos, municípios com centros de reciclagem já aceitam resíduos separados. Do ponto de vista ambiental, esta estratégia evita a presença de resíduos no espaço e ao mesmo tempo promove a economia circular.

Mas, o que seria a coleta seletiva? É uma forma de recolher produtos que possam ser reutilizados na cadeia produtiva, ou seja, na economia circular, voltando para a produção, para exercer a mesma atividade ou apenas a sua matéria-prima, como papel, plásticos, vidro, metal, entre outros (CRUZ, *et al.*, 2021). Há algumas soluções atuais utilizadas para o manejo correto dos resíduos sólidos urbanos (RSU), e a reciclagem é uma delas.

2.3 Soluções atuais para o manejo de RSU

Tendo em vista a real necessidade de discutir e contextualizar sobre soluções para RSU, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem como medidas de mitigar os problemas decorrentes do aumento da produção de resíduos através de manejos adequados para esses, criando soluções aplicadas, ferramentas e ações para descarte de tais resíduos (BRASIL, 2010). A PNRS, em seu artigo 9º, traz informações sobre a ordem de prioridade dos resíduos. A figura 4 apresenta a ordem hierárquica para valorar os resíduos sólidos.

Figura 4 – Ordem de prioridade da gestão de resíduos segundo a PNRS.



Fonte: Adaptada de Brasil (2010).

A PNRS, em seu capítulo II, das definições, artigo 3.º, inciso XIV, define a reciclagem como o processo de transformação/alteração físico-químico-biológica do objeto criando outro através dos insumos adquiridos. No inciso XVIII, tem-se que na reutilização emprega-se o objeto sem modificá-lo em sua estrutura, apenas dando a ele outra função. Seja reciclagem ou reutilização, devem ser observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes (BRASIL, 2010).

Em algumas cidades brasileiras, as famílias usam a reciclagem como fonte de renda para sobreviver. Essa é uma prática que existe desde o século XX nos centros urbanos do Brasil. Uma das muitas cidades que utilizam essa prática, a reciclagem, é a capital paulista que gera muitos resíduos devido ao desenvolvimento da população e do estado (SOUZA; LIMA; VARELLA, 2021).

Segundo a PNRS, a reciclagem e reutilização são soluções para destinação final correta de resíduos urbanos, inseridas nos princípios da responsabilidade compartilhada que traz a logística reversa (reutilização, reciclagem e eficiência), enquadrando-se também, nesse princípio, a compostagem. Eles permitem a reutilização e transformação de materiais produzidos com base em ideias públicas, privadas e sociais. (BRASIL, 2010). Sobre a reutilização e reciclagem dos resíduos orgânicos, existem algumas atividades que podem ser usadas para a redução desses materiais dispostos em lugares errados, são exemplos: vermicompostagem (com minhocas), enterramento, biodigestão, incineração e compostagem.

2.3.1 Compostagem como solução para os resíduos orgânicos

A compostagem de resíduos orgânicos é uma solução que transforma esses produtos biológicos em composto orgânico que pode ser utilizado na agroindústria tanto em áreas urbanas quanto rurais. A compostagem pode ser feita em casa, junto com os moradores do bairro, no município, próximo aos aterros, o que ajuda a reduzir o custo de transporte de matéria orgânica para longe, ou seja, é uma medida que pode ser introduzida de forma simples, mas é claro que requer pesquisa prévia sobre o processo (MORAIS; FIORE, ESPOSITO, 2022).

A compostagem é um processo de transformação da matéria orgânica em um composto, através do processo de decomposição biológica. A matéria orgânica produzida nas residências, nos comércios e nas indústrias possuem características diferenciadas, então, consideram-se resíduos orgânicos aqueles que contêm, presentes em sua composição, frações

orgânicas compostável. Isso significa que nem todos os resíduos orgânicos podem ser transformados em composto (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

Para os produtos orgânicos existem medidas para que o destino final não provoque danos ao meio ambiente, e promova, para a agricultura, adubos orgânicos utilizados nas plantações, mudas em viveiros e jardins. Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), deve-se criar um sistema de compostagem com modelos de articulação e planejamento entre o poder público, privado e a sociedade, para utilizar essa matéria orgânica de forma que promova uma utilização desses compostos produzidos (BRASIL, 2010).

A compostagem surge como uma medida que visa reduzir a quantidade de resíduos enviados para os aterros sanitários, para onde, segundo a PNRS, os resíduos devem ir. Estabelecer ambientes de compostagem requer pesquisa preliminar para aprender sobre custos, logística de transporte, operações de instalação e a direção do composto produzido (CHAVES; CONTRERA, 2017).

Na agricultura, atualmente, a maioria dos insumos utilizados são pesticidas e fertilizantes quimicamente transformados, propiciando ao solo uma degradação ou/e perturbação devido ao acúmulo de produtos químicos. Deve-se ter o controle, o cuidado e a análise correta dos resíduos para se produzir um composto de qualidade e que esse, diferente dos fertilizantes químicos, promova para os solos nutrientes eficazes para deixá-los férteis (CHAVES; CONTRERA, 2017).

2.3.1.1 Produção de composto

Alguns métodos são usados para se produzir a compostagem, como: a utilização de composteiras, a vermicompostagem, as leiras de areação passivas, através da utilização de biogestores, entre outros métodos. Em seguida, tem-se o quadro 5 com alguns exemplos da utilização dos resíduos orgânicos na produção de composto.

Quadro 5 – Maneiras de produzir composto e biofertilizantes através dos resíduos orgânicos.

Vermicompostagem	Utilizam-se as minhocas para decomposição orgânica. As minhocas fazem todo o processo através do consumo da matéria orgânica na qual estão dispostas. Esse método necessita de cuidados com as principais etapas do processo, como o excesso de umidade, localização, tipo de matéria orgânica, pois alguns resíduos orgânicos podem fazer mal as minhocas, como exemplo, comidas com excesso de sal, ou frutas muito ácidas, dentre outros. O Húmus, que é produzido pelas minhocas é rico em matéria orgânica e proporciona nutriente eficaz para plantas e solos
------------------	---

	(LACERDA <i>et al.</i> , 2019).
Biogestor	Equipamento tecnológico que utiliza a fezes de animais ou restos orgânicos na produção de biogás e biofertilizantes. Há formas diferenciadas de biogestores, os que possuem tratamento aeróbico (como presença de oxigênio) os anaeróbios (com ausência de oxigênio) e os mistos, que funcionam nas duas modalidades (aeróbios e anaeróbios). Diferente da compostagem simples, que apenas utiliza espaços com a mistura dos resíduos orgânicos ao solo e esterco, no biogestor precisa-se de um conhecimento do manuseio da máquina, necessitando de infraestruturas adequadas, de conhecimentos técnicos para se ter o produto final (CORTEZ, 2022).
Compostagem simples	Esse necessita de espaços adequados, sem a presença de animais domésticos para atrapalhar o processo. Utiliza-se resíduos orgânicos domésticos que são misturados e cobertos com camadas de terra, galhos secos, folhagem seca, para não atrair vetores e não espalhar mau cheiro. Essa possui de 90 a 120 dias para a sua transformação. Necessita reviramento para a entrada de ar e ajudar na maturação (SUPPITZ, 2020).
Gongocomposto	Uma prática de produzir composto através da decomposição de resíduos orgânicos por micro organismo presentes na natureza, esses são os piolhos-de cobras, também conhecidos como embuás (<i>Trigoniulus corallines</i>). Ao consumir os resíduos, esse produz um material rico em nutrientes (ANTUNES, 2020).
Compostagem em leiras	Primeiramente procura-se o espaço, para que as leiras sejam colocadas na horizontal e atinja uma distância e altura adequadas. Suas paredes feitas de palhas poderão atingir a espessura de até 50m (BRASIL, 2018). Para Brasil (2018, p. 30), a “base da leira será formada por galhos, podas, folhas de palmeiras, para criar um local de fácil entrada de ar”. Posteriormente, são construídas camadas dos resíduos orgânicos, até atingir a sua altura de no máximo 1,5 metros. Essa altura das leiras não é uma regra, pois depende do local/espaço em que essa está sendo construída (BRASIL, 2018).

Fonte: As autoras, 2022.

Esse quadro 5 trouxe formas de se produzir composto orgânico, porém, foram algumas atividades citadas, mas já existem diversas maneiras simples e complexas de se utilizar os resíduos orgânicos na produção de composto e biofertilizantes, métodos esses que promovem a redução dos resíduos orgânicos dispostos em aterro ou locais impróprios. Existem fatores que são imprescindíveis em todas essas propostas de produção de composto, como a temperatura, a aeração, o teor de umidade, bem como a relação carbono/nitrogênio. Algumas informações citadas abaixo podem-se encontrar na instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020 e no Book sections, 2018, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA):

- **Temperatura:** O controle da temperatura se torna importante para o bom funcionamento do processo de compostagem, na atuação dos microrganismos (sejam bactérias

e fungos). Nesse momento, tem-se a presença do CO₂ na produção de energia e calor. A temperatura pode atingir 70°C no interior da pilha, podendo ser diferenciada na sua extensão (NUNES, 2018).

- **Areação:** Processo de entrada de oxigênio na pilha/leira, muito importante para o início do processo de compostagem. Essa acontece quando há o reviramento desses resíduos, através de máquinas ou trabalho manual (NUNES, 2018).

- **Teor de Umidade:** Esse fator é importantíssimo para a transformação do composto e a atuação dos microrganismos, mas precisa-se de cuidado, a quantidade de umidade em excesso pode ser prejudicial. O uso desse fator necessita de acompanhamento. As pilhas e leiras devem receber umidade para as necessidades dos microrganismos por carregar substâncias, células e produtos importantes para ajudar na decomposição do material orgânico (RESSETTI; CAMPOS, 2020).

- **Relação C/N:** Essa relação se torna significativa para um bom processo de compostagem que promove o desenvolvimento do composto. Essa relação deverá existir para que o processo de compostagem ocorra no seu tempo correto em relação à degradação de cada material orgânico, para que haja um balanço entre os materiais em decomposição, gerando um composto de boa qualidade (NUNES, 2018).

Existem dois modelos de compostagem utilizados no Brasil, centralizado e descentralizado. O modelo centralizado é aplicado fora da área urbana em usinas de triagem e compostagem e fábricas de fertilizantes orgânicos, e o descentralizado em áreas urbanas, por exemplo, em escolas, campos de compostagem, centros comunitários, entre outros (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

Esta última forma é uma boa ideia para compostagem limpa, que não requer licença ambiental porque não agride o meio ambiente. É simples e prontamente disponível, e o composto produzido geralmente é de alta qualidade porque os produtores de resíduos orgânicos são bem conhecidos (SIQUEIRA; ASSAD, 2015). Essa produção descentralizada promove uma diversidade na produção de composto, pois os geradores de resíduos são diversos.

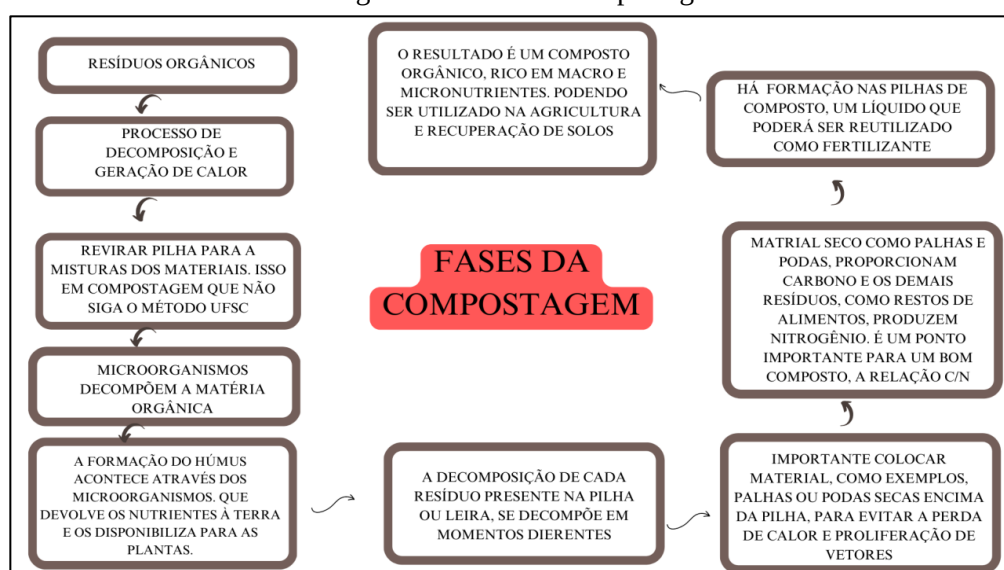
Chaves e Contrera (2017, p. 5) comentam sobre o uso de leiras na compostagem: “usar técnicas como as leiras estáticas com aeração passiva, leiras com revolvimento ou leiras com aeração forçada, podendo ser geridas tanto institucionalmente quanto comunitariamente, ou ainda uma combinação de ambos”. São exemplos de compostagem descentralizada.

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) utiliza um método de produção de composto, denominado método UFSC. Essa forma de produção de composto usa leiras, que

são pilha de resíduos dispostas horizontalmente e que podem atingir alturas variadas. Nela encontram-se os resíduos orgânicos utilizados na produção de composto, que são organizados através de camadas (ANDRADE, 2021). Esse método UFSC utiliza a leira estática de areação passiva, no qual a leira é organizada com os resíduos, com processo aeróbico, não é revolvida, não se utiliza equipamentos para promover a entrada do ar, esse entra naturalmente pela base da leira, sendo liberada por seu próprio topo (BRASIL, 2018).

Tal leira atinge uma temperatura entre 45°C e 70°C em sua fase inicial da produção de composto. Quando essa leira atinge a temperatura de 45°C, ela é chamada de termofílica. Esse método passa por três fases, a termofílica, a mesofílica (quando há uma redução na temperatura e a degradação dos resíduos mais resistentes) e, por fim, a maturação, quando há estabilidade e encontra-se a fase final da produção do composto e que poderá utilizado. Todo esse processo tem duração de 128 dias, ou seja, 4 meses e 8 dias (BRASIL, 2018). É um método que requer um conhecimento prévio, podendo ser utilizada por diversos setores, e ambientes. A figura 5 apresenta um esquema resumido das fases de produção de composto.

Figura 5 – Fases da compostagem



Fonte: adaptado de Brasil (2018, p. 28).

O método de compostagem também poderá ser realizado através de composteiras caseiras, feitas por materiais como baldes, utilizando a presença de minhocas ou demais micronutrientes que ajudam na decomposição dos resíduos orgânicos. Os resíduos utilizados são os produzidos nas próprias residências. Porém, para a produção de composto não se utiliza qualquer tipo de resíduo orgânico, por isso indica-se o conhecimento sobre quais são os resíduos orgânicos que podem ou não ser compostados.

São exemplos de resíduos que podem ser compostados: Frutas, legumes e verduras, cascas de ovos, ervas e especiarias, grãos de milho, borra de café, folhas de chá, sementes de frutas e legumes, polpa de frutas, entre outros. O que não se recomenda ou indica-se cuidados na produção de composto são: frutas cítricas, comidas cozidas/assadas, serragem envernizada, fezes de gatos e cachorros, entre outros (CICLO ORGÂNICO, 2022).

No entanto, a tecnologia também promove soluções para minimizar os descartes dos resíduos em lugares impróprios. Produtos tecnológicos estão sendo desenvolvidos para pôr em prática ideias sustentáveis de proteger o meio ambiente para as futuras gerações (LIMA; PONTES, 2022). Uma delas são os aplicativos (*apps*), softwares criados para facilitar a vida do cidadão, quando usados corretamente. Existem *apps* que se utilizam em celulares, os chamados *apps* móveis (LIMA; PONTES, 2022).

Essa técnica ajudará a divulgar a compostagem e outras medidas estratégicas que promovam a proteção ao meio ambiente. Nos momentos atuais em que a tecnologia está presente em muitas ações sociais e ambientais, a utilização de mecanismos se tornou significativa na divulgação de atividades que promovam um ambiente saudável. Os aplicativos são atualmente muito utilizados pelas populações conectadas (ALMEIDA *et al.*, 2023).

Os aplicativos estão sendo usados para muitas atividades, como compras, consultas médicas, estudos, jogos, dentre outras, que facilitam a comunicação e acessos a materiais, bem como informações sobre o que acontece no mundo e no Brasil. Para Almeida *et al.*, (2023, p. 2), que trouxe uma análise de Mikkonen (2007), o aplicativo “é um software móvel que adiciona uma dimensão inovadora à programação que não existia antes e que, portanto, exige novas práticas e abordagens”. Nesse sentido, no período da pandemia da covid 19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, quando se decretou um *lockdown*, os aplicativos foram bastante utilizados para se adquirir objetos e alimentos, além de facilitar a interação entre os familiares, trabalhos, estudos, dentre outras atividades.

Os aplicativos são exemplos de tecnologias, dentre as várias que existem que podem colaborar ao pôr em prática estratégias para o tratamento dos resíduos. O uso da tecnologia para o desenvolvimento de novas ferramentas enquadra-se no artigo 8º da PNRS, no que diz respeito aos seus instrumentos, pois o inciso VI indica cooperação e financiamento entre poderes públicos e privados para pesquisa de novos produtos, métodos, processos e tecnologias para destinação final de resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2010).

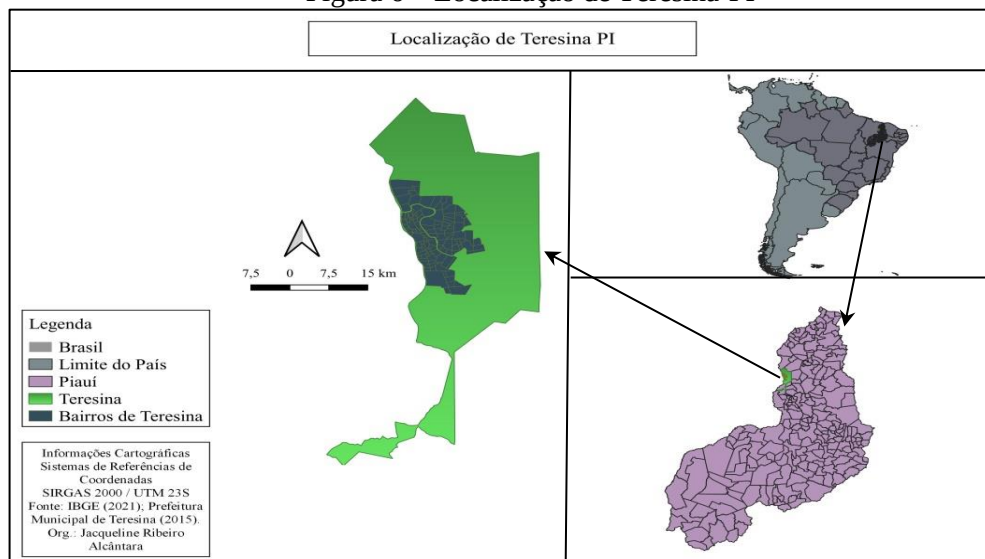
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em Teresina, capital do estado do Piauí. Nos aspectos geológicos, o município de Teresina tem como unidade de relevo, planícies e terraços fluviais, superfície de drenagem intensamente modificada com morros residuais e uma superfície residual cortada por vales encaixados (LIMA, 2016), possuindo as Formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca (IBGE, 2023b). As unidades geomorfológicas predominantes em Teresina destacam-se pelo: Patamares do Parnaíba, Planícies e terraços fluviais, tabuleiros do Parnaíba e vãos do médio Parnaíba e corpos d'água (IBGE, 2023c).

Em Teresina, as categorias de solo são, com predominância, os solos Latossolo Amarelo Distrófico, Plintossolo Pétrico Concrecionário, Plintossolo Argilúvico Distrófico, Neossolo Litólico Distrófico, Neossolo Flúvico Ta Eutrófico e Chernossolos Argilúvicos Órtico (IBGE, 2023d). Sobre a classificação climática, Teresina é definida como do tipo Tropical (Aw'), possuindo um clima quente e úmido, com período chuvoso nos meses de dezembro a maio e seco de junho a novembro (CARVALHO, 2015). A figura 5 mostra Teresina, que se localiza na região nordeste do Brasil.

Figura 6 – Localização de Teresina-PI



Fonte: As autoras, 2022.

Teresina é cortado por dois rios, o Parnaíba e o Poti. Para Lima (2016, p. 384), “a dinâmica desses rios recebe influências e também interfere na vida da cidade, embora tenham

desempenhado funções e representações que foram se modificando com o passar do tempo”. Segundo Silva e Gomes (2021, p. 286), “o percurso do rio Poti dentro do município de Teresina, estão inseridas várias microbacias hidrográficas, sendo as mesmas denominadas de PD (Poti Direita) e PE (Poti Esquerda)”. Essa informação se torna importante para aplicar projetos de proteção aos recursos hídricos quando se trata de descarte inadequado dos resíduos, visto que esses são fontes poluidoras quando não recebem tratamento adequado.

Sobre a população teresinense, segundo a prévia da população calculada com base nos resultados do censo demográfico 2022 até 25 de dezembro de 2022, Teresina possui 868.523 pessoas (IBGE, 2023a). Composta por 13 municípios circunvizinhos, formam a Rede Integrada de Desenvolvimento (RIDE), uma estratégia de união em prol de uma ajuda mútua de desenvolvimento coletivo, envolvendo urbanização, transporte, educação, tecnologia, entre outras (MELO FILHO, 2020).

Teresina possui zonas de urbanização específicas com a Lei complementar nº 4.851 de 2015. A referida lei traz o parcelamento do solo de Teresina e define parâmetros urbanísticos especiais, delimitando o perímetro urbano e assim, possibilitando estudos e projetos para se organizar melhor o espaço citadino da urbe, propiciando melhorias principalmente sobre a questão ambiental, na qual se insere os resíduos sólidos (TERESINA, 2015a).

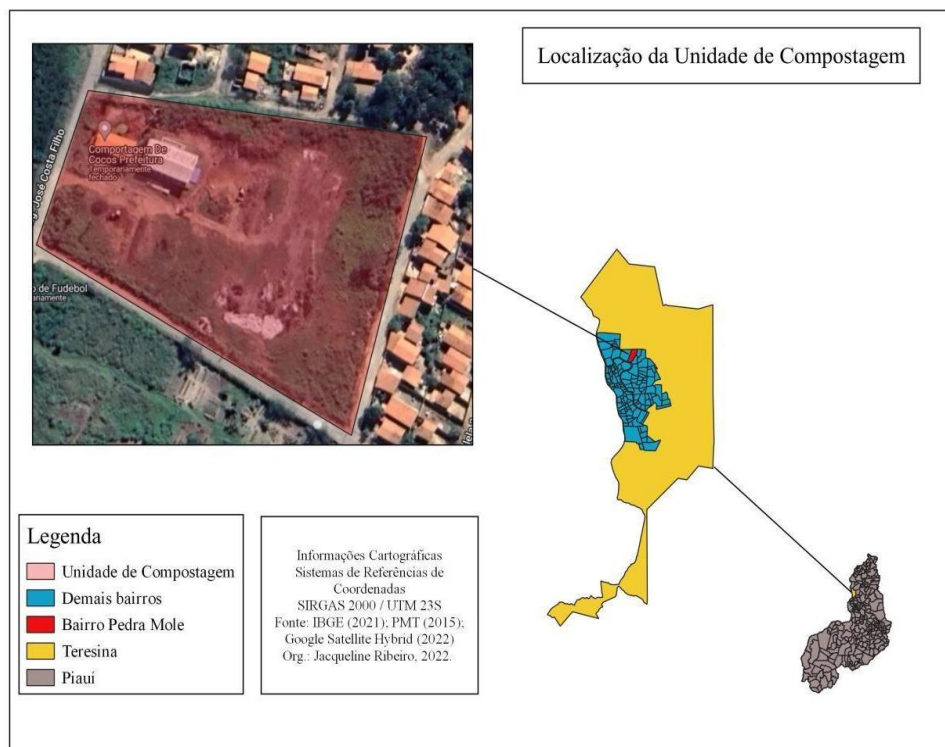
No boletim analítico desenvolvido pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (CEPRO), que foi elaborado referente ao segundo semestre de 2022, os principais produtos exportados por Teresina foram calçados, produtos de beleza, facas e lâminas cortantes, que são objetos geradores de resíduos, fabricados em indústrias e que necessitam de plano de gerenciamento de resíduos sólidos, a partir do qual atenderá a obrigação legal, conforme os dispositivos da PNRS.

3.2 Locais de estudo

O primeiro local onde se realizou o estudo foi a Unidade de Compostagem do Município (UNCOM). A unidade se localiza na rua Eng. José Costa Filho, S/N, no Parque Anita Ferraz (Figura 7). Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e citado pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT), o Parque Anita Ferraz é um aglomerado

subnormal¹ do bairro Pedra Mole, zona leste de Teresina, e está sob responsabilidade da Superintendência de Ações Administrativas e Descentralizadas (SAAD) rural (TERESINA, 2018).

Figura 7 - Localização da Unidade de Compostagem Municipal de Teresina, Piauí.



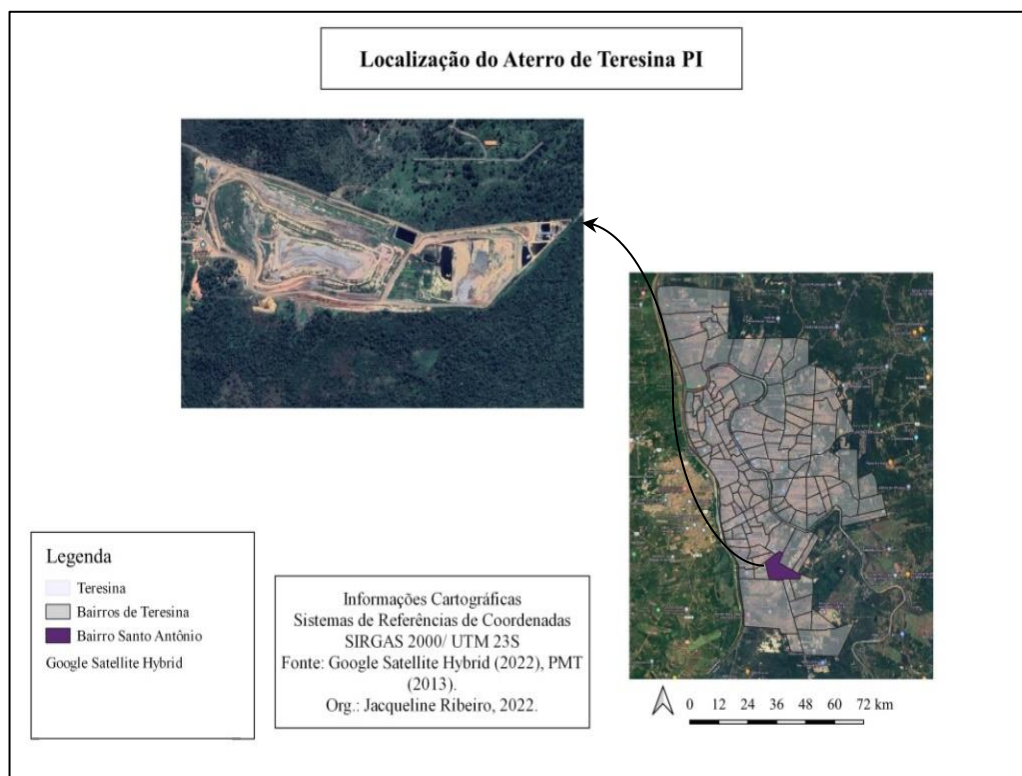
Fonte: As autoras, 2022.

Sobre as características geofísicas da UNCOM, ela está inserido na formação Piauí, que possui “camadas da idade pensilvaniana, com limites estratigráficos, composta por arenito e siltito” (KIFUMBI, 2021, p. 51). Com características geomorfológicas dos patamares do Parnaíba, “correspondem a baixos relevos dissecados e restos de chapadas posicionados ao longo do baixo-médio curso do rio Parnaíba” (AQUINO, 2020, p. 50). O solo tem o Latossolo Amarelo, caracterizado como textura leve a moderada (IBGE, 2023d).

O segundo local da pesquisa de campo foi no Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT) que, por sua vez, se localiza na Avenida Castelândia, Km 7, BR-316, bairro Santo Antônio, zona sul, área de responsabilidade da Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) sul, como mostra a figura 8.

¹ “É uma forma de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação” (IBGE, 2019, n. p.).

Figura 8 – Localização do Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT).



Fonte: As autoras, 2022.

O ASMT está sob responsabilidade da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH), responsável pelo gerenciamento desse empreendimento. Segundo informações cedidas pela SEMDUH, o documento de licenciamento ambiental, com validade até 2025, o ASMT está em uma área de bacia difusa do baixo Parnaíba, em um território entre rios, com uma área total de 50,610 ha. Comparando os dois locais de pesquisa, as características geofísicas onde foi construído o ASMT são semelhantes às da UNCOM.

3.3 Estrutura e metodologia da pesquisa

Como pesquisa teórico-metodológica, iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica e baseou-se em autores como: Almeida *et al.*, (2022); Mendonça (2020); Siqueira e Assad (2015); e Ross (2006), entre outros que discutem em seus trabalhos a contribuição da Geografia na análise ambiental e o espaço geográfico inserido nas discussões sobre resíduos sólidos, além de conteúdos sobre soluções de manejo para os Resíduos Sólidos Urbanos.

Foi realizada uma análise documental, na qual os documentos utilizados foram: a Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); O Plano Nacional de Resíduos Sólidos; a Lei complementar nº 4.851 de 2015, que dispõe sobre a delimitação do

perímetro da zona urbana de Teresina; Relatórios da gestão pública municipal que tratam sobre os resíduos, entre outros documentos legais do Brasil e da gestão municipal.

Para um trabalho bem elaborado, é importante a pesquisa bibliográfica, na qual são coletadas informações, por meio de trabalhos publicados em livros, revistas, bancos de dados, sejam impressos ou digitais por autores que já realizaram pesquisas sobre o tema desenvolvido. Estudos clássicos ou atuais são de grande importância para a formação de novas investigações (GRAZZIOTIN; KLAUS; PEREIRA, 2022).

No estudo utilizou-se a pesquisa de campo, que aborda o conhecimento adquirido com a leitura e também é possível fazer estudos através da observação. Essa é realizada no local da investigação, muitas vezes acompanhada de um guia para se obter coletas de dados e amostras do estudo em desenvolvimento (CESÁRIO, *et al.*, 2020). Por meio de visitação *in loco* pode-se verificar as infraestruturas, processos e operações com os resíduos, as atividades desenvolvidas no manejo de resíduos e os que são dispostos em ambos os locais de estudo.

Além de conhecer os processos e funções gerenciais e estruturais da unidade de compostagem, também foram observados os tipos de resíduos e o composto gerado a partir desses resíduos. No ASMT foi possível conhecer o seu funcionamento e as normas técnicas de funcionamento de acordo com a regulamentação da PNRS e as atividades voltadas para os resíduos orgânicos.

Alguns artigos foram elaborados durante o mestrado, num total de nove artigos, alguns dos quais publicados em revistas e anais de eventos, e outros submetidos para revistas de geografia e meio ambiente, que estão distribuídos da seguinte forma: dois através da observação em campo sobre a UNCOM; um sobre os resíduos orgânicos no ASMT. Esses possuem como títulos: Produção e qualidade do composto orgânico da usina de produção de Teresina, PI; Produção de resíduos orgânicos em usina de compostagem em Teresina, Piauí; Análise situacional do aterro sanitário de Teresina e avaliação da eficiência do processo de compostagem.

Foram escritos três artigos de revisão bibliográfica com discussões acerca da gestão de resíduos sólidos em Teresina e sobre algumas soluções estratégicas para os resíduos sólidos urbanos, com os títulos: Soluções para os resíduos orgânicos urbanos: uma análise do uso da compostagem como benefício ao meio ambiente; Gestão de resíduos sólidos em Teresina-PI; Responsabilidade compartilhada e a logística reversa: soluções atuais de manejo de resíduos sólidos urbanos.

Um artigo foi atualizado no decorrer do mestrado sobre as características gerais do aterro de Teresina, com o título: Resíduos sólidos em Teresina – Piauí: Entre a legislação e a

destinação, sendo publicado em uma revista do programa do mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF). Sobre um bairro da cidade de Teresina, foi elaborado outro artigo que levantou dados sobre o desperdício na capital, intitulado: Resíduos sólidos no bairro de Teresina Piauí Morro da Esperança: análise de 2011 a 2021 e publicado na revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). As produções de artigos encontram-se neste relatório em forma de apêndices seguindo a ordem do quadro 6.

Quadro 6 – Apêndices das produções realizadas no mestrado.

APÊNDICES	TÍTULOS	RESUMO	PUBLICAÇÕES
A	PRODUÇÃO E QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO DA USINA DE PRODUÇÃO DE TERESINA, PI.	Este artigo traz informações sobre a produção e qualidade do composto na unidade de compostagem de Teresina, Piauí. O objetivo desse trabalho foi saber quais resíduos orgânicos são utilizados na produção do composto na unidade, para conhecer a produção de composto orgânico e o seu potencial bioenergético para agricultura local e a sua contribuição na redução de resíduos descartados na cidade. Foi possível, através da análise em laboratório, saber que as duas amostras enviadas possuem boa qualidade, ótima para o uso do composto na agricultura em solos.	Em análise
B	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM USINA DE COMPOSTAGEM EM TERESINA, PIAUÍ.	Este estudo foi feito para demonstrar como funciona a compostagem em Teresina, Piauí. O objetivo do estudo foi conhecer e analisar as instalações de compostagem e seu manejo em Teresina, capital do estado do Piauí. Concluiu-se que a unidade de compostagem de Teresina possui pequena área, baixa produção e poucos funcionários para fazer o adubo orgânico. O número total de funcionários é de apenas 3, há poucas máquinas em funcionamento e é utilizado o método de compostagem em leiras.	Em análise

C	ANÁLISE SITUACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO DE TERESINA E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM	A pesquisa traz uma abordagem sobre o aterro de Teresina-PI, ao mesmo tempo em que busca saber sobre a viabilidade espacial para a implantação de uma Unidade de Compostagem no aterro, a fim de utilizar os resíduos orgânicos lá depositados. Durante a visita ao aterro, soube-se que o aterro está em funcionamento como controlado, o aterro sanitário está em construção, e foi vista a entrada dos resíduos e toda a sua área. Concluiu-se que o aterro sanitário possui viabilidade espacial para construção de uma unidade de compostagem, pois há matéria-prima para a produção de adubo orgânico, bem como a mão de obra, por exemplo, os catadores.	Revista do departamento de Geografia da USP. Em análise
D	RESÍDUOS SÓLIDOS NO BAIRRO MORRO DA ESPERANÇA EM TERESINA PIAUÍ: Uma análise dos anos 2011 e 2021.	O objetivo deste trabalho foi comparar o processo de disposição final e a coleta de resíduos sólidos nas calçadas do terreno do exército brasileiro da Rua professor Fernando Marques, no bairro Morro da Esperança, em Teresina, Piauí, nos anos de 2011 e 2021. Como resultado, foram observados resíduos sólidos nas calçadas do local pesquisado, mas o poder público tem procurado minimizar o problema. Concluiu-se que o depósito de resíduos sólidos nesses espaços da comunidade do Morro da Esperança vem do hábito dos próprios moradores, pois mesmo depois de dez anos o local ainda recebe resíduos, mas com uma diferença: a gestão pública municipal instalou um Posto de Recebimento de Resíduos (PRR), procede a recolha de resíduos, mas não impede totalmente a acumulação de resíduos nas calçadas.	Revista Equador (UFPI), Vol. 11, Nº 2, Ano, 2022, p. 01 – 17.
E	RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA – PIAUÍ: Entre a legislação e a destinação.	Esse artigo foi desenvolvido em 2018 e atualizado em 2022. O objetivo dessa pesquisa foi analisar a forma de destinação final dos Resíduos Sólidos em Teresina, na perspectiva do	V. 1 n. 1 (2022): Edição especial de lançamento Rebrape

		cumprimento da legislação vigente e pertinente para a questão. Verificou-se na época que o Aterro de Teresina começou como Lixão, que se constituía em Aterro Controlado e no período de realização desta investigação estava sendo construído o Aterro Sanitário, conforme entrevista realizada com órgão responsável e observação na visita ao local.	
F	SOLUÇÕES PARA OS RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS: UMA ANÁLISE DO USO DA COMPOSTAGEM COMO BENEFÍCIO AO MEIO AMBIENTE.	A presente investigação tem como objetivo discutir a dinâmica e o impacto da compostagem como solução estratégica no manejo de resíduos orgânicos em ambiente urbano. Os projetos comentados no trabalho mostram formas para se fazer a destinação final correta dos resíduos orgânicos e que proporcionam conhecimentos sobre compostagem. Muitos falam de problemas ambientais e sociais promovidos pelos resíduos, essa pesquisa trouxe o diferencial: a solução. É possível desenvolver projetos de custos acessíveis a todos, ao mesmo tempo, como gerador de renda para a população e para investidores.	Nos anais do XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (XIV ENANPEGE) em 2021.
G	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA-PI	Essa pesquisa teve como objetivo analisar os projetos que estão em execução, como também medidas que ainda serão implantadas pela Prefeitura Municipal de Teresina em relação aos resíduos sólidos. A partir dessas informações, esse trabalho fez uma análise dos documentos da gestão pública municipal mais atualizados sobre os resíduos sólidos em Teresina. O artigo mostra que a gestão pública de Teresina se preocupa com a questão dos resíduos, elaborando projetos e estudos para médio e longo prazo.	Em análise
H	RESPONSABILIDADE DE COMPARTILHADA E A LOGÍSTICA REVERSA: SOLUÇÕES	A presente pesquisa faz uma revisão bibliográfica sobre responsabilidade compartilhada e a logística reversa. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a importância da Responsabilidade	Conferência da Terra, 2022. Fórum Internacional do Meio Ambiente.

	ATUAIS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	Compartilhada e da Logística Reversa como soluções para um manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos e, assim, promover um meio ambiente limpo. Conclui-se que essas alternativas de manejo são eficazes para promover a reciclagem dos resíduos.	
I	THE COMPOSTO	Este artigo apresenta um aplicativo desenvolvido para mostrar os pontos de compostagem de Teresina-PI. A sua principal tarefa é conseguir ligar a sociedade aos pontos que recolhem resíduos orgânicos para fazer composto orgânico. O desenvolvimento do aplicativo seguiu o processo iterativo e incremental, em que as partes do software são construídas por ciclos de melhorias à medida que se avançava no conhecimento do projeto. O aplicativo foi alimentado por apenas quatro grupos, são eles a Unidade Pública de Compostagem, o Grupo Ninho de Verde Compostagem, projeto de extensão de Compostagem da UESPI e o grupo É de Sol, utilizados como exemplos para que a Prefeitura coloque mais locais de produção de compostagem da cidade. Conclui-se que este aplicativo é importante para a população em geral, gestores e empresários, pois reduz a quantidade de resíduos descartados de forma inadequada, gera insumos para a agricultura, promove a renda e a educação ambiental.	Em análise

Fonte: As autoras, 2023.

O nono artigo explica como foi desenvolvido o aplicativo e seguiu o processo iterativo, no qual as partes do software são construídas por ciclos de melhorias à medida que se avançava no conhecimento do projeto. Para tanto, as seguintes etapas foram executadas:

3.3.1 Levantamento e análise dos requisitos para o aplicativo

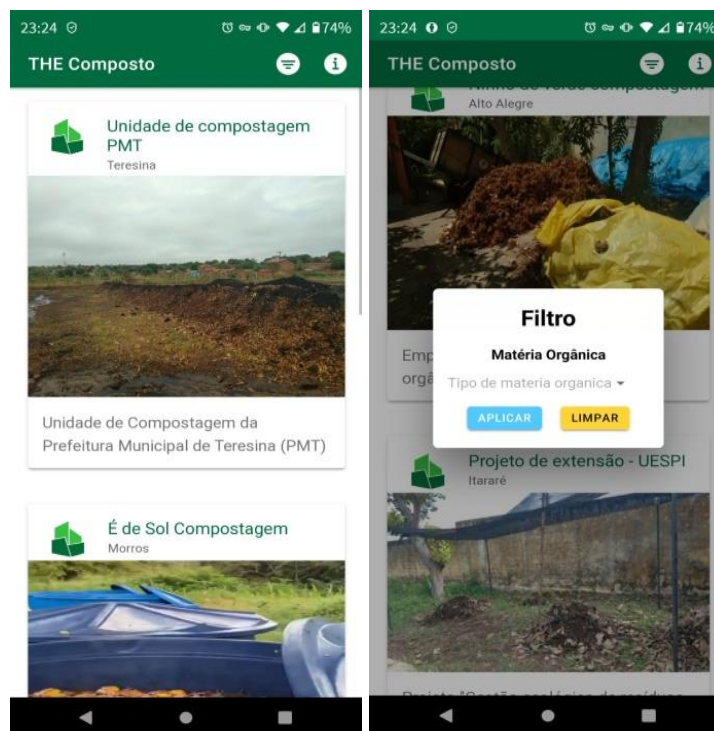
Inicialmente construiu-se através de informações uma visão geral dos recursos que um aplicativo deve ter para atingir seu objetivo. Primeiramente, foi realizado um levantamento para identificar as unidades de compostagem ativas na cidade de Teresina-PI.

As informações sobre funcionamento, localização e contatos, foram coletadas junto às unidades de compostagem, assim como em suas redes sociais, e analisadas em reuniões com a equipe do projeto. Deste modo, foram definidos como requisitos funcionais mínimos para o aplicativo: listar as unidades de compostagem, fornecer localização das unidades e disponibilizar formas de contato com as unidades.

3.3.2 Prototipação do aplicativo

Corresponde à fase de criação de protótipos de telas (Figura 9) para avaliação dos requisitos levantados. Foi utilizada a ferramenta de prototipagem de projetos de design, *Figma*. A ferramenta permite criar telas interativas para demonstrar a usabilidade e navegabilidade do aplicativo sem uso de uma linguagem de programação.

Figura 9 – Telas interativas do app



Fonte: Os autores, 2023.

3.3.3 Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi criado com o *framework Flutter*. O *toolkit* possui recursos para o desenvolvimento de interface de usuário que possibilita a criação de aplicativos híbridos, o que permite gerar aplicativos para diferentes plataformas com a escrita de um único código.

A primeira parte desta etapa foi a implementação do design das telas e a navegabilidade. A segunda parte foi a construção do modelo de armazenamento dos dados, inserção dos dados e hospedagem do aplicativo em ambiente de nuvem. O ambiente utilizado foi *Firebase*, uma plataforma do *Google* que disponibiliza vários serviços como hospedagem para aplicativo, banco de dados, autenticação, entre outros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Manejo de resíduos orgânicos na Unidade de Compostagem de Teresina

A Unidade de Compostagem (UNCOM) foi construída no ano de 2006. O seu funcionamento ocorre das 07 horas da manhã até às 17 horas, semanalmente, e aos sábados das 07 horas da manhã até às 11 horas. A unidade é mantida pela Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) rural, processando a casca do coco verde e podas feitas na capital. Através de dados públicos fornecidos no site da prefeitura, constatou-se que a unidade de compostagem aqui estudada é a única mantida pela Prefeitura, responsável assim por atender toda a demanda da cidade.

Por meio da visita *in loco* foram levantados os dados estruturais e de produção do composto na unidade. A produção atual conta com três colaboradores na fabricação do composto. A frequência de entrega do composto é feita diariamente, devido ao número de trabalhadores, esses que, por sua vez, não conseguem suprir uma grande demanda, por haver muitos resíduos e poucas pessoas para a operação da UNCOM na produção de composto.

A produção é realizada por meio do método da prensagem, usando prensa mecânica como fonte de energia. Além da prensa, são utilizados outros equipamentos e maquinários que os trabalhadores utilizam para produzir o composto orgânico. O maquinário utilizado na unidade é limitado, formado por: prensa, trator, forrageira, picador de galho, o compostador de resíduos orgânicos e a máquina selecionadora.

Na UNCOM, foram compradas máquinas novas e construíram um galpão para essas novas aquisições com a finalidade de aumentar e melhorar a produção do composto. Todavia,

o espaço ainda se encontra em etapa de estruturação, sem apresentar funcionamento. A Figura 10 tem as máquinas da UNCOM, exceto a forrageira que não estava na unidade no período da pesquisa.

Figura 10 – Mosaico de fotografias das máquinas na Unidade de Compostagem (UNCOM)



A. Máquina selecionadora; B. Trator quebra galho; C. Prensa quebra coco para tirar a fibra; D. Compostador de orgânico.

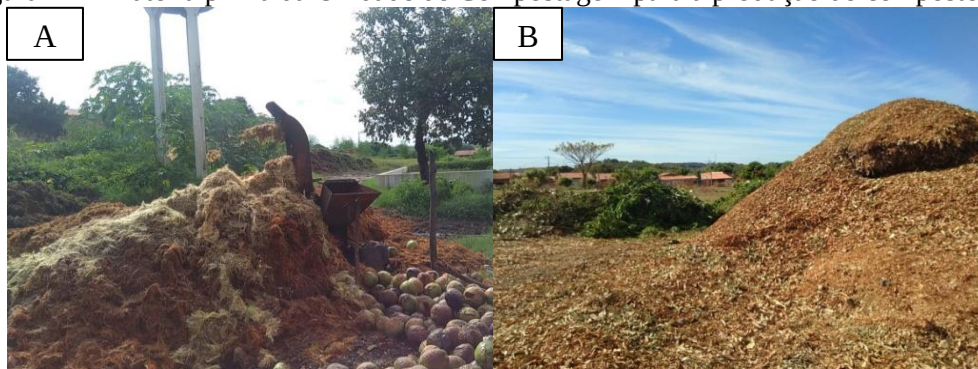
Fonte: As autoras, 2021.

As novas máquinas, que se encontram no galpão na unidade de compostagem, como a selecionadora (que separa a fibra e o pó gerado pela quebra da casca do coco verde), ainda não estão em funcionamento em detrimento da falta de uma esteira que levará o pó para um tanque, isto é, uma massa que é gerada através da trituração da casca do coco verde, muito importante na produção do adubo. Essa condição torna limitada o aumento da produção do composto.

A casca do coco verde é entregue pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) e por empresas que usam a água do coco para comercializar. Observou-se no espaço que são caminhões que fazem a entrega dos cocos na unidade. A quantidade entregue por dia não foi informada, não havendo documentos ou anotações feitas para quantificar os cocos que chegam à unidade.

A produção do composto também se utiliza das podas (galhos) que são entregues diariamente na UNCOM pela concessionária de energia da cidade. A PMT também fornece esterco animal (oriundos do gado e bode), comprados no município de Campo Maior, cidade localizada a 85,2 km da capital. Na figura 11, têm-se os resíduos utilizados na produção do composto:

Figura 11 – Matéria prima da Unidade de Compostagem para a produção do composto.



A. Casca do coco verde; B. Podas trituradas na UNCOM.

Fonte: As autoras, 2021.

Para o funcionamento de uma unidade de compostagem, faz-se necessário um projeto inicial, mediante a escolha do local, ou seja, um pátio ou área de compostagem; maquinário e mão de obra para auxiliar no manejo com os resíduos orgânicos e a produção do composto. Ressalta-se também que essa unidade precisará sempre de manutenção para o seu bom funcionamento (ABNT, 1996).

De acordo com o Diagnóstico Temático sobre o Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2020 no Brasil, estiveram em operação 74 unidades de compostagem, sendo 53 delas localizadas na região sudeste do país. Ao todo, foram tratadas 303.458 toneladas de resíduos orgânicos que seriam dispostos em aterros sanitários (BRASIL, 2021a).

O principal problema identificado nas unidades de compostagem em operação no Brasil é, principalmente, o estudo da viabilidade, os atrasos na construção e a operação por falta de conhecimento técnico e falhas operacionais. Isso acarreta pouca produção, marcada pela má qualidade e por impactos negativos ao meio ambiente (CAPRARA, 2016).

Sobre a produção de composto em Teresina, na Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI, o relatório de Estudo de engenharia, logísticas e afins, no ano de 2021, apresenta um estudo da viabilidade técnica econômica e ambiental para a modelagem e estruturação da gestão de resíduos sólidos urbanos da cidade (TERESINA, 2021).

Nesse relatório, informa-se que a unidade de compostagem de Teresina não está em funcionamento. Apesar da publicação ser do ano de 2021, as informações sobre a unidade de compostagem são do ano de 2013, o que não mostra a realidade atual. A unidade de

compostagem está em funcionamento, mesmo não atendendo a todos que necessitam de composto orgânico para um determinado fim, seguindo com uma produção ainda limitada.

O coco verde é bastante consumido no Brasil devido às suas proteínas, no entanto o descarte das suas cascas geram problemas por conta de sua decomposição demorada. Algumas medidas estão sendo realizadas para reduzir este descarte, como exemplo, tem-se a utilização da biomassa da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração (CABRAL *et al.*, 2017).

Outro subproduto da quebra do coco verde é um líquido – denominado Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV), que na unidade de Teresina é canalizado para um tambor e armazenado para uma posterior coleta da prefeitura. Esses tambores têm a capacidade de 50 litros e, depois de cheios, são esvaziados e levados para o aterro municipal.

O LCCV é um efluente que, sem um cuidado prévio, poderá provocar problemas para o solo ao ser despejado sem tratamento ao meio ambiente, por possuir uma grande quantidade de matéria orgânica em sua composição. O LCCV pode ser transformado em produtos que ajudariam, como nutrientes para plantações (SANTOS, 2019).

Na figura 12B, tem-se o tambor que acumula o LCCV. Este tambor se encontra atrás do galpão construído na unidade de compostagem. Foi possível observar que ele está ligado às novas máquinas que não estão sendo usadas, por isso, intui-se que ainda não esteja sendo utilizado.



A. Líquido proveniente da quebra da casca do coco verde;

B. Tambor para receber o LCCV.

Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Na figura 12A, as setas indicam o líquido produzido na quebra da casca do coco. A seta número 1(um) indica o líquido proveniente da quebra da casca e a seta número 2 (dois),

por sua vez, mostra por onde escorre o líquido para o tambor. Por outro lado, a figura 12B mostra o tambor que armazena o LCCV até ser recolhido pela prefeitura.

Sobre os usuários do composto, informa-se que se trata de pessoas que trabalham em hortas e/ou que possuem jardins ornamentais, canteiros em casa ou escolas e pequenos sítios com produção familiar, sendo residentes de Teresina, da área urbana e da zona rural do município.

Para adquirir o composto na unidade, precisam-se da autorização na SAAD rural, para informar a finalidade do uso, quantas sacas do composto precisarão e qual horário pegará o produto. O indivíduo que fizer essa solicitação também deverá levar as sacas para recolher o produto. Sobre a quantidade de composto, não há registros específicos do volume produzido diário ou mensalmente, nem do volume entregue aos solicitantes e a quantidade. Esses seriam dados importantes para um bom controle da unidade.

4.1.1 Qualidade do composto orgânico produzido na unidade de compostagem

A produção do composto orgânico na UNCOM é organizada em seis camadas na pilha do composto, seguindo esta ordem: folhas, fibra e esterco. Quando não há o esterco, segue-se a sequência folhagem e fibra. O trator faz a revirada da pilha. Utilizam-se maquinários, tem-se a quebra da casca do coco verde, para retirada da fibra e massa e a trituração dos galhos das podas. As camadas de pilha dos compostos são organizadas da seguinte maneira: 20 cm de esterco (quando há esterco), 40 cm de fibra e 40 cm de folhagem.

Foram recolhidas amostras para análise do composto produzido na Unidade de Compostagem, para conhecer o seu potencial bioenergético. O material foi enviado para a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) no estado do Ceará. As amostras enviadas para a FUNCEME estavam divididas em dois sacos, com materiais diferenciados.

Em decorrência da Unidade de Compostagem (UNCOM) produzir composto de duas maneiras, uma com a utilização da casca do coco verde quando se retira a fibra, que é misturada ao esterco e a folhagem, denomina-se de composto 1. A mistura realizada pela fibra e folhagem, outra maneira de gerar composto na UNCOM, chamou-se de composto 2. Os resultados das amostras apontaram que no composto 1 (CP1) e composto 2 (CP2), apresentaram os seguintes atributos: matéria orgânica, cinza, relação C/N, pH e Na. Na tabela 1, tem-se a diferença entre CP1 e CP2.

Tabela 1 – Atributos dos compostos da UNCOM.

Composto	Matéria orgânica	Cinza	Relação C/N	pH	Na
CP1	92%a	16%a	25,1a	5,5ab	11b
CP2	84%b	12%b	16,4b	4,9b	13ab

CP1 – Esterco, Folhagem e Fibra da casca do coco verde.

CP2 – Esterco e Folhagem.

Fonte: As autoras, 2023.

Fazendo uma análise da tabela 1, dos atributos químicos, o CP1, quando se trata de matéria orgânica, demonstra superioridade em relação ao CP2, segundo pela cinza e a relação C/N, que também apresentou melhores valores. Quando se analisou o pH, foi possível verificar que o valor do CP1 possui uma similaridade ao valor do CP2, enquanto o sódio, no CP2 encontra-se superior em relação ao CP1.

Acerca dos resultados, é possível dizer que ambas as amostras apresentam uma excelência quando se trata de matéria orgânica, pois a mesma está acima de 80%. A matéria orgânica em alta quantidade em um composto proporciona aos solos nutrientes ricos e com capacidade física, química e biológica para uma plantação ou recuperação de solos (FERREIRA, *et al.*, 2022).

As duas amostras tiveram uma boa taxa de cinza. Na relação C/N, o valor encontrado no CP2 está inserido na instrução normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, que tem o valor 20 como limite máximo. O CP1 encontra-se 5% acima do limite máximo da normativa (BRASIL, 2009). Essa relação C/N é importante para que um composto tenha a sua maturação eficiente, com a presença do Carbono e Nitrogênio para os microrganismos executarem o seu processo corretamente (SOUZA, *et al.*, 2021).

Sobre o pH, o CP2 apresenta-se um pouco ácido, já o CP1 está com um pH neutro, propício para os microrganismos, pois são importantes para serem utilizados na agricultura e na recuperação de áreas degradadas. Sobre o sódio, observa-se que no CP2 apresenta-se alto, comparando-se ao CP1, provavelmente, a falta da fibra acarretou esse teor mais alto de sódio.

Através da matéria orgânica presente no composto, os elementos minerais, chamados de macro e micronutrientes foram prontamente verificados. Para conhecer mais sobre o composto da unidade de compostagem, foram realizadas análises laboratoriais para verificar os macronutrientes, micronutrientes e os metais presentes nas amostras. Na tabela 2 encontram-se os valores dos macronutrientes.

Tabela 2 – Macronutrientes no composto orgânico da UNCOM.

Composto	N (%)	P (%)	K(%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
CP1	4,34a	4,65a	0,81a	3,17a	0,31ab	0,63a
CP2	3,33b	4,11a	0,62b	2,98b	0,29b	0,52b

Fonte: As autoras, 2023.

Os macronutrientes são importantes para as plantas, estando presentes em boa quantidade no composto, proporcionarão nutrientes importantes para absorção das plantas (RONQUIM, 2020). Observa-se que nas duas amostras os macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) estão presentes. Observa-se na tabela 2 que houve também uma superioridade do CP1 quando comparado ao CP2.

Nas duas amostras, segundo a instrução normativa nº 61, de 2020, há presença dos macronutrientes primários (N, P, K) e os secundários (Ca, Mg, S), ou seja, obedecem ao que rege a normativa quando se trata de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes (BRASIL, 2020c). Quando essa mesma normativa traz os valores de teor mínimo dos macronutrientes que é 1 para os macronutrientes primários e secundários, mas, apenas o Mg e S do CP1 e CP2 estão abaixo do mínimo estipulado. Sobre os micronutrientes presentes nos compostos da UNCOM, encontram-se os seguintes valores, apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Micronutrientes no composto orgânico da UNCOM.

Composto	Fe (%)	Mn (%)	Cu (%)	Zn (%)	B (mg.kg)
CP1	0,87a	356ab	91a	211a	168ab
CP2	0,61b	312b	65b	89b	112b

Fonte: As autoras, 2023.

Em relação aos micronutrientes, esses foram encontrados nas duas amostras, Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn) e o Boro (B). Esses são absorvidos em menor quantidade pelas plantas em relação aos macronutrientes, mas são de grande importância para promover nutrição aos solos e plantas (RONQUIM, 2020).

Dentre os micronutrientes encontrados nas duas amostras da unidade de compostagem, todos estão dentro do teor mínimo em porcentagem da instrução normativa nº 61, de 2020, estando assim, aptos a serem utilizados na agricultura. Para as duas amostras foram realizadas buscas sobre a presença de metais pesados, tais como: Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Arsênio (Ar), muitas vezes presentes em compostos, mas, em nenhum das

amostras esses metais foram encontrados, significando que os dois tipos de compostos produzidos na UNCOM não oferecem nenhum risco às plantas em relação a toxidez que esses metais poderiam causar aos microrganismos e ao solo.

4.2 Manejo de resíduos orgânicos no Aterro Sanitário Municipal de Teresina

Durante observação no Aterro Sanitário Municipal de Teresina (ASMT) foi visto que esse está dividida da seguinte maneira: Célula 1 e Célula 2. A célula 1 relaciona-se ao aterro controlado, ainda em funcionamento e com o recebimento de resíduos diariamente em seu espaço e não terá a sua desativação total, o processo ocorrerá de forma gradual e sua área será posteriormente recuperada.

No local, há o acúmulo de resíduos que formam um talude, possuindo entre 5 e 7 metros (TERESINA, 2021a). Na célula 2, encontra-se o aterro sanitário em construção. Na figura 13, têm-se um mosaico de imagens da Célula 1 (aterro controlado) e da Célula 2 (aterro sanitário) já em funcionamento:

Figura 13 – Mosaico do aterro de Teresina PI.



A. Pilha de resíduos na Célula 1; B. Máquinas trabalhando na pilha de resíduos da Célula 1; C. Construção do aterro sanitário (Célula 2); D. Área com resíduos na Célula 2.

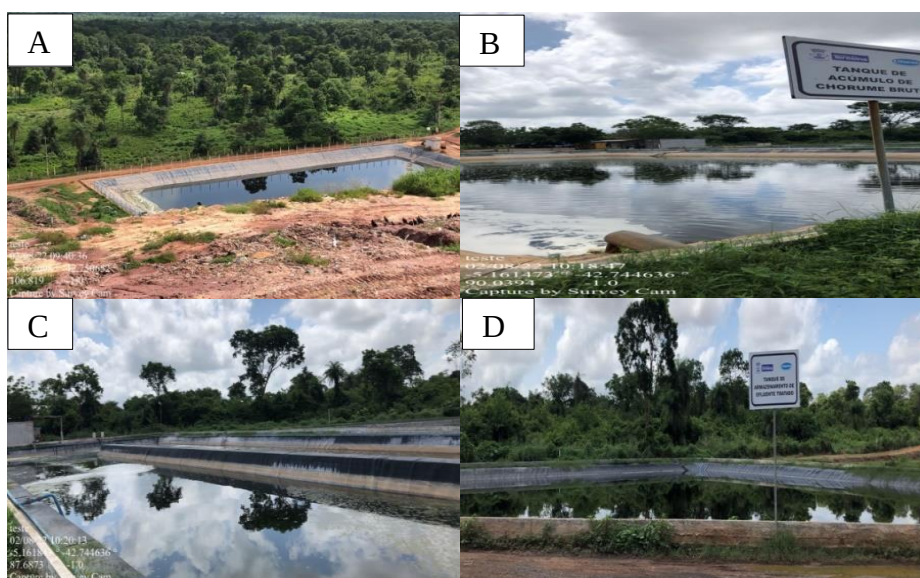
Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

Na célula 1 (Figuras 13A e 13B), tem-se uma lagoa de chorume, a qual se encontra impermeabilizada. Na célula 2, há uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), com uma

lagoa para a qual são direcionados os efluentes produzidos no aterro. Esta lagoa, cabe ressaltar, também possui impermeabilização. Ainda há neste espaço um tanque de chorume que recebe o efluente após o tratamento. A ETE do ASMT possui um tanque de aeração, cuja funcionalidade consiste em um tratamento com a presença de oxigênio e de microrganismos originários do próprio tanque, o qual decompõe a matéria orgânica ali presente, formando flocos (ROCHA, 2020).

O líquido percolado, também chamado de chorume, está presente quando existem resíduos em decomposição. Caso haja um gerenciamento de maneira incorreta, o líquido pode atingir o solo por conter carga tóxica, causando a sua degradação e, caso chegue até o lençol freático, poderá poluí-lo. Dessa forma, há uma necessidade urgente de se tratar o líquido para que não venha provocar danos ao meio (SALVIANO, 2021). A figura 14 mostra o líquido percolado no aterro e o tanque de aeração:

Figura 14 – Mosaico do Chorume no ASMT e seu tratamento.



A. Lagoa de chorume na célula 2; B. Lagoa de chorume da Célula 1; C. tanque de aeração na célula 2; D. Efluente tratado na célula 2.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

A ETE do ASMT está em funcionamento regular, realizando a separação do efluente tratado e do lodo. O efluente, após o tratamento, é colocado em um tanque e fica à disposição do aterro. Em seguida, é utilizado para molhar o aterro controlado, além de lavar os caminhões que trabalham na limpeza pública da cidade. A figura 15 mostra o efluente sendo tratado e após o tratamento:

Figura 15 – Mosaico do tratamento de efluente no ASMT.



A e B. Flotador fazendo o processo de separação do efluente tratado e do lodo; B. C. Efluente tratado; D. Diferença entre efluente tratado e não tratado.
Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

O lodo, por sua vez, é colocado em um tanque que o acumula e, ao atingir a sua capacidade máxima, é disposto no aterro controlado. Esse lodo, que possui matéria orgânica, poderia ser reutilizado na produção de composto orgânico (BRASIL, 2020a). Entretanto, o produto necessitaria de uma análise química para conhecer a sua qualidade e se está enquadrado dentro dos critérios e parâmetros da Resolução nº 498/2020 do CONAMA, a qual trata da utilização do lodo em solos. A figura 16 traz a fotografia do lodo após o tratamento do efluente no ASMT:

Figura 16 – Lodo no aterro de Teresina.



A. Tanque com lodo após a separação do efluente; B. canalização que leva o lodo até o tanque.

Fonte: As autoras, 2022.

Com base na análise documental da licença ambiental disponibilizado pela SEMDUH, que contém a categoria de licença de operação do ASMT por validade até o último mês de 2025, observa-se a previsão de uma regularização da célula 1 após o fim do seu funcionamento como uma das suas finalidades de recuperação ambiental, além da conclusão da célula 2.

Esse documento também solicita a apresentação trimestral de um relatório consolidado de execução do monitoramento de estabilização do aterro, da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, bem como do chorume e do bom funcionamento da ETE e das emissões de gases. Os dados mencionados estão de acordo com a data de emissão da licença ambiental, de dezembro de 2021.

4.2.1 Tipos de materiais recolhidos

O relatório de estudos de engenharia logística e afins (2021a) explica como está à disposição dos resíduos após a entrada dos caminhões, organizando-se da seguinte maneira: os mais volumosos são separados por tipos de resíduos, dispostos em sua área específica; os orgânicos são levados para outra parte do aterro; e os recicláveis são recolhidos por associações de catadores (TERESINA, 2021a).

Os resíduos que são encaminhados para o aterro são provenientes: dos domicílios (urbano e rural), os extradomiciliares, os resíduos especiais (como penas e vísceras), os da coleta seletiva, os dos produtos dos Pontos de Recolhimento de Resíduos (PRR), e também capina e transbordo (TERESINA, 2021a). Conforme o documento disponibilizado pela SEMDUH, não há separação dos resíduos orgânicos, os quais esses se encontram inseridos nos resíduos domiciliares, capina, varrição, dos resíduos especiais e nos PRRs.

4.2.2 Volume gerenciado

A respeito dos dados quantitativos, através dos documentos públicos da SEMDUH, foi possível organizar um histórico da quantidade de resíduos dos anos de 2010 a 2022. Na tabela 4, encontra-se a quantidade de resíduos dispostos no ASMT de 2010 a 2021:

Tabela 4 - Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina.

Anos	Acumulado	Média/mês
2010	435.776,20	36.314,68

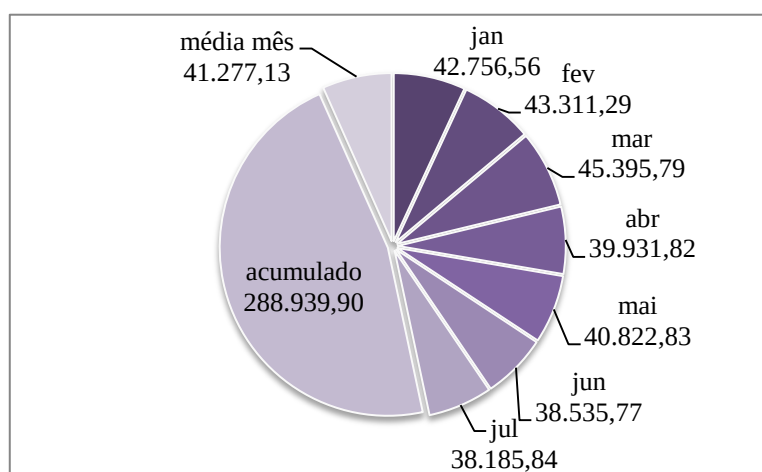
2011	475.957,26	39.663,11
2012	523.958,26	43.663,19
2013	475.782,24	39.648,52
2014	462.461,06	38.538,42
2015	445.624,47	37.135,37
2016	398.422,75	33.201,90
2017	423.615,57	35.301,30
2018	440.206,28	36.683,86
2019	454.730,96	37.894,25
2020	498.183,52	41.515,29
2021	512.799,45	42.733,29

Fonte: SEMDUH (2022).

Analizando a tabela 4, compreende-se o acumulado e a média/mês de resíduos dispostos no ASMT. Observa-se que nos anos de 2010 a 2012 houve uma crescente em relação aos resíduos enviados ao aterro. No período de 2013 a 2017 houve uma redução no quantitativo, voltando a crescer novamente em 2018 até 2021. Como não foi possível realizar entrevistas, não se descobriu o motivo do decréscimo de resíduos levados ao ASMT nos anos de 2013 a 2017. Todas as informações aqui contidas, cumpre alertar, estão em documentos que foram solicitados à SEMDUH.

Em 2022, a SEMDUH disponibilizou dados da quantidade de resíduos, tanto acumulados como a média/mês dos meses de janeiro até julho. Na Figura 17 tem-se um gráfico com os dados de 2022 sobre a quantidade de resíduos dispostos no ASMT:

Figura 17 – Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina no ano de 2022 em toneladas mês.



Fonte: SEMDUH (2022).

No ano de 2020 para o ano de 2021 (Figura 16), houve um aumento de 2,93% de resíduos enviados ao ASMT. O acumulado, até o meio do ano de 2022, foi de 288.939,90 e a média/mês de 41.277,13. Fazendo uma comparação com o ano anterior, 2021, apenas até o meio do ano, a quantidade de resíduos em 2022 já se aproxima do valor de resíduos dispostos no ASMT no ano de 2021 em sua média/mês.

Em 2022, apenas até o meio do ano, já se tem um aumento expressivo dos RSU, por isso, necessita-se reduzir a quantidade dos resíduos orgânicos no ASMT a fim de otimizar o espaço e, entende-se, diante destes fatos, que a melhor estratégia para essa situação é o processo denominado compostagem.

4.2.3 Compostagem como solução para redução de resíduos orgânicos no aterro de Teresina PI

A compostagem é uma solução para o manejo de resíduos orgânicos em que se utiliza a técnica de transformar a matéria orgânica em adubos, um composto, que através do processo físico, químico e biológico, são ricos em nutrientes e fertilizam o solo, usados em plantações, jardins, entre outros (FARIA *et al.*, 2020).

“Os resíduos de poda e capina são encaminhados a uma frente específica, para posterior aterramento ou compostagem” (TERESINA, 2021a, p. 30). Essa informação consta no relatório de engenharia logística e afins, quando se refere à compostagem no aterro. É viável comprovar o aterramento de alguns resíduos orgânicos no ASMT, como está na figura 18.

Figura 18 – Alguns resíduos orgânicos no aterro de Teresina.



Fonte: As autoras, 2022.

Não foi possível ir mais próximo ao local onde estavam soterrando podas e galhos de árvores (Figura 18), todavia, verificou-se que tratores quebravam o material orgânico e os caminhões os soterrava. Contudo, não se constatou que outros tipos de resíduos orgânicos além das podas estavam passando pelo processo de aterramento. Ainda assim, o relatório da prefeitura traz a compostagem, que não existe no local em estudo.

Na visita ao ASMT foi vista uma área onde estaria sendo reservada para a construção de uma Unidade de Compostagem, foi possível observar que o aterro possui viabilidade de se praticar a compostagem, tendo também matéria-prima e mão de obra abundante. A matéria prima são os resíduos orgânicos que são dispostos no aterro.

Sobre a compostagem como solução estratégica para os resíduos orgânicos, encontra-se no artigo 3º, inciso VII, quando se fala de disposição final ambientalmente adequado dos resíduos, e no artigo 35º, inciso V, nos princípios da responsabilidade compartilhada, quando essa precisa de articulação entre o poder público, privado e a sociedade para utilizar o composto produzido (BRASIL, 2010). A compostagem poderia integrar os catadores em uma atividade lucrativa dentro do aterro, colocando em prática o que rege a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) quando se trata da destinação final ambientalmente correta dos resíduos e a reintrodução dos catadores à responsabilidade compartilhada no ciclo de vida dos resíduos.

Em relação à mão-de-obra, os catadores lá utilizam dos resíduos para a sua subsistência. Conforme o capítulo II, dos princípios e objetivos, no art. 7º, inciso XII da PNRS, tais catadores deveriam se integrar ao princípio da responsabilidade compartilhada, ajudando na reintrodução daqueles resíduos que ainda podem ser reutilizados e reciclados a economia (BRASIL, 2010). Na figura 19, encontra-se a área reservada para compostagem no ASMT.

Figura 19 – Área para construção da Unidade de Compostagem



Fonte: As autoras, 2022.

Os administradores do aterro têm planos para instalar uma unidade de compostagem. O Relatório de Estudos Engenharia Logística e Afins conta que a intenção desse projeto de compostagem tem o propósito de reduzir a quantidade de resíduos no ASMT. Considerando um percentual mínimo de 50% de resíduos orgânicos presentes no volume total do ASMT, esse, se efetivado o processo de compostagem, viabilizaria o manejo do aterro dentro da categoria de aterro sanitário, assim como proporcionaria um maior tempo de uso da área do aterro e otimizaria o terreno utilizado.

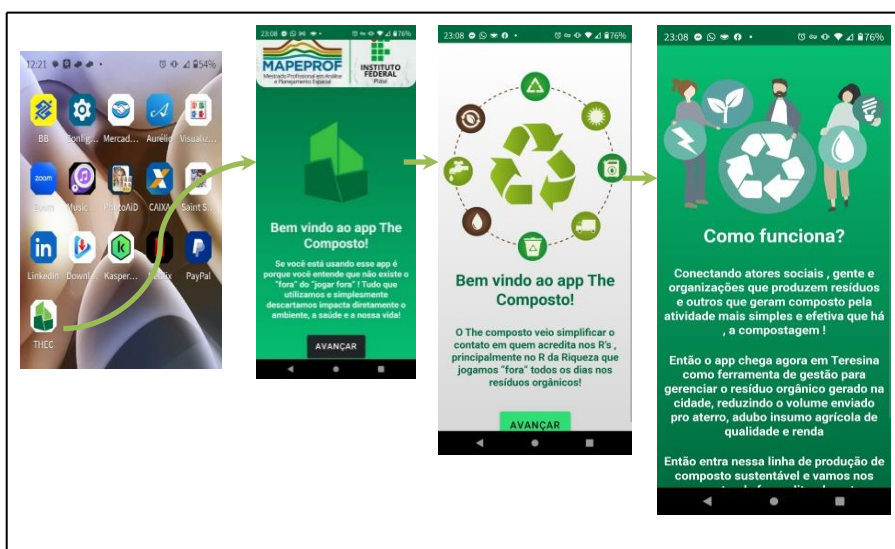
Além disso, o processo de produção de composto viabiliza a geração de adubo de elevado potencial agrônômico, geração de emprego pela mão de obra empregada e promoção de uma agricultura urbana sustentável, principalmente considerando a extensão territorial do uso de hortas na cidade, além da extensão de mais de 80% de território rural do município com uma ampla utilização das terras pelo fim agrícola (LIMA *et al.*, 2019).

4.3 Produto – aplicativo para gerenciamento eficiente de resíduos orgânicos

Como principal produto do estudo de mestrado, o Aplicativo (*app*) denominado THE Composto, contém informações sobre pontos de compostagem na cidade. Apresenta a unidade de compostagem de Teresina, entre outros locais de compostagem da capital. Esta aplicação contribuirá significativamente para o meio acadêmico e social.

O aplicativo traz informações sobre os resíduos orgânicos de Teresina e a localização dos espaços (não limitados à unidade de compostagem da prefeitura) que produzem compostagem, e ajuda na redução do descarte indevido de resíduos orgânicos. Além de ser útil no sentido de mostrar a importância do manejo correto dos resíduos, apresenta a compostagem como solução estratégica para os resíduos orgânicos, e que ele pode ser usado como fonte de renda.

É uma ferramenta que poderá trazer ligações entre grupos que produzem compostagem por meio de resíduos orgânicos (RO) e para pessoas que utilizam compostagem em plantações, horticultura, agricultura em geral. É uma ferramenta de gestão que possui informações significativas sobre os resíduos orgânicos de Teresina. Na figura 20 tem-se a página inicial e o logotipo do aplicativo.

Figura 20 – Logotipo e telas iniciais do *app*

Fonte: Os autores, 2023.

Na figura 19, pode-se ver o aplicativo já instalado no celular, com a sigla THEC de THE composto. Para instalar o The composto, é só entrar na loja de aplicativo do celular, depois de instalado, só clicar no ícone do *app*, e abrirá as páginas iniciais, que fazem uma apresentação sobre educação ambiental.

Ao clicar no avançar, aparecerá uma mensagem de bem vindos e de conscientização em relação aos resíduos orgânicos, novamente clica-se no avançar e chegará à tela que faz uma apresentação do funcionamento do *app*, e após clicar em vamos lá, a pessoa será direcionada para as telas interativas dos pontos de compostagem. É um aplicativo fácil de usar e acessível para plataformas Android e IOS.

4.3.1 Arquitetura de uso do THE composto *app*

O *app* THE Composto oferece uma estrutura simples e objetiva de integração de dados referente ao processo de produção de composto orgânico em Teresina, Piauí, com vistas a oferecer à gestão pública municipal uma ferramenta que promova uma das principais demandas a serem alcançadas no processo da compostagem, a comunicação entre agentes de interesse.

Um dos gargalos observados no processo de gerenciamento de resíduos orgânicos em centros urbanos, por meio da compostagem, decorre do baixo nível de informação sobre os produtores de composto, os produtores de resíduos de interesse para compostagem e os usuários do composto.

Assim, por meio do uso administrativo da ferramenta, o THE Composto poderá constituir um banco de dados unificado com todas essas informações de produção no centro urbano e meio rural. Por meio de filtros, serão inseridas informações de tipo de resíduo produzido, geolocalização, imagens com a produção e o detalhamento das diferentes iniciativas desses produtores de composto.

Desta forma, o *app* promoverá, além da facilitação entre os interessados no uso e produção do composto, o incentivo a uma das principais iniciativas que caracterizam o modelo de desenvolvimento sustentável com base na redução de carbono (C) e fixação deste por meio da compostagem, possibilitando a redução da demanda de áreas uteis em aterro, a produção de um composto de elevado potencial agrícola, assim como a oferta de insumos para agricultura, para o uso no manejo em recuperação de áreas degradadas, assim como uso em manutenção da arborização urbana pública e projetos urbanos privados.

Embora não seja objetivo da ferramenta, esta trouxe também a indicação da possibilidade do agente administrativo do *app* utilizá-lo para fins de cálculo de CO₂ fixado a partir do composto gerado, podendo ser utilizado como sistema de compensação tanto para os produtores e usuários de composto, quanto para os produtores de resíduos orgânicos que irão destinar o material para compostagem.

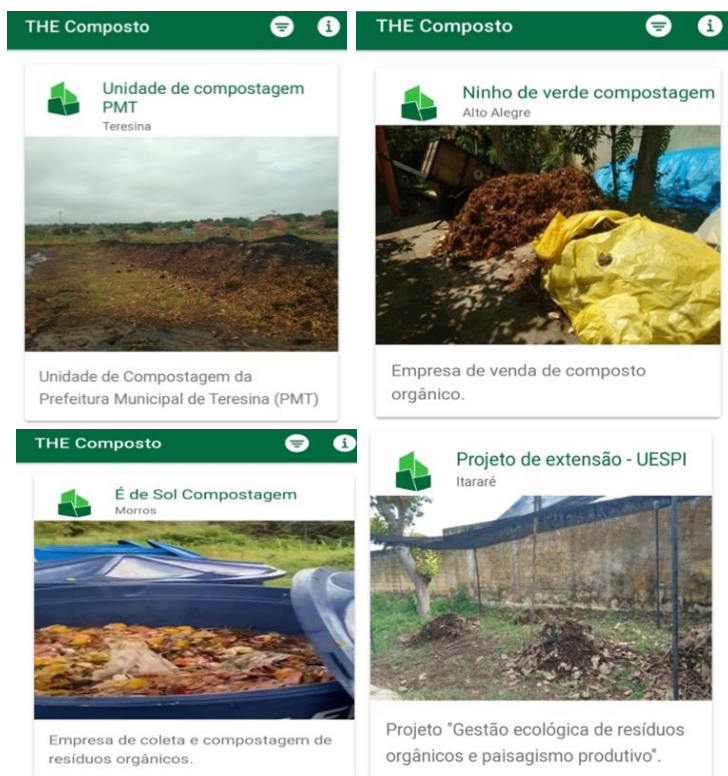
A importância do sequestro de carbono está na redução do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, que está presente entre os Gases do Efeito Estufa (GEE), e o dióxido de carbono em alta concentração ajuda a intensificar alterações climáticas vistas em todo mundo, como por exemplo, chuvas irregulares, calor excessivo, ventos fortes, entre outros. Esse sequestro de carbono acontece de forma natural, nas florestas, pelos oceanos, também acontece no solo e com a produção de composto, essa fixação também ocorrerá (JUNQUEIRA; MEDEIROS; COHIM, 2022).

4.3.2 Funções

Dentre as principais funcionalidades do aplicativo THE Composto está na apresentação do processo de compostagem que ocorre em Teresina por iniciativas diversas, desde empresas privadas, postos públicos, projetos técnicos e demais atores que atuam nessa produção de composto. O exemplo de protótipo e demonstração, a aplicação, que pode ser utilizada como ferramenta de gestão, disponibiliza aqui informações sobre duas empresas que produzem compostagem a partir de resíduos orgânicos, bem como sobre os tipos de resíduos recolhidos pela unidade pública de compostagem. Há também informações sobre o pátio de

compostagem existente da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Teresina Clóvis Moura. A Figura 21 traz telas interativas com os quatros locais pesquisados.

Figura 21 – Telas dos pontos de compostagem no app



Fonte: Os autores, 2023.

Nas telas apresentadas na figura 20, ao clicar sobre elas, abrem-se as informações de cada ponto, por exemplo, a descrição de cada local, o preparo dos compostos, as matérias-primas utilizadas por cada um deles, os contatos e a localização.

Todos os pontos de compostagem de resíduos orgânicos presentes no *app* têm características diferentes em termos de recepção de resíduos e entrega de composto. O *app* permite que os usuários vejam facilmente informações importantes sobre o processo de compostagem, com destaque para a localização espacial da unidade, o que facilita logisticamente a quem pretende contactar a unidade de produção de composto. Além disso, o *app* THE Composto trará informações sobre contatos e formas de acessar esses pontos, permitindo saber, através dos contatos de cada empresa, como são recolhidos os resíduos nestes locais, como recebem os resíduos que os usuários pretendem descartar, e o composto que as pessoas querem comprar/buscar.

É um aplicativo cuja principal função é poder conectar a sociedade com os pontos de recebimento de resíduos orgânicos, bem como comprar/receber composto orgânico. Em

detrimento disso, entender os perigos do descarte incorreto de resíduos, pois há informações sobre o que pode ser compostado e dicas sobre os resíduos que não podem ser utilizados no processo de compostagem e necessitam de disposição final adequada.

4.3.3 Dados de entrada

No aplicativo, inicialmente foram coletados dados apenas de quatro grupos como exemplo a ser seguido pela gestão pública municipal de Teresina, de como usar o *app* para mais áreas de compostagem da capital. As informações coletadas e utilizadas para a disponibilização do aplicativo incluem: endereço de cada ponto, número de telefone, links de redes sociais fornecidos no aplicativo e um mapa com a localização de cada local, como se vê na figura 22.

Figura 22 – Mosaico de fotos com as informações sobre os pontos de compostagem no app



A e B. Endereços dos pontos; C e D. Mapas de Localização dos pontos.

Fonte: Os autores, 2023.

4.3.4 Aplicação – Exemplos de entradas de dados

O *app* foi desenvolvido como um elo entre quem produz resíduos orgânicos, quem produz composto por compostagem e quem precisa de insumos agrícolas/hortícolas. Durante a pandemia do coronavírus, a tecnologia está aparecendo cada vez mais na vida das pessoas, o que tem levado a um aumento no número de adeptos dos serviços oferecidos pelos aplicativos. A Figura 23 mostra uma tecnologia que facilita a vida do usuário, o filtro de busca.

Figura 23 – Filtro de pesquisa do app



Fonte: Os autores, 2023.

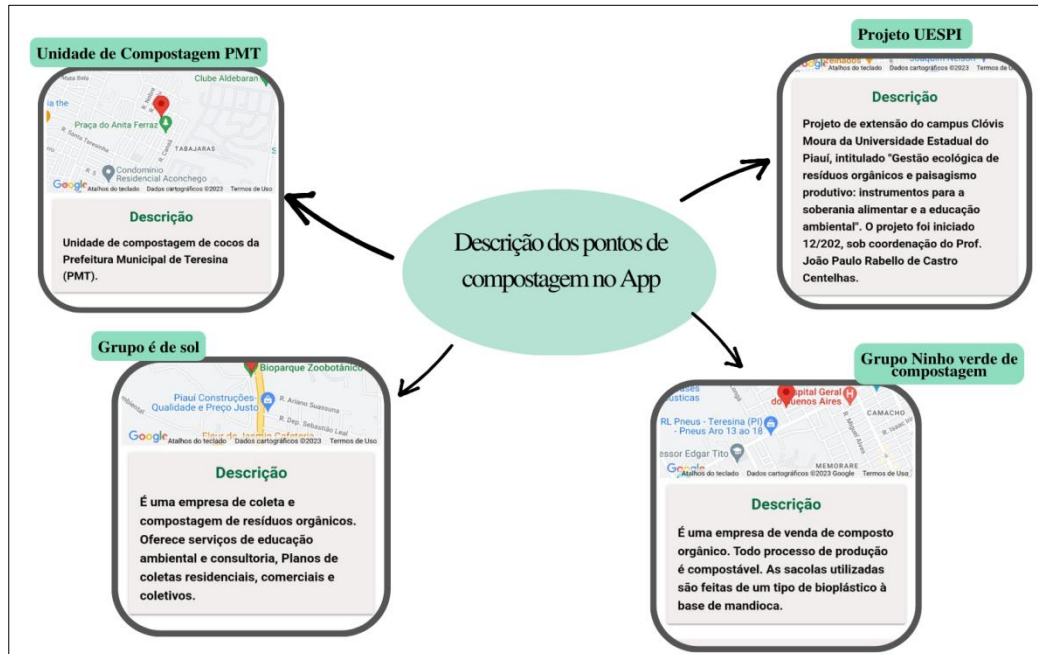
Este item, marcado com uma seta laranja, ajuda os usuários a saberem que tipo de resíduo cada grupo utiliza para fazer a compostagem. Basta clicar na seta azul localizada à direita do retângulo e aparecerão várias opções de resíduos orgânicos comumente utilizados na compostagem. Ao selecionar um resíduo, o aplicativo indicará imediatamente qual dos quatro pontos produz composto a partir desses resíduos. Muito útil para empresas e restaurantes que, por outro lado, pretendam contratar planos para a sua eliminação de resíduos e/ou recolha de compostagem.

Mais da metade desses resíduos que alimentam o filtro podem ser encontrados e/ou recebidos nas áreas de compostagem do aplicativo. A unidade de compostagem de Teresina produz composto orgânico a partir de resíduos (podas e casca de coco verde), que a prefeitura e a concessionária de energia entregam no pátio da unidade. O projeto de extensão utiliza material compostável da UESPI: folhas, galhos, frutas descartadas, bagaço de cana, capim, casca de coco verde.

O Ninho verde de compostagem, empresa que produz composto, utiliza composteiras, através da compostagem estática que geram a partir desta atividade: composto, adubos líquidos e artesanato com resíduos orgânicos. O grupo É de sol utiliza resíduos que são coletados quando um local escolhe um plano (podem ser residências, restaurantes, entre outros) e recebe compostagem pronta com entrega dos resíduos, ambos produzem

compostagem através de resíduos orgânicos de restaurantes, residências e outros. A Figura 24 mostra as descrições dos locais de estudo.

Figura 24 – Descrição dos pontos de compostagem no *app*



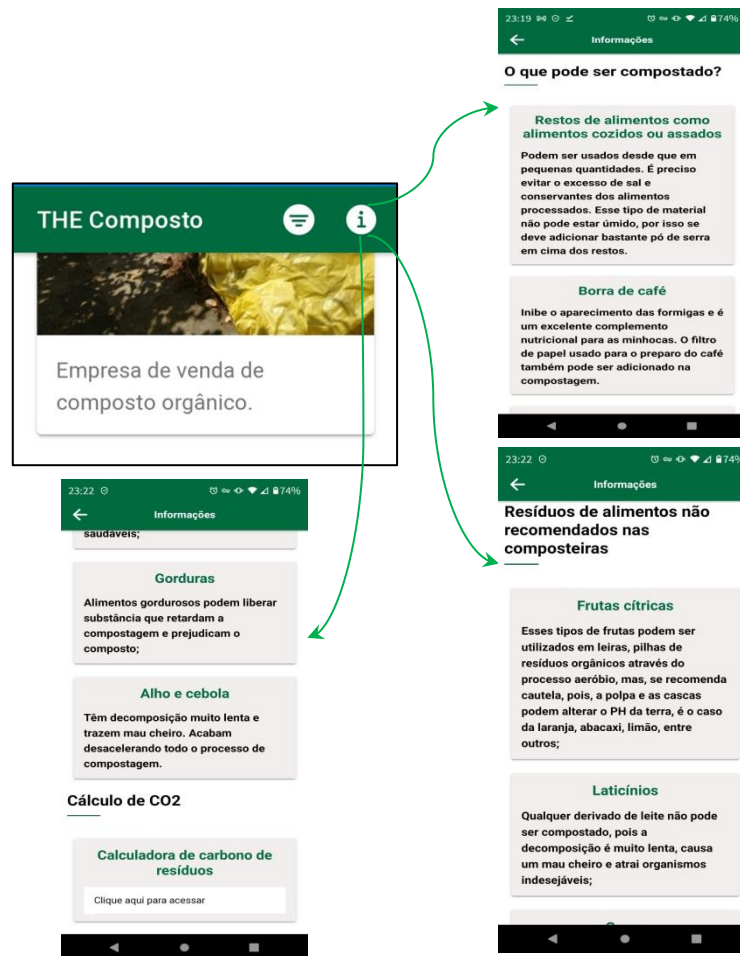
Fonte: Os autores, 2023.

Essas imagens mostram como as informações de cada grupo estão organizadas, todas com a mesma estrutura, com suas diferenças de produção, matéria orgânica, localizações e tipos de resíduos que utilizam para fazer compostagem, bem como a forma como cada grupo produz composto, como leiras, outras em pilhas e outras, compostagem estática em composteira.

Essas informações estão resumidas na tela de descrição de cada item. Fornecer essas referências é importante porque o cidadão, caso deseje saber mais sobre o espaço, que pode ser acessado clicando nos itens disponíveis em cada tela de se abre.

Outro dado a se destacar é o ícone localizado no canto superior direito do *app*, representado com a letra *i* (Figura 25), que contém informações sobre o que pode ser compostado e o que não é recomendado, pois alguns resíduos em sua composição podem danificar o composto, levando-o à má qualidade, causando problemas na agricultura e até no solo. Ressalta-se que quando se fala de não é recomendado, isso não significa que todos os resíduos não possam ser utilizados, mas apenas para chamar a atenção para os cuidados que esses precisam.

Figura 25 – Informações sobre o que pode ou não ser compostado.



Fonte: Os autores, 2023.

Outra forma de pensar a educação ambiental que o aplicativo propõe é a utilização de um ícone que calcula o CO₂, ou seja, ao clicar em acessar, no retângulo abaixo da calculadora de carbono resíduo, é uma ferramenta que calcula automaticamente a quantidade de CO₂ que uma pessoa sequestrou produzindo certa quantidade de um composto.

No momento, esta calculadora não está inserida após clicar no ícone, pois é uma ação de sugestão futura para a administração do *app*, não sendo objetivo do *app* nessa entrega. Assim, quando o usuário acessa ele é redirecionado para o download das instruções para saber como calcular emissões de gases de efeito estufa através dos resíduos. Aqui é possível conhecer e aprender os cálculos de CO₂ para cada tipo de resíduo, inclusive composto orgânico. Essa ideia surgiu no sentido de a Prefeitura Municipal de Teresina, como gestora desse aplicativo, disponibilizar essa calculadora e ter como informação a quantidade de sequestro de carbono realizado pelos cidadãos teresinenses.

5 COMENTÁRIOS FINAIS

Considerando o que foi apresentado no relatório final desta pesquisa, foi possível atingir seu objetivo geral, no qual a compostagem é uma atividade viável tanto social quanto ambiental, visto que pode ser alcançada com o auxílio do conhecimento sobre a conversão de matéria orgânica em compostagem pela população e reduzindo assim o envio desses resíduos para aterros e locais inapropriados, além de promover um uso mais eficiente do aterro, a geração de um produto de excelente qualidade agrícola e proporcionar a geração de emprego e renda pela oportunidade da logística da produção de composto.

No aterro, foi possível verificar a concentração de resíduos orgânicos e o local onde pode ser construída uma unidade de compostagem. Verificou-se que o aterro sanitário tem viabilidade para construir uma unidade de compostagem em suas dependências. Atualmente, o município de Teresina não possui um serviço especial para resíduos orgânicos, no qual promoveria a otimização da área de seu aterro, com um tempo de uso muito superior ao que se encaminha atualmente, considerando o grande volume de resíduos a ser minimizado, logo a possibilidade de otimização da área de manejo do aterro.

Sobre a unidade de compostagem, essa não atende a exigência da PNRS de reduzir a quantidade de resíduos orgânicos enviados para aterro, aceitando apenas dois tipos de resíduos, casca de coco verde e poda, esclarecendo que nem todas as podas realizadas em Teresina e muito menos todas as cascas de coco verde produzidas na cidade são encaminhadas para a unidade. A análise química do composto mostra que ele é de boa qualidade, pois a matéria orgânica está presente nas duas amostras enviadas ao laboratório, gerando um composto de qualidade bioenergética para o solo, para plantas e insumos que poderão ser utilizados na agricultura local.

Não há muitas informações sobre a UNCOM no site e/ou na mídia, por isso é difícil para os moradores de Teresina serem informados sobre a existência de uma unidade de compostagem na cidade. A cidade possui uma unidade pública de compostagem com composto que auxilia na nutrição do solo e das plantas. Isso pode ser usado por pessoas que têm jardins, canteiros, e também hortas comunitárias na cidade. A UNCOM possui um espaço que facilita o aumento da produção, um galpão instalado para uso de máquinas. Propõe-se aumentar a força de trabalho para atender a demanda que, através de divulgação sobre a existência da UNCOM, venha a ser crescente.

A pesquisa neste sentido trouxe como produto um aplicativo que propicia conhecimento sobre pontos de compostagem da capital e pode ser utilizado por toda a

população. É uma ferramenta importante para reduzir o descarte dos resíduos orgânicos e também para promover a educação ambiental na cidade. O aplicativo pode ser utilizado por todas as pessoas, por possuir uma linguagem e mecanismos fáceis de usar, e é simples de obter, pois estará hospedado nas plataformas de instalação para celulares Android e iOS, ou seja, para todas as plataformas mais utilizadas por cidadãos.

A THE Composto traz o entendimento da compostagem como solução estratégica para resíduos orgânicos como geração de renda para quem quer investir em compostagem e insumos agrícolas. O aplicativo também oferece uma proposta de usar o cálculo de carbono para descobrir quanto carbono foi sequestrado na produção de compostagem por grupos de compostagem e/ou pessoas que atualmente promovem a atividade, uma forma de ver o quanto essa estratégia para os resíduos orgânicos também contribui com a redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente o CO₂.

Conclui-se que atualmente existe um uso ineficiente dos resíduos orgânicos em Teresina, pois a cidade tem investido pouco em compostagem e não há atividade no aterro sanitário municipal em relação aos resíduos orgânicos que ali chegam, o que tem proporcionado atualmente uma baixa capacidade de gerenciamento sustentável desses resíduos.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 18 jan. 2023.
- ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2020. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 18 maio. 2021.
- ALMEIDA, W. P. D. *et al.* Desenvolvimento de um aplicativo de food service para pizzarias do município de Princesa Isabel – PB. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, e22712340697, 2023.
- ALMEIDA, S. V. G. *et al.* Percepção socioambiental de resíduos sólidos domésticos em comunidades do Sertão Paraibano. **HOLOS**, v. 7, 2022.
- ALMEIDA, N. C. *et al.* Educação ambiental: a conscientização sobre o destino de resíduos sólidos, o desperdício de água e o de alimentos no município de Cametá/PA. **Revista brasileira Estudos pedagógicos (RBEP)**, Brasília, v. 100, n. 255, p. 481-500, maio/ago. 2019.
- ANDRADE, M. R. D. Compostagem Método UFSC – Leira Estática, Aeração Passiva. **Blog Instituto Fernando Bonillo**. Minas Gerais, 18 maio 2021. Disponível em: <http://ifbonillo.org.br/compostagem-metodo-ufsc/>. Acesso: 24 mar. 2023.
- ANTUNES, L. F. D. S. *et al.* Eficiência do gongocomposto na produção de mudas de brócolis. Cadernos de Agroecologia. ISSN 2236-7934. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe, v. 15, nº 2, 2020.
- AQUINO, A. E. B. D. **Contribuição à cartografia geotécnica no município de Teresina-PI**: cartas de suscetibilidade à ocorrência de solos problemáticos e prática de fundação com uso de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15849:2010**. Resíduos Sólidos Urbanos – Aterro Sanitário de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13591**: Compostagem. Rio de Janeiro, 1996.
- BARROS, G. F. de M. Análise econômica da adesão do Brasil à CISG : Economic analysis of the Brazilian ratification of the CISG . **Revista Brasileira de Pesquisas Jurídicas (Brazilian Journal of Law Research)**, Avaré: Eduvale, v. 2, n. 1, p. 117-141, 2021.
- BRASIL (2022a). Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico anual de Resíduos Sólidos Urbanos, 2022**. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos#:~:text=Diagn%C3%B3stico%20Anual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos#:~:text=Diagn%C3%B3stico%20Anual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos>

[lidos%202021%20\(ano%20de%20refer%C3%Aancia%202020\)&text=O%20SNIS%20coleta%20dados%20dos,panorama%20geral%20para%20o%20pa%C3%ADs](#) Acesso: 14 jan. 2023.

BRASIL (2022b). Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Brasília, DF: MMA, 2022.

BRASIL (2021a). Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (2021)**. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf Acesso: 14 jan. 2023.

BRASIL (2021b). Ministério do Desenvolvimento Regional - (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil (2021)** / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. – Brasília/ DF, 2021. Disponível em <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/panorama-do-saneamento-basico-do-brasil>. Acesso em: 28 abr. 2022.

BRASIL (2020a). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 498, de 19/08/2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biofóssido em solos, e dá outras providências. Disponível em: http://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2020/09/cir0991-anexo-res-498_conama_biossolido-nem-solos.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

BRASIL (2020b). **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 16 fev. 2023.

BRASIL (2020c). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação [recurso eletrônico]**. Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio/SC. -- Brasília, DF: MMA, 2018.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/L12305.htm Acesso em: 16 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa sda nº 25, de 23 de julho de 2009**. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf/view>. Acesso em: 30 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.938, DE 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 16 mai. 2021.

BRITO, J. P. B. D.; KNOX, W. Gestão de resíduos orgânicos: compostagem e horta no CCHLA / UFRN (2018- 2019). Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

CABRAL, M. M. S. *et al.* Composição da fibra da casca de coco verde *in natura* e após pré-tratamentos químicos. **ENGEVISTA**, V. 19, n.1, p. 99-108, Janeiro 2017.

CAPRARA, P. T. **Utilização da compostagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil:** avaliação dos problemas ocorridos no passado e considerações para projetos futuros. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Recife, 2016.

CARVALHO, R. D. C. P. S. **Análise geo-ambiental em área de disposição de resíduos sólidos:** um estudo do aterro controlado de Teresina, (PI). 165 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2015.

CHAVES, V. T; CONTRERA, R. C. Compostagem descentralizada – uma tecnologia apropriada para a implementação efetiva da política nacional de resíduos sólidos. *In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS*, 8., 2017, Rebouças, Curitiba/PR, Brasil. **Anais...** Curitiba: UTFPR, 2017.

CESÁRIO, J. M. D. S. *et al.* Metodologia científica: Principais tipos de pesquisas e suas características. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, a. 5, ed. 11, v. 5, p. 23-33. Novembro de 2020.

CHOQUE, J. T. P. El rol de la afectividad en la Educación Ambiental. **Revista de Investigacion Psicologica**. [online]. n. 25, p.101-112, 2021.

CORTEZ, S. C. **O uso de biodigestores no contexto da Economia Circular:** uma análise de barreiras e facilitadores. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Engenharia, Bauru, 2022.

CRUZ, P. L. M. *et al.* Educação ambiental e conscientização sobre coleta seletiva em escolas públicas da cidade de Picos-PI. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 79896-79909, ago. 2021.

DAI-PRÁ, L. B. *et al.* Avaliação de ciclo de vida (ACV) aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros: uma revisão. **Revista brasileira de Planejamento Desenvolvimento**, Curitiba, v. 7, n. 3, Edição Especial Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, p. 353-364, ago. 2018.

FARIA, J. C. T. *et al.* **A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá.** *Nativa, Sinop*, v. 8, n. 2, p. 224-230, mar./abr. 2020.

FERREIRA, R. P. D. S. *et al.* Grupo de Resíduos Sólidos: Camadas de cobertura de aterros sanitários. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, e379111133742, 2022.

GRAZZIONTIN, L. S; KLAUS, V; PEREIRA, A. P. M. Pesquisa documental histórica e pesquisa bibliográfica: focos de estudo e percursos metodológicos. **Pro-Posições**, Campinas-SP, v. 33, e20200141, 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2022. Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022.** 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados> Acesso: 17 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA). **Pedologia, 2023.** 2023d. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia> Acesso: 12 jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados de Informações Ambientais (Bdia). **Geomorfologia, 2023.** 2023b. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia> Acesso: 11 jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA). **Geologia, 2023.** 2023a. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia> Acesso: 11 jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca. **Aglomerados Subnormais, 2019.** Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101717_notas_tecnicas.pdf Acesso: 12 jan. 2023.

JUNQUEIRA, H. S. MEDEIROS, D. L. COHIM, E. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Feira de Santana: demanda energética e pegada de carbono. **Eng Sanit Ambient**, v. 27, n. 1, p. 125-139, jan./fev. 2022.

KIFUMBI, C. **Estratigrafia de alta resolução de sistemas eólicos durante períodos de icehouse, formação Piauí, bacia do Parnaíba.** 213 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2021.

LACERDA, K. A. P. *et al.* Compostagem: alternativa de aproveitamento dos resíduos sólidos utilizando diferentes modelos de composteiras. In: XVI SEMANA DE LICENCIATURA, 16.; VII SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, 7. Jataí-GO, 2019. **Anais...** Goiânia: IFGO, 2019.

LIMA, A. D. S; PONTES, A. N. Solid Waste Belém: Aplicativo para educação ambiental na coleta de resíduos sólidos em condomínios residenciais. **Informática na Educação: teoria & prática**, v. 25, n. 1, 2022.

LIMA, J. F. D. *et al.* Compostagem orgânica e a Feira da Agricultura Familiar de Serraria-Paraíba. **Caderno Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável**, n. 9, v. 7, p. 6913, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.18378/cvads.v9i7.6913>. Acesso em: 25 mar. 2023.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: O relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 375-397, 2016. Edição Especial, 2.

LISTA DE TUDO QUE POSSO COMPOSTAR! **Blog Ciclo orgânico**. Rio de Janeiro, 17 de novembro de 2022. Disponível em: <https://ajuda.cicloorganico.com.br/article/36-lista-de-tudo-que-posso-compostar>. Acesso: 25 mar. 2023.

MELO FILHO, J. M. M. D. Dinâmica socioespacial y nuevas configuraciones territoriales: la dinámica urbana de la ride - grande Teresina. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 395-405, 2020.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**. 9. ed. 1. reimp. São Paulo: Contexto, 2020.

MIKKONEN, T. **Programming mobile devices: an introduction for practitioners**. West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2007.

MONTEIRO, M. J. **Sistema Logístico Reverso para Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos, sob o pensamento sistêmico**. 230 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 2017. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

MORAIS, C. A. S; FIORE, F. A. ESPOSITO, E. Influência do uso de inóculo aclimatado em processo de compostagem. **Eng Sanit Ambient**, v. 27, n.3, maio/jun. 2022.

NASCIMENTO, C. M. T. D; CRUZ, M. L. B. D. Resíduos sólidos: presença e ameaça no espaço geográfico. **GeoTextos**, vol. 13, n. 2, p. 183-206, dezembro 2017.

NEVES, F. D. O.; MURATORI, A. M. A geografia do lixo: dos espaços de relegação aos de proximidade. **Revista Geografar**, n. esp., p. 37-38, 2009. (Resumos do VII Seminário Interno do Programa de Pós-graduação em Geografia / UFPR).

NUNES, M. U. C. COMPOSTAGEM. **Book sections**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1106582/compostagem>. Acesso: 10 mar. 2023.

OLIVEIRA, L. D. **Percepção do meio ambiente e geografia: estudos humanistas do espaço da paisagem e do lugar**. São Paulo: Cultura acadêmica, 2017.

RESSETTI, R. R., CAMPOS, S. X. Aceleração do Processo de Compostagem: Uma revisão. **Caderno de Ciências Agrárias**, n. 12, p. 1-12, 2020.

ROCHA, M. C. V. **Microbiologia Ambiental**. 1 ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2020.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2.ed. Campinas: Embrapa Territorial, 2020.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006

SALVIANO, D. A. **Plano de ação a ser implantado no aterro controlado, visando minimizar possíveis impactos em corpos de água superficiais na região central do estado de Minas Gerais**. 145 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP. Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto – SP. 2021.

SANTOS, M. J. M. **Aproveitamento do líquido da casca do coco verde (LCCV) na produção de mudas de tomateiro**. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, 2019.

SILVA, T. A. C. D. *et al.* Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.13, n. 2, p. 630-640, 2020.

SIMÃO, N. M; NEBRA, S. A; SANTANA, P. H. DE M. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1007-1020, 2021.

SIQUEIRA, T. M. O. D; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVIII, n. 4, p. 243-264, out.-dez. 2015.

SOUZA, K. F. D. *et al.* Geração de composto orgânico por processo de compostagem e avaliação dos parâmetros físico-químicos. In: CONGRESSO SUL- AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 4. Gramado-RS, 2021. **Anais...** Gramado: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS), 2021.

SOUZA, M. A. D; LIMA, F. D. P. A; VARELLA, C. V. S. A conformação social do lixo e das tecnologias de triagem: o caso da transferência de Centrais Mecanizadas de Triagem em São Paulo. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, n. 13, e20200073, 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS (CEPRO). **Boletim analítico 2º trimestre**. Conjuntura econômica do Piauí, 2022. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/> Acesso: 12 fev. 2023.

SUPPTITZ, L. A compostagem como estratégia de sustentabilidade: relato de experiência sobre o projeto lixo orgânico zero. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 11. **Anais...**, v. 11, n. 11, 2020.

TERESINA, 2021a. Estruturação do sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI. **Estudo de Engenharia, Logística e Afins**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2021/05/Relatorio-de-Estudos-Engenharia-Logistica-e-Afins.pdf> Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2018. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Perfil dos Bairros**. Disponível em: <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/PEDRA-MOLE-2018.pdf> Acesso em: 12 jun. 2021.

TERESINA, 2015a. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Lei nº 4.831, de 26 de outubro de 2015**. Dispõe sobre a delimitação do perímetro da zona urbana de Teresina e dá outras providências. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2016/02/Lei-n%C2%BA-4.831-de-26.10.2015-Delimita%C3%A7%C3%A3o-do-Per%C3%ADmetro-da-Zona-urbana-de-Teresina1.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.

TERESINA, 2015. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Mapas de Teresina, 2015**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-interativos/> Acesso em: 10 abr. 2022.

TERESINA, 2013. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Mapas de Teresina, 2013**. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1oDUOT92kbHTb1gKor9vHOpjAZgK_O_lK Acesso em: 6 abr. 2021.

APÊNDICES

APÊNCIDE A

PRODUÇÃO E QUALIDADE DO COMPOSTO ORGÂNICO DA USINA DE PRODUÇÃO DE TERESINA, PI.

Jacqueline Ribeiro Alcântara
Mestranda em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
Bacharel em Geografia – Faculdade Estácio
Licenciada em Geografia- UESPI
E-mail: ribeirojac@outlook.com

Bruna de Freitas Iwata
Doutora em ciências do solo – UFC
Professora do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
E-mail: iwata@ifpi.edu.br

RESUMO: O presente artigo discorre sobre informações da produção e qualidade do composto orgânico na Unidade de Compostagem de Teresina Piauí, que está sob a administração da Superintendência de ações administrativas descentralizadas (SAAD) rural da Prefeitura de Teresina – PI. O artigo contribuirá com informações sobre a compostagem, medida estratégica para a deposição final dos resíduos orgânicos. A metodologia da pesquisa se deu através da visita in loco, onde possível através de uma visita a Unidade de Compostagem, fazer uma observação do seu funcionamento e gerenciamento. O objetivo deste trabalho foi saber quais resíduos orgânicos são utilizados na produção do composto na unidade, com o objetivo de conhecer a produção de composto orgânico e o seu potencial bioenergético para agricultura local e a sua contribuição na redução de resíduos descartados na cidade. A unidade de compostagem de Teresina localiza-se na região administrativa Superintendência de ações administrativas descentralizadas (SAAD) leste, no Parque Anita Ferraz, bairro Pedra Mole. Os resíduos utilizados na produção do composto são: casca do coco verde, entregue por duas empresas que comercializam água de coco e as podas realizadas pela concessionária de energia. Foi possível através da análise em laboratório saber que as duas amostras enviadas possuem boa qualidade, ótima para o uso do composto na agricultura e em solos degradados.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduos Orgânicos. Unidade de Compostagem.

ABSTRACT: This article discusses information on the production and quality of organic compost in the Composting Unit of Teresina Piauí, which is under the administration of the Superintendence of Rural Decentralized Administrative Actions (SAAD) of the Municipality of Teresina - PI. The article will contribute with information about composting, a strategic measure for the final disposal of organic waste. The research methodology was carried out through an on-site visit, where possible through a visit to the Composting Unit, to observe its operation and management. The objective of this work was to know which organic residues are used in the production of the compost in the unit, with the objective of knowing the production of organic compost and its bioenergetic potential for local agriculture and its contribution in the reduction of discarded residues in the city. The Teresina composting unit is located in the eastern administrative region of the Superintendence of Decentralized Administrative Actions (SAAD), in Parque Anita Ferraz, in the Pedra Mole neighborhood.

The residues used in the production of the compost are: green coconut shell, between two companies that sell coconut water and the pruning carried out by the energy concessionaire. It was possible through laboratory analysis to know that the two samples sent have good quality, great for the use of the compound in agriculture and in degraded soils.

keywords: Composting. Organic Waste. Composting Unit

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre os resíduos orgânicos vêm ganhando impulso devido à grande quantidade de matéria orgânica descartada no mundo. Uma medida estratégica para solucionar os problemas dos resíduos orgânicos é a compostagem que utiliza a matéria orgânica e o seu processo de transformação efetuada por microrganismos que produzem uma biomassa rica em nutrientes para o solo (SILVA; ROCHA, SILVA, 2018).

Na conferência final Res2valHum – Valorização de Resíduos Orgânicos, do Projeto europeu de cooperação transfronteiriça Galiza-norte de Portugal do Programa Interreg V-A Res2ValHUM, traz propostas inovadoras para os resíduos orgânicos, utilizando a compostagem (Res2ValHUM, 2017).

Na conferência foram apresentados projetos que deram certo para uma destinação final correta dos resíduos orgânicos, produzidos por instituições acadêmicas, empresas, e consórcios. Esses trabalham em conjunto para promover uma economia circular, isso, voltada para o uso da compostagem como estratégia para a redução de resíduos que são dispostos em aterro (INTERREG, 2017).

Dentro das estratégias da conferência da INTERREG (2017), está o uso dos projetos de transformação da matéria orgânica produzida no local em composto, utilizado especialmente por produtores da região, pois, o norte de Portugal e na Galiza, são regiões com potencial agrícola. A partir do uso dos resíduos orgânicos, transformar em substratos para a recuperação do solo através de substâncias húmicas.

Um dos objetivos é a redução dos resíduos orgânicos maléficos ao meio quando descartados erroneamente e ensinar aos agricultores como reutilizar seus próprios resíduos através da transformação em fertilizantes orgânicos ricos em nutrientes para o solo. O projeto não se restringe apenas na utilização dos resíduos orgânicos para a produção de composto, mas também, através das parcerias entre as instituições, criar produtos voltados para a produção de cosméticos e nutracêuticos (suplementos nutricionais), dentre outros (INTERREG, 2017).

No Conselho Europeu, que está às metas do pacto ecológico Europeu de 2019, disponibilizam infográficos com o título Perdas e desperdícios alimentares: prevenir, reutilizar, reciclar. Utilizam valores de desperdícios ocorridos na União Europeia (UE), onde esses e seus estados-membros através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas têm como propósito reduzir pela metade as perdas alimentares e o desperdício de alimentos global *per capita* até 2030 (UNIÃO EUROPEIA, 2021).

Na UE, os desperdícios de alimentos chegam a 87,6 milhões de t/a. A partir desses dados, esse afincou a UE para atingir até 2030 essa redução e dará através de políticas e a utilização do novo Plano de Ação para a Economia Circular, entre outros documentos voltados para a temática publicados em 2020, como Estratégia do Prado ao Prato e estratégia de Biodiversidade (UNIÃO EUROPEIA, 2021).

A EU criou o Pacto Ecológico Europeu que visa para o continente a redução das emissões de gases na atmosfera. O bem estar de toda a população com a utilização de energias limpas, transportes sustentáveis, produtos duráveis, alimentos saudáveis e água potável e a redução dos resíduos através da reciclagem e reutilização, bem como a compostagem para os resíduos orgânicos (COMISSÃO EUROPEIA, 2021).

De acordo com a notícia da rede europeia de composto, o processo de compostagem é de fundamental importância para a redução dos resíduos orgânicos, para o desperdício alimentar e para chegar a efetivar o Pacto Ecológico Europeu, onde se utilizará a energia verde e reduzir e proporcionar ao meio ambiente a redução da interferência humana e colaborar para o sequestro de carbono (ECN, 2022).

Na América Latina e Caribe, a quantidade de resíduos produzidos encontra-se na *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe* da Organização das Nações Unidas do ano de 2018. No texto, faz um apanhado sobre os resíduos sólidos urbanos nessa região e os projetos desenvolvidos para que esses possam ter a sua destinação final correta, ao mesmo tempo em que mostra dados da quantidade de resíduos sólidos produzidos nesses países.

É um guia com contribuições de governos e especialistas da América Latina e Caribe que tem o intuito de promover políticas e programas em prol do desenvolvimento sustentável, seguindo o que tange o compromisso estabelecido na agenda 2030 e o objetivo do desenvolvimento sustentável (ONU, 2018).

O guia traz informações sobre a compostagem utilizada na América Latina e Caribe, um exemplo é a desenvolvida na cidade do México, que construiu sete pequenas usinas de compostagem e uma com grande capacidade de transformação dos resíduos orgânicos em

composto, segundo o documento, as pequenas usinas recebem 870 t/dia de matéria orgânica e a maior recebe cerca de 98% da total, equivalente a 850 t/dia (ONU,2018).

Sobre o Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), são descartados 170 kg de matéria orgânica por pessoa a cada ano no Brasil (ABRELPE, 2020, p. 38). Algumas das sugestões estratégicas para a destinação final correta dos resíduos sólidos é a reciclagem, reutilização, a recuperação e o aproveitamento energético, dentre outros, e para os resíduos orgânicos (RO) a compostagem (PNRS, 2010).

Brasil é um país agrário e possui uma alta quantidade de matéria orgânica desperdiçada, a produção de composto orgânico se torna significativo para a resolução da problemática da disposição inadequada e a promoção de insumos para agricultura. De acordo com a ONU, o Brasil teve sucesso na instalação de algumas usinas de compostagem, sejam elas, do governo, privada ou público-privada, mesmo havendo alguns problemas como falta de conhecimento técnico, atrasos na implantação, entre outros (ONU, 2018).

De acordo com o Panorama do Saneamento Básico no Brasil de 2021, 74 unidades de tratamento de resíduos orgânicos através do método de compostagem operaram no Brasil no ano de 2020. Tratou-se de 303.458 toneladas de RO, que equivale a 0,5% da massa de resíduos coletados no País (SNIS, 2021).

Com essa discussão veio o questionamento sobre o funcionamento da Unidade de Compostagem (UC) de Teresina Piauí, saber quais resíduos orgânicos são utilizados na produção do composto na unidade, com o objetivo de conhecer a produção de composto orgânico e o seu potencial bioenergético para agricultura local e a sua contribuição na redução de resíduos descartados na cidade.

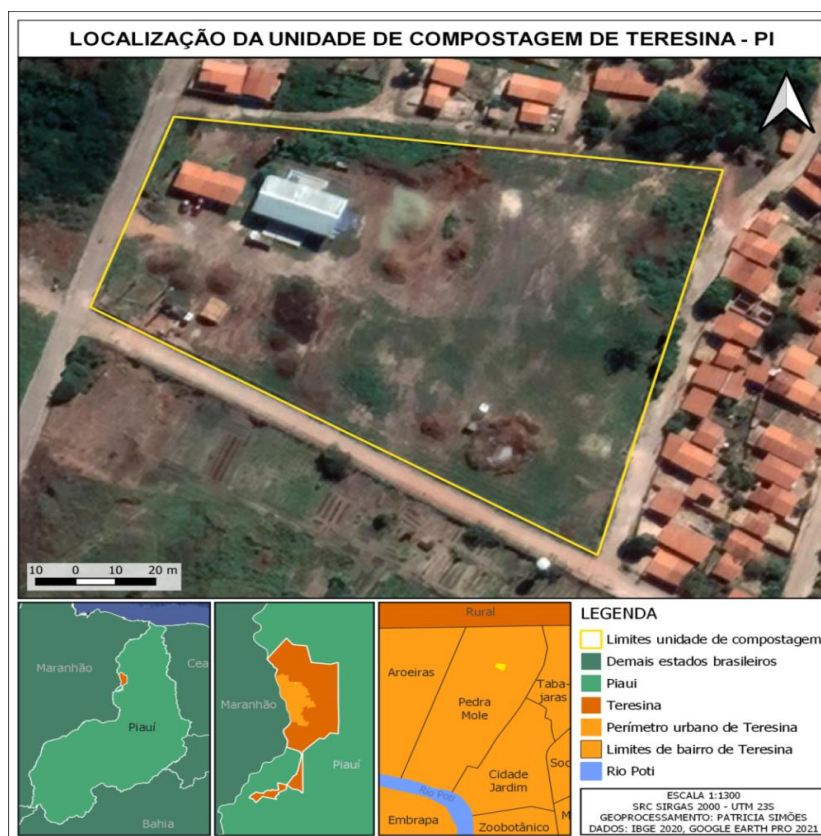
2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na unidade municipal de compostagem, em que está localizada na cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, localizada na região nordeste do Brasil e faz parte da mesorregião Centro-Norte piauiense (TERESINA, 2017) e possui uma área de 1.391,293km² (IBGE, 2020). A unidade de compostagem de Teresina localiza-se na região administrativa Superintendência de ações administrativas descentralizadas (SAAD) Leste, no Parque Anita Ferraz que faz parte do aglomerado subnormais do bairro Pedra Mole (TERESINA, 2018).

A unidade é mantida pela Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) rural, e processa coco verde e podas feitas na capital. A figura 1 mostra a localização da Unidade de Compostagem da região administrativa SAAD leste de Teresina.

Figura 1 - Localização da Unidade de Compostagem de Teresina PI.



Fonte: IBGE, 2020. Google Earth Pro, 2021.

A Unidade de compostagem encontra-se ao lado da horta comunitária do Parque Anita Ferraz, onde nessa horta, há importante atividade para manutenção da renda de muitas famílias do entorno. Na observação feita *in loco*, foi possível ver o passo a passo do processo de transformação do material orgânico que são utilizados na produção do composto.

Assim, a unidade de compostagem recebe resíduos orgânicos, esses, são apenas o coco verde, recolhido pela Prefeitura de Teresina e as podas feitas na cidade pela empresa concessionária de energia elétrica. Esses são dispostos na unidade, triturados e misturados a esterco para a produção do composto.

O estudo foi realizado por meio de visita *in loco*, no qual foram coletadas duas amostras para análise do composto, para conhecer o seu poder bioenergético e o tipo de

biomassa que está sendo produzida com a compostagem em Teresina. O quadro 1 traz o detalhamento dos componentes presentes em cada tipo de material compostado.

Quadro 1- Composto da Unidade de Compostagem em Teresina PI.

COMPOSTO	COMPONENTE	ORIGEM
COMPOSTO 1	Esterco	Oriundo do Gado e Bode
	Folhagem	Podas realizadas em Teresina PI.
	Fibra	Casca do coco verde de duas empresas de água de coco em Teresina-PI.
COMPOSTO 2	Folhagem	Galhos e folhas de podas realizadas em Teresina PI.
	Fibra	Casca do Coco verde depois do consumo.

Fonte: As autoras, 2022.

1.2 ANÁLISES

As análises foram feitas com base na avaliação dos compostos maturados duros, com tempo de maturação superior a 90 dias; assim realizou-se análise da caracterização química do composto no laboratório da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME-CE).

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.2 Produção do composto

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz em seu texto sobre a importância da compostagem como medida estratégica para a redução dos resíduos orgânicos, articulando-se com os agentes econômicos e sociais o uso do composto produzido (BRASIL, 2010). No documento da ONU de 2018, o mesmo faz referência sobre no Brasil haver unidades de compostagem que vieram a ter sucesso.

A Unidade de Compostagem de Teresina, apesar de possuir uma pequena quantidade de composto produzida, devido a pouca mão de obra e baixo número de máquinas para a transformação dos resíduos que chegam à unidade, está em funcionamento, fornece composto orgânico e se a mesma aumentar a sua produção seria uma boa alternativa para o descarte dos resíduos da cidade.

Ao que se referem aos diferentes componentes presentes nos compostos produzidos na unidade, destaca-se que o coco verde, utilizado na produção do composto, é entregue nas condições naturais, sem qualquer beneficiamento, após o consumo da água e reservado a sua casca pelo vendedor.

O acesso a esse material orgânico na unidade de compostagem ocorre da seguinte forma: o coco verde é disposto na unidade duas vezes por semana. A partir do coco, se utiliza a fibra e a massa para a produção do composto, logo, a compostagem tem aproveitamento integral do resíduo do coco.

A entrega dos galhos de árvores e das folhas verdes é realizada pela concessionária de energia de Teresina e realizada a entrega diariamente, esses ficam dispostos no pátio da unidade e são triturados, para posteriormente serem inseridos na produção do composto. A figura 1 mostra o coco verde e os galhos no pátio da unidade.

Figura 1 – Coco verde e Podas no Pátio da Unidade de Compostagem em Teresina PI

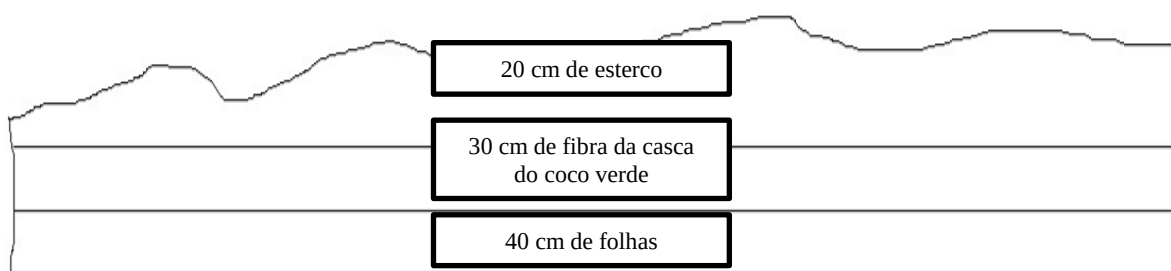


A – Casca do coco verde; B – Podas.
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

A produção do composto orgânico é organizada da seguinte forma, seis camadas na pilha do composto, seguindo essa ordem: folhas, fibra e esterco. O trator faz a revirada da pilha. Utilizam-se maquinários, onde se tem a quebra da casca do coco verde, para retirada da fibra e massa e a trituração dos galhos das podas.

A figura 2 tem uma simples representação das camadas da pilha de composto, com a quantidade de todos os resíduos usados na produção da unidade de compostagem de Teresina PI.

Figura 2 – Camadas da pilha de composto da unidade



Fonte: As autoras, 2022.

O esterco é comprado pela Prefeitura de Teresina na cidade de Campo Maior Piauí, que fica a 85,2 km de distância de Teresina, a carrada chega a 1.200 kg de esterco. Para quebrar a casca do coco verde e retirar a fibra é utilizado a prensa.

Há na unidade a máquina selecionadora, que atualmente não está em uso devido à falta de um componente importante para o seu bom funcionamento, essa faria a quebra do coco com a separação da fibra e da massa. Para formar a camada de folhas usa-se o picador de galho, que fica acoplado no trator. Na figura 3 tem-se a pilha na unidade de compostagem.

Figura 3 – Pilha na Unidade de Compostagem



Fonte:As autoras, 2022.

A mesma leva 90 dias sendo molhada e revirada. Esse processo de revirada é feito de 15 em 15 dias. Não há infecção de larvas e não há mau cheiro. A pilha é molhada diariamente. O esterco é colocado na parte superior, por possuir um peso maior e evita ser movimentado pelo vento. Foi observado *in loco* que existiam cinco pilhas na transformação do composto, umas já no estado de maturação e outras no início da produção.

Sobre o acesso ao composto pela população, é feito por meio de solicitação à Superintendência das Ações Administrativa Descentralizadas (SAAD) Rural, levando seu documento pessoal e informando a quantidade, o uso e a data para recolher o adubo. Os

trabalhadores ensacam o composto no momento da entrega, sendo o recipiente de responsabilidade do solicitante, logo o custo de produção e disposição da produção do composto é baixo.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO

Para se ter um composto de qualidade e com propriedades nutritivas para se utilizar em um solo, este necessita passar por análise, pois, a matéria prima utilizada na transformação é proveniente de resíduos coletados na cidade. Nesse sentido, o monitoramento desse produto final pós compostagem proporcionará um controle físico-químico e biológico daquele substrato que será utilizado na agricultura ou em recuperação de áreas degradadas.

Ao realizar a análise no composto da unidade de compostagem de Teresina, foi possível conhecer os atributos químicos do composto da unidade, esse que de acordo com a regulamentação de insumos agrícolas, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020, enquadra-se na classificação “B”, que utiliza resíduos sólidos urbanos, sendo seguro para agricultura (BRASIL, 2009). Na tabela 1, têm-se os valores dos atributos químicos dos compostos.

Tabela 1- Atributos dos compostos da usina de compostagem pública, Teresina PI.

Composto	Matéria orgânica (%)	Cinza (%)	Relação C/N	pH	Na (%)
CP1	92%a	16%a	25,1a	5,5ab	11b
CP2	84%b	12%b	16,4b	4,9b	13ab

CP1 - Esterco, Folhagem e Fibra da casca do coco verde.

CP2 - Esterco e Folhagem.

Fonte: As autoras, 2022.

Ao analisar os dados da tabela 1, as médias estatísticas dos atributos químicos foram possíveis observar que o CP1 é significativamente superior ao CP2, quando temos, por exemplo, a matéria orgânica, a cinza, a relação C/N. No pH, estatisticamente o valor do CP1 se assemelhou ao CP2, mesmo sendo ligeiramente superior, mas estatisticamente iguais, através das médias estatísticas, já o sódio, verifica-se que o CP1 inferior ao CP2.

Um composto com matéria orgânica se torna excelente, e nas duas amostras essa está acima de 80%, embora se perceba no CP2 um valor superior ao CP1. Com a presença de matéria orgânica em um composto há então, condições favoráveis para proporcionar ao solo a sua fertilização (LIBERATO JUNIOR, 2019).

As duas amostras tiveram uma boa taxa de cinza. Na relação C/N, o valor encontrado no CP2 está dentro da instrução normativa que tem o valor 20 como limite máximo. O CP1 encontra-se 5% acima do limite máximo da normativa (BRASIL, 2009). Essa relação C/N é importante para que um composto tenha a sua maturação eficiente, com a presença do Carbono e Nitrogênio para os microrganismos executarem o seu processo corretamente (SOUZA, et al, 2021).

Sobre o pH, o CP2 apresenta-se um pouco ácido, já o CP1 está com um pH neutro, propício para os microrganismos, pois são importantes para ser utilizados na agricultura e na recuperação de áreas degradadas. A instrução normativa IN nº25 Sobre o sódio, observa-se que o CP2 apresenta-se alto, comparando-se com o CP1, provavelmente, a falta da fibra acarretou esse teor mais alto de sódio.

Através da matéria orgânica presente no composto, os elementos minerais, chamados de macro e micronutrientes. Para conhecer mais sobre o composto da unidade de compostagem, foram realizadas análises laboratoriais para verificar os macronutrientes, micronutrientes e os metais presentes nas amostras. Na tabela 2 encontram-se os valores dos macronutrientes.

Tabela 2- Macronutrientes dos compostos da usina de compostagem pública, Teresina, PI.

Composto	N (%)	P (%)	K(%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
CP1	4,34a	4,65a	0,81a	3,17a	0,31ab	0,63a
CP2	3,33b	4,11a	0,62b	2,98b	0,29b	0,52b

Fonte: As autoras, 2022.

Os macronutrientes são importantes para as plantas, estando presentes em boa quantidade no composto, proporcionarão nutrientes, esses são principais para absorção das plantas (EMBRAPA, 2020). Observa-se que nas duas amostras os macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) estão presentes nas duas amostras, pode-se observar na tabela 2 houve também uma superioridade do CP1 quando se comparado ao CP2.

Nas duas amostras, segundo a instrução normativa nº 61, de 2020, há presença dos macronutrientes primários (N, P, K) e os secundários (Ca, Mg, S), ou seja, obedecem o que rege a normativa quando se trata de fertilizantes orgânicos e biofertilizantes (BRASIL, 2020). Quando essa mesma normativa traz os valores de teor mínimo dos macronutrientes que é 1 para os macronutrientes primários e secundários, mas, apenas o Mg e S do CP1 e CP2 estão abaixo do mínimo estipulado.

Tabela 3- Micronutrientes dos compostos da usina de compostagem pública, Teresina, PI.

Composto	Fe (%)	Mn (%)	Cu (%)	Zn (%)	B (mg.kg)
CP1	0,87a	356ab	91a	211a	168ab
CP2	0,61b	312b	65b	89b	112b

Fonte: As autoras, 2022.

Em relação aos micronutrientes, esses foram encontrados nas duas amostras, Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn) e o Boro (B). Esses são absorvidos em menor quantidade pelas plantas em relação aos macronutrientes, mas, são de grande importância para promover nutrição aos solos e plantas (EMBRAPA, 2020).

Dentre os micronutrientes encontrados nas duas amostras da unidade de compostagem, todos estão dentro do teor mínimo em porcentagem da instrução normativa nº 61, de 2020, estando assim, aptos a serem utilizados na agricultura. Na tabela 4 encontram-se os metais pesquisados nas duas amostras.

Tabela 4- Metais dos compostos da usina de compostagem pública, Teresina, PI.

Composto	Cd	Cr	Ni	Pb	Ar
CP1	-	-	-	-	-
CP2	-	-	-	-	-

Fonte: As autoras, 2022.

Não foi encontrado em nenhuma das amostras do composto da unidade de compostagem nenhum metal que oferecesse risco de toxicidade para o solo. Isso é um ponto importante, pois, os compostos, ambas as amostras, não oferecem nenhum risco às plantas, aos microrganismos e ao solo.

Conclusão

A partir da análise realizada, é possível conhecer a qualidade do composto da UNCOM. Portanto, as duas amostras eram de alta qualidade e ricas em matéria orgânica, um importante nutriente que evita que o solo seque e rache.

As quantidades de macro e micronutrientes também atendem aos parâmetros da portaria normativa nº 61 de 2020, aplicável na agricultura. Com relação aos metais, a ausência indica que esses dois compostos não agredem o meio ambiente devido à ausência desses constituintes químicos, pois são tóxicos ao solo.

Por fim, pode-se verificar que o composto 1 possui uma qualidade melhor em relação ao composto 2, porém, são dois exemplos de compostos produzidos pela UNCOM com alta qualidade bioenergética, adequados para uso agrícola e recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIA

ABRELPE, 2020. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 18 maio. 2021.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 mai. 2021.

COMISSÃO EUROPEIA, 2021. Pacto Ecológico Europeu. Disponível em https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt. Acesso em: 10 maio 2022.

CONCELHO EUROPEU, 2021. Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/food-losses-waste/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

EUROPEAN COMPOST NETWORK (ECN). (2022). ECN apela ao Parlamento Europeu para manter a compostagem e digestão anaeróbica de resíduos biológicos fora do âmbito do Sistema de Comércio de Emissões da EU. Disponível em: <https://www.compostnetwork.info/ecn-calls-the-european-parliament-to-keep-composting-and-anaerobic-digestion-of-biowaste-out-of-the-scope-of-the-eu-emission-trading-system/>. Acesso em: 10 mai. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010. População piauiense. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=22>. Acesso: 12 jun. 2021.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>. Acesso: 12 jun. 2021.

INTERREG España-Portugal, 2017. Res2ValHUM – Valorização de Resíduos Orgânicos: Produção de Substâncias Húmicas. Disponível em: <http://res2valhum.org/confer%c3%aancia-final-res2valhum-valoriza%c3%a7%c3%a3o-de-res%c3%aduos-org%c3%a2nicos/>. Acesso em 10 mai. 2022.

ONU Medio Ambiente (2018). Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, © Shutterstock.com

Oficina para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26448>. Acesso em: 10 maio 2022.

SILVA, C. H. C. D.; ROCHA, F. C. D. S.; SILVA, L. L. G. G. D. Production of organic compost from different plant waste generated in the management of a green urban space. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 558-565, out-dez, 2018 Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

TERESINA, 2020. **Prefeitura investe mais de R\$ 2 milhões em hortas comunitárias e campos agrícolas da zona rural**. Disponível: <https://pmt.pi.gov.br/2020/12/16/prefeitura-investe-mais-de-r-2-milhoes-em-hortas-comunitarias-e-campos-agricolas-da-zona-rural/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

TERESINA, 2017. **REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE TERESINA – PI, LEITURA TÉCNICA 2º PRODUTO**. Disponível: http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/09/Teresina_Produto-2.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022.

APÊNDICE B

PRODUÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM UNIDADE DE COMPOSTAGEM EM TERESINA - PIAUÍ.

PRODUCTION OF ORGANIC WASTE IN A COMPOSTING UNIT IN TERESINA - PIAUÍ.

Jacqueline Ribeiro Alcântara
Mestranda em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
Bacharel em Geografia – Faculdade Estácio
Licenciada em Geografia- UESPI
E-mail: ribeirojac@outlook.com

Bruna de Freitas Iwata
Doutora em ciências do solo – UFC
Professora do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
E-mail: iwata@ifpi.edu.br

RESUMO: Desenvolveu-se esta pesquisa com a intenção de mostrar como se realiza a compostagem feita em Teresina – Piauí, na unidade de compostagem mantida pela Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) rural, da Prefeitura Municipal de Teresina, a qual processa coco verde, de algumas empresas, e podas de árvores feitas na capital por uma concessionária de energia. Para tanto, levantaram-se informações sobre a atual situação da unidade de compostagem pública, visando a verificar, principalmente, a capacidade de atender à produção de resíduos orgânicos gerados na cidade. Estabeleceu-se como objetivo conhecer a Unidade de Compostagem de Teresina, bem como o seu gerenciamento. Nessa perspectiva, levantaram-se dados bibliográficos, por meio de estudos sobre unidades de compostagens, compostos orgânicos e resíduos orgânicos. A pesquisa de campo se deu por intermédio de observações na unidade de compostagem.

Apreendeu-se que a unidade de compostagem em apreço é pequena, com produção reduzida e poucas pessoas trabalham na geração do composto orgânico, além de apresentar pouco maquinário. Cumpre lembrar que nesta unidade, utiliza-se o método de organização em leiras. Notou-se que a quantidade de resíduos é pouca e não consegue suprir a demanda da cidade. Constatou-se que existe apenas essa unidade de compostagem pública em Teresina, sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal.

Palavras-chave: composto orgânico; gerenciamento; meio ambiente.

ABSTRACT: This research was developed with the intention of showing how the composting is carried out in Teresina - Piauí, in the composting unit maintained by the Superintendence of Decentralized Administrative Actions (SAAD) rural, of the Municipality of Teresina, which processes green coconuts, from some companies, and tree prunings made in the capital by an energy concessionaire. For this, information was gathered about the current situation of the public composting unit, aiming to verify, mainly, its capacity to meet the production of organic waste generated in the city. The objective was to know the Composting Unit of Teresina, as well as its management. In this perspective, bibliographic data were collected, by means of studies on composting units, organic composts and organic residues. The field research took place through observations at the composting unit. It was apprehended that the composting unit in question is small, with reduced production and few people work in the generation of organic compost, besides presenting little machinery. It should be remembered that this unit uses the method of organization in windrows. It was noticed that the quantity of residues is small and cannot supply the city's demand. It was found that there is only this public composting unit in Teresina, under the responsibility of the City Hall.

Keywords: organic compost; management; environment.

1 Introdução

Toda a matéria orgânica, ao ser descartada, transforma-se em resíduos orgânicos. Essa matéria, quando não possui uma destinação final correta, traz alguns problemas ao meio ambiente devido a sua decomposição, a qual gera um líquido tóxico que, ao se misturar com o solo e a água (recursos hídricos superficiais e subterrâneos) causam poluição. Assim, a compostagem surge como uma solução estratégica para a destinação final destes resíduos orgânicos.

A compostagem é um processo de transformação da matéria orgânica por meio da ação de microrganismos, passando por processos físicos e bioquímicos. Durante este processo, existe uma variedade de população desses microrganismos que atuam através da decomposição dos resíduos orgânicos em duas fases – maturação e humificação (SOLINO, 2018).

Um exemplo do uso da compostagem, que resultou no tratamento dos resíduos orgânicos, foi o *Zero Waste Europe (ZWE)* – programa europeu composto por uma rede

européia de comunidades, o qual tem a intenção de diminuir os desperdícios na Europa. Neste programa, criou-se uma proposta para reduzir a produção dos resíduos e minimizar as emissões de metano produzido pelo acúmulo dos mesmos, cuja data do documento tem a vigência para os anos de 2019-2024 (*Zero Waste Europe*, 2021).

Outros países utilizam medidas em relação aos resíduos orgânicos, patenteando a compostagem, como é o caso da China – o primeiro país a produzir composto através do método compostagem. Muitos países usufruem dessa medida nas suas indústrias no tratamento de resíduos orgânicos, aumentando a produção de fertilizantes orgânicos utilizados na agroecologia urbana e rural (ARAÚJO; CERQUEIRA; CARNEIRO, 2020).

Conforme Araújo; Cerqueira; Carneiro (2020), em um estudo sobre Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos, foi encontrado em 57 países 15.170 patentes sobre compostagem, destacando a China em primeiro lugar. Outros países também se destacaram em relação aos cuidados com os resíduos orgânicos em seu território, a exemplo do Japão, da República da Coreia, dos Estados Unidos da América, da Alemanha e do Brasil, esse último, cumpre ressaltar, ainda se encontra incipiente na implantação da compostagem de forma significativa em todo país (ARAÚJO; CERQUEIRA; CARNEIRO, 2020).

A partir da lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, que altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências, instituiu-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, que discute sobre os resíduos e sua destinação final ambientalmente adequada, sem causar danos ao Meio Ambiente (BRASIL, 2010). Sobre esse quesito nas disposições gerais, acerca da destinação final ambientalmente adequada, comenta-se, no capítulo II, das definições, no artigo 3º, inciso VIII, que a compostagem é uma sugestão para a destinação final dos resíduos orgânicos (BRASIL, 2010).

Essa transformação da matéria orgânica em composto reduzirá, significativamente, a quantidade de resíduos orgânicos encontrados com maior frequência nos espaços urbanos do país, os quais possuem um grande consumo e descarte de resíduos, principalmente os orgânicos que possuíam 45,3% na composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do Brasil, conforme o Panorama de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), do ano de 2020.

Nesse panorama, levanta-se uma discussão sobre a atual situação do processo de produção de composto em usina de compostagem pública em Teresina, para verificar principalmente a capacidade de atender a produção de resíduos gerados na cidade. Desse

modo, o objetivo central da pesquisa foi conhecer e analisar a Unidade de Compostagem de Teresina, capital do Piauí, bem como o seu gerenciamento.

2 Materiais e Métodos

A cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, é localizada na região nordeste do Brasil e faz parte da mesorregião Centro-Norte piauiense (TERESINA, 2017), possuindo uma área de 1.391,293km² (IBGE, 2020). Seu quantitativo populacional no espaço urbano, de acordo com o censo 2010, era de 814.230 pessoas (IBGE, 2010). Atualmente, estima-se que em 2022 a população cresceu, chegando a 871.126 pessoas em 2021 (IBGE, 2022). Em número domiciliar, no ano de 2010, Teresina possuía 210.270 (IBGE, 2010).

A capital piauiense também possui uma zona rural, com um quantitativo populacional de 46.672 habitantes na área rural e 12.049 domicílios, de acordo com o censo 2010 (IBGE, 2010). Teresina atrai pessoas devido ao seu crescimento industrial e à oferta de serviços, sobretudo os de comércio e saúde (ALENCAR, ROCHA, ARAÚJO, 2021). Esse crescimento populacional propicia um maior consumo e, conseqüentemente, um aumento no descarte de resíduos.

No tocante à organização administrativa em Teresina, existem áreas de atuação da prefeitura com o propósito de colocar em prática serviços para toda a sociedade teresinense, trata-se das regiões de Superintendências de Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD), divididas em Leste, Sul, Norte, Centro, Sudeste e a Rural (TERESINA, 2018). A figura 1 mostra a localização de Teresina Piauí;

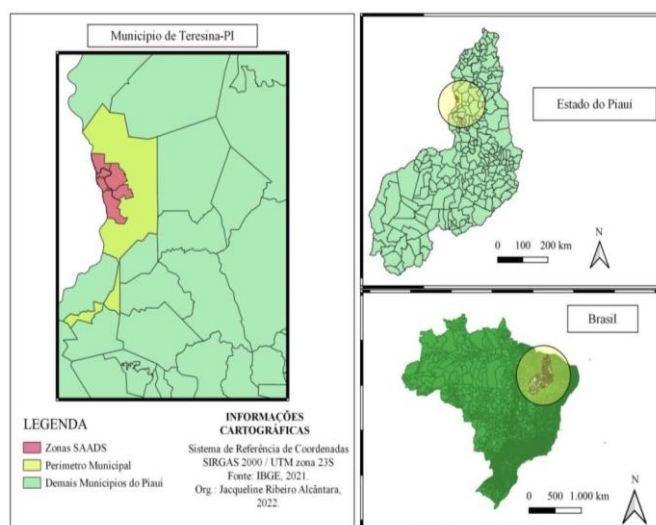


Figura 1 - Localização de Teresina – PI
Fonte: As autoras, 2022.

Do ponto de vista metodológico, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, de natureza básica e exploratória, através da observação. Foram realizadas leituras de trabalhos que abordavam o tema compostagem, unidade de compostagem e resíduos orgânicos no mundo e no Brasil para uma melhor compreensão acerca do tema em questão.

Também foram consultados e utilizados documentos que estão disponíveis no site da Prefeitura Municipal de Teresina sobre compostagem e resíduos orgânicos, cujo intuito principal era conhecer o gerenciamento de resíduos ocorrido na capital. Ademais, houve uma pesquisa a partir de diagnóstico *in loco* na Unidade de Compostagem de Teresina, com observações e registros fotográficos.

3. Resultados e Discussões

A unidade de compostagem de Teresina foi construída no ano de 2006. O seu funcionamento ocorre das 07 horas da manhã até às 17 horas, semanalmente, e aos sábados das 07 horas da manhã até às 11 horas. A unidade é mantida pela Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) rural, processando a casca do coco verde e podas feitas na capital. Através de dados públicos fornecidos, constatou-se que a unidade de compostagem aqui estudada é a única mantida pela Prefeitura, responsável assim por atender toda a demanda da cidade.

No ano de 2021, em um relatório de Estudo de Engenharia, Logísticas e Afins, disponível no site da prefeitura de Teresina – local em que se encontra a consulta pública e informa sobre os resíduos sólidos – mencionou-se sobre o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Esse relatório, que discute acerca dos resíduos orgânicos coletados na área rural da cidade, informa que a compostagem não é realizada pelo sistema público municipal (TERESINA, 2021).

A unidade de compostagem mantida pelo sistema público municipal está localizada em Teresina, em sua zona urbana, na região da Superintendência de Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) leste (TERESINA, 2018) – um local distante do centro da cidade. A unidade está precisamente localizada no Parque Anita Ferraz, o qual faz parte do Bairro Pedra Mole, em Teresina - Piauí. A área é urbana, em bairro residencial, onde há casas de um lado e atrás da unidade, posto que, do outro lado, tem-se a horta comunitária do Parque Anita Ferraz. A figura 2 mostra a localização da Unidade de compostagem em Teresina Piauí;

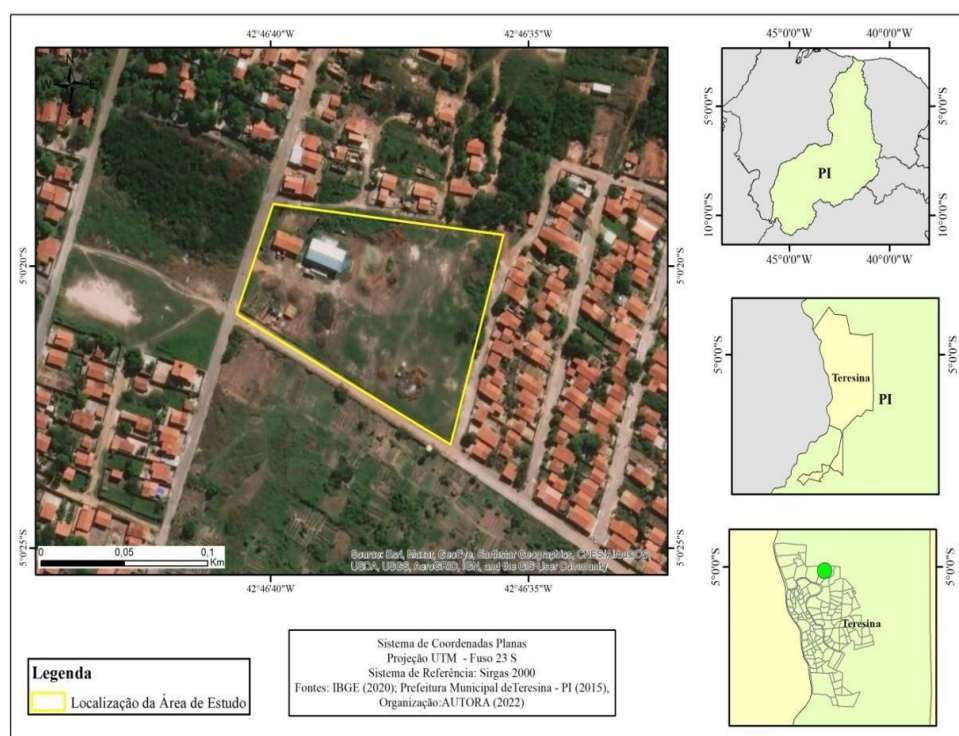


Figura 2 – Unidade de compostagem em Teresina, Piauí.
Fonte: As autoras, 2022.

A unidade, representada na figura 2, possui uma área aproximada de 13597,65 m². Chegou-se a esse valor por meio dos dados informados sobre o tamanho do espaço pelo qual funciona a unidade.

3.1 Gestão e Produção

Por meio da visita *in loco* foram levantados os dados estruturais e de produção do composto na unidade. A produção atual conta com três colaboradores na fabricação do composto. A frequência de entrega do composto é feita diariamente, devido ao número de trabalhadores, esses que, por sua vez, não conseguem suprir uma grande demanda.

Adiante, a produção é feita por meio do método da prensagem, usando prensa mecânica como fonte de energia. Além da prensa, são utilizados outros equipamentos e maquinários que, unidos aos trabalhadores produzem o composto orgânico. O maquinário utilizado na unidade é limitado, formado por máquinas que quebram a casca do coco verde para a retirada da fibra e do pó, além do trator que tritura as podas.

No espaço, foram compradas máquinas novas e construíram um galpão para essas novas aquisições com a finalidade de aumentar e melhorar a produção do composto. Todavia,

o espaço ainda se encontra em etapa de estruturação, sem apresentar funcionamento. A Figura 4 mostra as máquinas na unidade de compostagem:

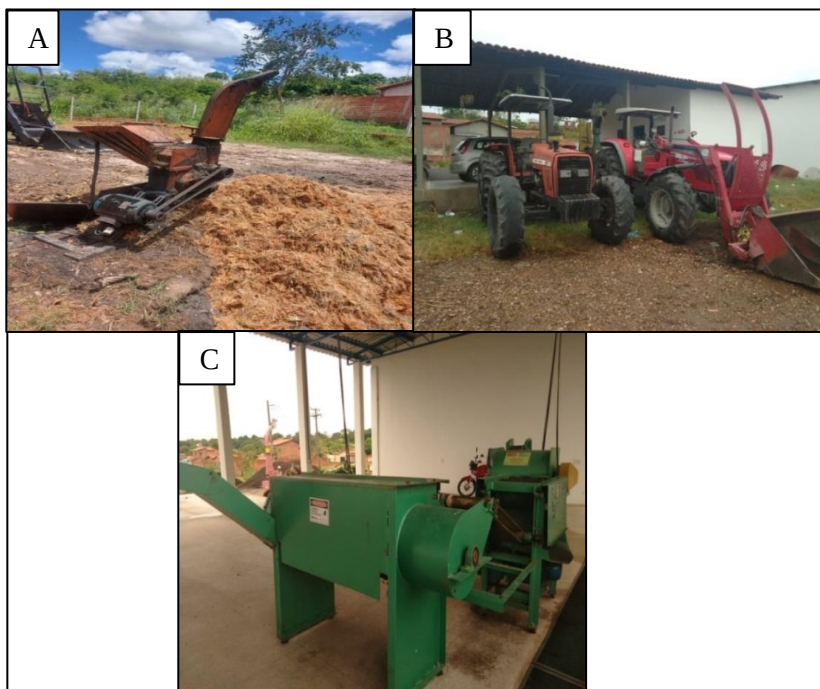


Figura 4 – Mosaico de fotos das máquinas da unidade de compostagem de Teresina - PI. A. Prensa quebra o coco para tirar a fibra; B. Trator quebra os galhos; C. Máquina selecionadora. Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

As novas máquinas, que se encontram no galpão na unidade de compostagem, como a selecionadora (que separa a fibra e o pó gerado pela quebra da casca do coco verde), ainda não estão em funcionamento em detrimento da falta de uma esteira que levará o pó para um tanque, isto é, uma massa que é gerada através da trituração da casca do coco verde, muito importante na produção do adubo. Essa condição torna limitado o aumento da produção do composto.

A casca do coco verde é entregue pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) e por empresas que usam a água do coco para comercializar. Observou-se no espaço que são caminhões que fazem a entrega dos cocos na unidade. A quantidade entregue por dia não foi informada, não havendo documentos ou anotações feitas para quantificar os cocos que chegam à unidade.

A produção do composto também se utiliza das podas (galhos) que são entregues diariamente na unidade de compostagem, essas são entregues por uma concessionária de energia da cidade. A PMT também fornece esterco animal (oriundos do gado e bode), comprados no município de Campo Maior – PI, cidade localizada a 83,4 km da capital Teresina. Na figura 5, têm-se os resíduos utilizados na produção do composto;



A – Podas feitas; B – Coco verde em Teresina PI.

Figura 5 – Disposição no pátio da unidade de compostagem dos resíduos de A. Podas e B. Casca do coco verde. Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Para o funcionamento de uma unidade de compostagem, faz-se necessário um projeto inicial, mediante a escolha do local, ou seja, um pátio ou área de compostagem; maquinário e mão de obra para auxiliar no manejo com os resíduos orgânicos e a produção do composto. Ressalta-se também que essa unidade precisará sempre de manutenção para o seu bom funcionamento (ABNT, 1996).

De acordo com o Panorama de Saneamento Básico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2020 no Brasil, estiveram em operação 74 unidades de compostagem, sendo 53 delas localizadas na região sudeste do país. Ao todo, foram tratadas 303.458 toneladas de resíduos orgânicos que seriam dispostos em aterros sanitários (SNIS, 2021).

O principal problema identificado nas unidades de compostagem em operação no Brasil é, principalmente, o estudo da viabilidade, os atrasos na construção e a operação por falta de conhecimento técnico e falhas operacionais. Isso acarreta em pouca produção, marcada pela má qualidade e por impactos negativos ao meio ambiente (CAPRARA, 2016).

Sobre a produção de composto em Teresina, na Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI, o relatório de Estudo de Engenharia, Logísticas e Afins, no ano de 2021, apresenta um estudo da viabilidade técnica econômica e ambiental para a modelagem e estruturação da gestão de resíduos sólidos urbanos da cidade (TERESINA, 2021).

Nesse relatório, informa-se que a unidade de compostagem de Teresina não está em funcionamento. Apesar da publicação ser do ano de 2021, as informações sobre a unidade de compostagem são do ano de 2013, o que não mostra a realidade atual. A unidade de

compostagem está em funcionamento, mesmo não atendendo a todos que necessitam de composto orgânico para um determinado fim, seguindo com uma produção ainda limitada.

O coco verde é bastante consumido no Brasil devido às suas proteínas, no entanto o descarte das suas cascas geram problemas por conta de sua decomposição demorada. Algumas medidas estão sendo realizadas para reduzir este descarte, como exemplo, tem-se a utilização da biomassa da casca do coco verde para a produção de etanol de segunda geração (CABRAL et al., 2017).

Outro subproduto da quebra do coco verde é um líquido – denominado Líquido da Casca do Coco Verde (LCCV), que na unidade de Teresina é canalizado para um tambor e armazenado para uma posterior coleta da prefeitura. Esses tambores têm a capacidade de 50 litros e, depois de cheios, são esvaziados e levados para o aterro municipal.

O LCCV é um efluente que sem um cuidado prévio poderá provocar problemas para o solo ao ser despejado sem tratamento ao meio ambiente por possuir uma grande quantidade de matéria orgânica em sua composição. O LCCV pode ser transformado em produtos que ajudariam como nutrientes para plantações (SANTOS, 2019).

Na figura 6, tem-se o tambor que acumula o LCCV. Este tambor se encontra atrás do galpão construído na unidade de compostagem. Foi possível observar que o mesmo está ligado às novas máquinas que não estão sendo usadas, por isso, intui-se que ainda não esteja sendo utilizado.



Figura 6 - Líquido proveniente da matéria orgânica.

A. Líquido proveniente da quebra da casca do coco verde; B. Tambor para receber o LCCV. Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

Na figura 6A, as setas indicam o líquido produzido na quebra da casca do coco. A seta número 1(um) indica o líquido proveniente da quebra da casca e a seta número 2 (dois), por

sua vez, mostra por onde escorre o líquido para o tambor. Por outro lado, a figura 6B mostra o tambor que armazena o LCCV até ser recolhido pela prefeitura.

Sobre os usuários do composto, informa-se que se tratam pessoas que trabalham em hortas e/ou que possuem jardins ornamentais, canteiros em casa ou escolas e pequenos sítios com produção familiar, sendo residentes de Teresina, da área urbana e da zona rural do município. Para adquirir o composto na unidade, precisa-se da autorização na SAAD rural, onde é necessário informar a finalidade do uso, quantas sacas do composto precisarão e qual horário pegará o produto. O indivíduo que fizer essa solicitação, também deverá levar as sacas para recolher o produto.

Sobre a quantidade de composto, não há registros específicos do volume produzido diário ou mensalmente, nem do volume entregue aos solicitantes e a quantidade. Esses seriam dados importantes para um bom controle da unidade. No quadro 1, encontra-se a estrutura organizacional da Unidade de Compostagem;

Quadro 1- Estrutura organizacional da Unidade de Compostagem

UNIDADE DE COMPOSTAGEM	CARACTERÍSTICAS
Mão de Obra	Três funcionários.
Maquinário	A prensa, o trator, a forrageira, o picador de galho, o compostador de resíduos orgânicos e a máquina selecionadora.
Insumos de produção	Água, energia e esterco animal.
Resíduos Usados na Produção	Casca do coco verde e podas de árvores.
Método	Enleiramento.
Público Alvo	População em geral.

Fonte: As autoras, 2022.

De acordo com a prefeitura de Teresina, são 46 hortas em todas as zonas da capital (TERESINA, 2020). Este cenário mostra que a capacidade de produção de composto da atual unidade de compostagem não consegue fornecer material suficiente para atender a todas as hortas. Entretanto, com a construção e implementação de outras unidades de compostagem, seria possível atender a todas as hortas da cidade, bem como para a população que possui áreas de plantação.

No estudo de engenharia, logísticas e afins, destacam-se projetos para a implantação de compostagem no aterro municipal da cidade como meio de beneficiamento da fração orgânica disposta no aterro, melhorando a sua vida útil. Essa compostagem será feita de forma natural através do processo de metanização, utilizando leiras no pátio de compostagem no aterro (TERESINA, 2021).

O pátio que será construído no Aterro de Teresina receberá 60 toneladas de material orgânico e através dele, haverá a previsão de produzir 40 t/dia de composto orgânico. Cumpre ressaltar que essa informação está na Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI (TERESINA, 2021).

4. Conclusão

A Unidade de compostagem de Teresina está em funcionamento, mas devido à quantidade de maquinários e funcionários, que são poucos, a unidade não atende a demanda. A maior parte do composto produzido na unidade de compostagem seria utilizada em praças, hortas e escolas que possuem canteiros. Foi possível, entretanto, observar uma produção pequena.

Isso impossibilita que uma grande quantidade de resíduos possa ser depositada na unidade, pois não há possibilidade de aumentar a produção com o maquinário e o número de trabalhadores existentes até o momento. Não se tem informações sobre a quantidade de composto produzido na unidade, além de não ter sido vista nenhuma pessoa responsável por anotar e controlar a entrada de resíduos e, conseqüentemente, a saída do composto para quem o solicita na SAAD rural.

Sugere-se, assim, aumentar o número de colaboradores na unidade de compostagem para expandir a produção e poder agregar a todos que solicitam o composto, bem como criar novas unidades de compostagem nas demais zonas da cidade de Teresina, principalmente em locais que necessitam do composto orgânico. Isso colabora na produção da agroecologia da cidade e na redução do descarte inadequado dos resíduos orgânicos produzidos na capital.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2020. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 18 maio. 2021.

ALENCAR, A. K. B. D; ROCHA, A. P.; ARAÚJO, C. O. D. C. ZONA NORTE DE TERESINA PI: UMA ANÁLISE A PARTIR DO PLANEJAMENTO URBANO. **Projectare revista de arquitetura e urbanismo**. Número 12, 2021.

ARAÚJO, C. C. DE O; CERQUEIRA, G. S; CARNEIRO, C. E. A. (2020). Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Cadernos De Prospecção**, 13(4), 1177. v. 13 n. 4 (2020).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13591**: Compostagem. Rio de Janeiro, 1996.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 mai. 2021.

BRASIL. Governo do estado do Piauí. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**. Teresina: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2006. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/2923/mapa_piaui.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso: 29 mai. 2021

BRASIL. **Lei n.º 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm . Acesso em: 16 mai. 2021.

CABRAL, M. M. S. et al. Composição da fibra da casca de coco verde *in natura* e após pré-tratamentos químicos. **ENGEVISTA**, V. 19, n.1, p. 99-108, Janeiro 2017.

CAPRARA, P. T. **UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL: AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS OCORRIDOS NO PASSADO E CONSIDERAÇÕES PARA PROJETOS FUTUROS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Recife, 2016. 121 f.

CARVALHO, R. D. C. P. S. **ANÁLISE GEO-AMBIENTAL EM ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UM ESTUDO DO ATERRO CONTROLADO DE TERESINA, (PI)**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2015. 165 f.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010. População piauiense. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=22>. Acesso: 12 jun. 2021.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>. Acesso: 12 jun. 2021.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – TERESINA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 12 mar. 2022.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR (BRASIL). Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021** / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. – Brasília/DF, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/panorama-do-saneamento#:~:text=O%20Panorama%20do%20Saneamento%20B%C3%A1sico,os%20cidad%C3%A3os%20aos%20benef%C3%ADcios%20do>. Acesso em: 28 abr. 2022.

SANTOS, M. J. M. **APROVEITAMENTO DO LÍQUIDO DA CASCA DO COCO VERDE (LCCV) NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATEIRO**. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, 2019. 25 f.

SOLINO, A.C. **Análise de modelos e técnicas de compostagem para o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos**. (Monografia) de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2018. 92f.

TERESINA, 2021. Estruturação do SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) no Município de Teresina/PI. **Estudo de Engenharia, Logística e Afins**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2021/05/Relatorio-de-Estudos-Engenharia-Logistica-e-Afins.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2021. **RESÍDUOS SÓLIDOS CONSULTA PÚBLICA**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/concessoes-e-parcerias-ppp/consulta-publica/>. Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2021. **SEMPPLAN, MAPAS DE TERESINA**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/mapas-interativos/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

TERESINA, 2020. **Prefeitura investe mais de R\$ 2 milhões em hortas comunitárias e campos agrícolas da zona rural**. Disponível: <https://pmt.pi.gov.br/2020/12/16/prefeitura-investe-mais-de-r-2-milhoes-em-hortas-comunitarias-e-campos-agricolas-da-zona-rural/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

TERESINA, 2018. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **Perfil dos Bairros**. Disponível em: <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/06/PEDRA-MOLE-2018.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

TERESINA, 2017. **REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE TERESINA – PI, LEITURA TÉCNICA 2º PRODUTO**. Disponível: http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/09/Teresina_Produto-2.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022.

ZERO WAST EUROPE. Disponível em: <https://zerowasteeurope.eu/impact/legislation-achievements/>. Acesso: 10 mar. 2022.

APÊNDICE C

ANÁLISE SITUACIONAL DO ATERRO SANITÁRIO DE TERESINA E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Jacqueline Ribeiro Alcântara

Mestranda do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
Geógrafa – UESPI

Bruna de Freitas Iwata

Docente do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI
Doutora em Ciências do Solo - UFC

RESUMO: Os aterros sanitários são exemplos de espaços que possuem técnicas operacionais para proteger o meio ambiente de possíveis danos. Esses aterros recebem, diariamente, uma grande quantidade de resíduos, cujos resíduos orgânicos se encontram neles, os quais podem ser transformados em compostos para a agricultura através da compostagem. A investigação deste estudo teve como procedimentos metodológicos pesquisas bibliográficas, análise documental e levantamento de dados em campo. Assim, objetiva-se analisar a viabilidade espacial para a implantação de uma Unidade de Compostagem no aterro, a fim de utilizar os resíduos orgânicos lá depositados. Durante a visita ao aterro, foi possível conhecer o seu funcionamento, onde se encontrou o aterro controlado em operação e o aterro sanitário, por sua vez, em construção. Possibilitou-se, ademais, observar a entrada dos resíduos, bem como os resíduos orgânicos no aterro. Estes resíduos orgânicos são soterrados e há um espaço para a construção de uma Unidade de Compostagem, contudo, até a data da visita, nada foi implantado. Conclui-se que o aterro possui viabilidade espacial para ter uma Unidade de Compostagem, além de ter matéria-prima para a produção de composto orgânico. Dessa forma, uma unidade de compostagem no aterro proporcionará a otimização do espaço.

Palavras-chave: Composto orgânico. Disposição final. Unidade de Compostagem. Viabilidade.

ABSTRACT: Sanitary landfills are examples of spaces that have operational techniques that protect the environment from possible damage. These receive a large amount of waste daily and they contain organic waste, which can be transformed into compost for agriculture through composting. The investigation had as methodological procedures the bibliographical and documentary research and data collection in the field. The objective is to analyze the spatial feasibility of implementing a Composting Unit in the landfill, in order to use the organic waste deposited there. During the visit to the landfill, it was possible to learn about its operation, where the controlled landfill is in operation and the sanitary landfill is under construction. It was possible to see the entrance of the residues, to know the Effluent Treatment Station and the organic residues in the landfill. Parts of the organic residues are buried, there is space for the construction of a Composting Unit, but nothing has been implanted until the date of the visit. It is concluded that the landfill has spatial viability to have a Composting Unit, it has raw material for the production of organic compost, in this way, a composting unit in the landfill will provide optimization of its space.

Keywords: Organic compound. Final disposition. Composting Unit. Viability.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a preocupação acerca dos descartes dos resíduos surgiu em meados do século XIX. Anteriormente, os cuidados com os descartes eram realizados em períodos de festas, pois os aumentos de objetos no espaço cresciam (COSTA, et al. 2020). Com o avanço do consumo, surge a necessidade de se construir mais produtos, os quais muitas vezes exploram os recursos naturais.

A respeito da questão dos resíduos sólidos, a ciência geográfica mostra que uma disposição inadequada dos resíduos sobre o espaço poderá provocar problemas ambientais e sociais, fazendo assim da geografia uma ciência que contribui significativamente para entender e tentar resolver os problemas do espalhamento dos resíduos no espaço.

Nascimento; Cruz (2017) compreendem a construção do espaço através da presença dos resíduos ao longo da história, visto que a sua disposição final, mesmo sendo resíduos *in natura* ou transformados pelo processo industrial, provocam danos ao espaço geográfico, ao passo em que contam a história de algumas civilizações e os seus objetos de consumo. Sobre as mudanças ocorridas na sociedade, devido ao aumento industrial, ao aumento da população e ao desenvolvimento de um sistema capitalista que visa à produção e o capital, tornou-se urgente desenvolver projetos de gerenciamento para os resíduos.

A Lei nº 12.305/10 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que orienta a gestão dos resíduos sólidos no Brasil. Essa lei foi sancionada em agosto e regulamentada em dezembro de 2010. O seu conteúdo reúne o conjunto de princípios, instrumentos, objetivos, diretrizes e ações a serem adotadas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Uma das medidas trazidas pela PNRS é a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos – resíduos que perderam a possibilidade de se integrar à cadeia produtiva, pois esgotaram o seu tempo de vida – e a destinação final dos resíduos sólidos, estes que podem ser reutilizados, reciclados e compostados.

Com a discussão sobre a destinação final ambientalmente correta proposta pela PNRS, a compostagem surge como uma solução estratégica para os resíduos orgânicos. Devido a isso, pretendeu-se como tema central desta investigação, indicar que a compostagem melhora a qualidade de vida do aterro, aumentando a sua vida útil e promovendo um melhor gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos em Teresina.

Esse propósito confere, à pesquisa, uma relevância social e ambiental, produzindo conhecimento sobre o aterro sanitário municipal de Teresina e a importância e os benefícios de se implantar a compostagem neste espaço. Diante desse panorama, a pesquisa traz uma abordagem sobre o local de disposição final ambientalmente adequada dos resíduos em Teresina. E, objetiva-se assim, analisar a viabilidade espacial para a implantação de uma Unidade de Compostagem no aterro, a fim de utilizar os resíduos orgânicos depositados no local.

2 MÉTODOS E TÉCNICAS

2.1 Caracterização do objeto de estudo

O estudo foi realizado em Teresina, município localizado na Mesorregião Centro-Norte piauiense, na região Nordeste do Brasil (IBGE, 2010) e apresenta área de 1.391, 981 Km² (LIMA, 2016). A cidade faz parte de uma Rede Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina (RIDE). Em relação à população, no ano de 2010 possuía 814.230 habitantes (IBGE, 2010) com estimativa para 2022 é de 871.126 pessoas (IBGE, 2021). O aterro sanitário municipal de Teresina está localizado no Km 7 - BR 316, no bairro Santo Antônio, sob a responsabilidade da Superintendência das Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) Sul (TERESINA, 2021). A figura 1 mostra a localização do aterro da capital:

Figura 1 – Localização do aterro de Teresina



Fonte: As autoras, 2022.

2.2 Procedimentos metodológicos

A investigação utilizou como procedimentos metodológicos pesquisas bibliográficas, análise documental e levantamento de dados em campo. Para a pesquisa bibliográfica foram

utilizados artigos, dissertações e teses que reúnem estudos sobre Resíduos Sólidos Urbanos, disposição final de resíduos, aterro sanitário e compostagem.

A análise documental traz informações sobre a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sobre disposição final dos resíduos e documentos do órgão público municipal. Através de ofício, também foi solicitado à Prefeitura de Teresina dados acerca da quantidade e dos tipos de resíduos enviados ao aterro. A respeito do que foi proposto para a pesquisa, a Secretaria municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH) disponibilizou tabelas com informações dos anos de 2010 até 2022.

Sobre a pesquisa de campo, realizou-se uma visita ao aterro de Teresina, ocorrida em fevereiro do ano de 2022, com a finalidade de conhecer o seu funcionamento e observar todo o trabalho desenvolvido no local. Na visita, também se buscou tomar conhecimento do tipo de aterro que a cidade possui, observando-o se trata de um aterro controlado ou de um aterro sanitário e a viabilidade de se implantar uma unidade de compostagem em seu espaço.

2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 Estrutura do aterro

A cidade de Teresina possui um local de disposição final de resíduos coletados pelo poder público municipal, que se enquadra como aterro controlado (SEMPPLAN, 2021). O local de descarte de resíduos em Teresina foi construído no ano de 1982, como lixão. No ano de 2013, tornou-se controlado, em um local considerado distante do centro urbano da cidade naquela época (ALCÂNTARA, IWATA, BAPTISTA, 2018).

O aterro é considerado controlado, pois se caracteriza por ser um local que não atende os critérios da PNRS, uma vez que não possui cuidado com o meio em que os resíduos são dispostos. Os aterros controlados são lugares que possuem presença de animais e de catadores. Os resíduos que chegam são dispostos no solo e são enterrados apenas com uma pequena camada de terra, esse processo favorece o seu aparecimento na superfície ao serem revirados (PEIXOTO et al, 2018).

Nessa perspectiva, no ano de 2018, a gestão municipal criou um projeto de construção do aterro sanitário de Teresina, colocando em prática o que rege o artigo 54º da PNRS, o qual informa que as capitais, as Regiões Integradas de Desenvolvimento Econômico (RIDES) e as regiões metropolitanas teriam um prazo até agosto de 2021 para a implementação de um local ambientalmente correto para receber os rejeitos (BRASIL, 2010).

O espaço onde se encontra o aterro controlado e a construção do aterro sanitário, de acordo com Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) – no seu relatório de Estudos Engenharia Logística e Afins, do ano de 2021 – possui 48,59 hectares, sendo dividido da seguinte maneira: 33,31 hectares de aterro controlado e 15,28 hectares de aterro sanitário em construção.

Segundo Alcântara, Iwata e Baptista (2018), a vida útil do aterro controlado era de 10 anos com base em uma pesquisa realizada em 2018. Na Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI, trazida no Plano de Negócio Referencial, informa que o tempo de vida do atual aterro é de 3 a 4 anos e o funcionamento do novo aterro se dará antes do fim do atual, com uma mudança realizada de forma gradativa.

Atualmente, o aterro está dividido da seguinte maneira: Célula 1 e Célula 2. A célula 1 se refere ao aterro controlado, ainda em funcionamento e com o recebimento de resíduos diariamente em seu espaço. Esse aterro controlado ainda se encontra em funcionamento e não será desativado totalmente. O processo ocorrerá de forma gradual e sua área será posteriormente recuperada. No local, há o acúmulo de resíduos que formam um talude, possuindo entre 5 a 7 metros (SEMPPLAN, 2021). Na célula 2, encontra-se o aterro sanitário em construção. Na figura 2, têm-se imagens da Célula 1 (aterro controlado) e da Célula 2 (aterro sanitário) em construção:

Figura 2– Mosaico do aterro de Teresina PI.



- A. Pilha de resíduos na Célula 1; B. Máquinas trabalhando na pilha de resíduos da Célula 1;
C. Construção do aterro sanitário (Célula 2); D. Área sendo impermeabilizada na Célula 2.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

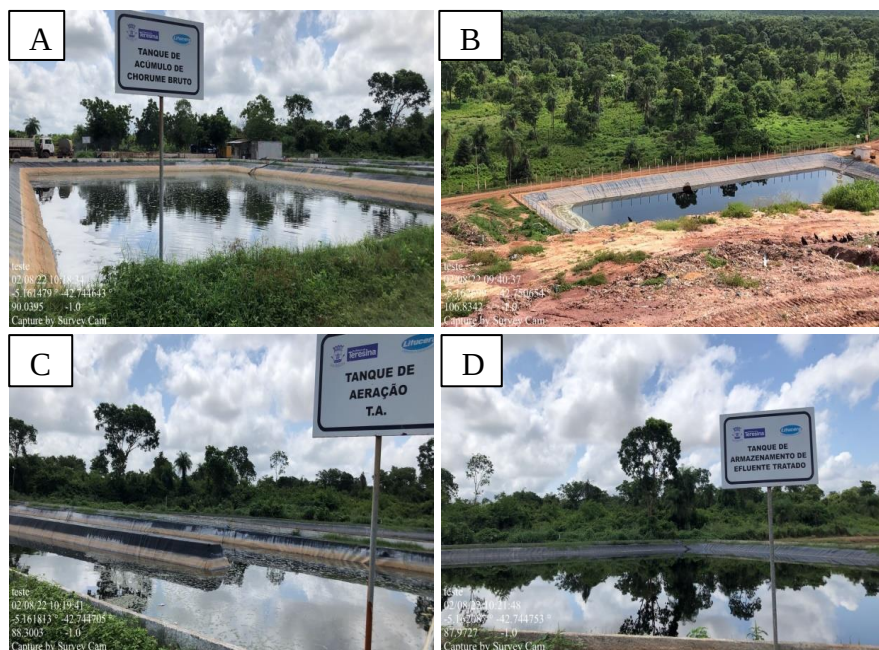
Na célula 1, tem-se uma lagoa de chorume, a qual se encontra impermeabilizada. Na célula 2, há uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), com uma lagoa onde são

direcionados os efluentes da célula. Esta lagoa cabe ressaltar, também possui impermeabilização. Ainda há neste espaço duas lagoas de chorume que recebem o efluente após o tratamento.

A ETE do aterro possui um tanque de aeração, cuja funcionalidade consiste em um tratamento com a presença de oxigênio e de microrganismos originários do próprio tanque, o qual decompõem a matéria orgânica ali presente, formando flocos. O tanque também funciona como um biorreator (ROCHA, 2020).

O líquido percolado, também chamado de chorume, está presente quando existem resíduos em decomposição. Caso haja um manejo de maneira incorreta, o líquido pode atingir o solo por conter uma grande carga tóxica, causando a sua degradação e, caso chegue até o lençol freático, poderá poluí-lo. Dessa forma, há uma necessidade urgente de se tratar o líquido para que não venha provocar danos ao meio (SANTOS, et al, 2021). A figura 3 mostra o líquido percolado no aterro e o tanque de aeração:

Figura 3 – Mosaico do líquido percolado no aterro de Teresina e seu tratamento.



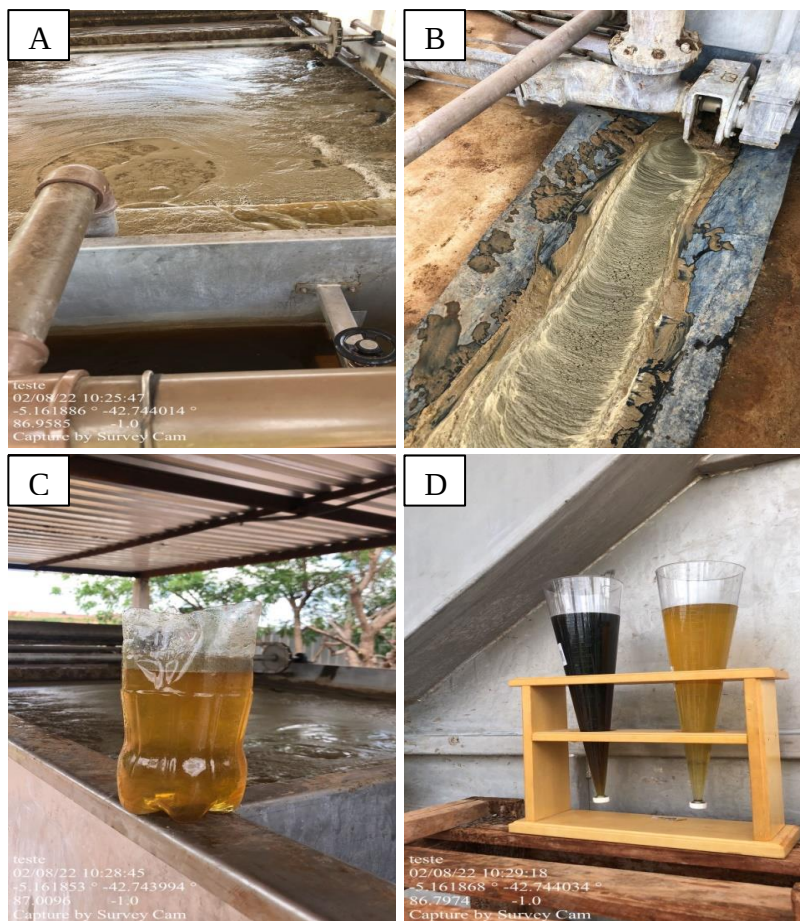
- A. Lagoa de chorume na célula 2; B. Lagoa de chorume da Célula 1; C. tanque de aeração na célula 2; D. Efluente tratado na célula 2.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

A ETE do aterro está em funcionamento regular, realizando a separação do efluente tratado e do lodo. O efluente, após o tratamento, é colocado em um tanque e fica à disposição do aterro. Em seguida, é utilizado para molhar o aterro controlado, além de lavar os

caminhões que trabalham na limpeza pública da cidade. A figura 4 mostra o efluente sendo tratado e após o tratamento:

Figura 4 – Mosaico do tratamento de efluente no Aterro de Teresina.



A. Máquina fazendo o processo de separação do efluente tratado e do lodo; B. Tanque do efluente tratado; C. Efluente tratado; D. Diferença entre efluente tratado e não tratado.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

O lodo, por sua vez, é colocado em um tanque que o acumula e, ao atingir a sua capacidade máxima, é disposto no aterro controlado. Esse lodo, que possui matéria orgânica, poderia ser reutilizado na produção de composto orgânico (BRASIL, 2020a). Entretanto, o produto necessitaria de uma análise química para conhecer a sua qualidade e se está enquadrado dentro dos critérios e parâmetros da Resolução nº 498/2020 do CONAMA, a qual trata da utilização do lodo em solos. A figura 5 traz a imagem do lodo após o tratamento do efluente no aterro de Teresina:

Figura 5 – Lodo no aterro de Teresina.



A. Tanque com lodo após a separação do efluente; B. canalização que leva o lodo até o tanque.

Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

Com base na análise documental da licença ambiental – um documento disponibilizado pela SEMDUH, que contém a categoria de licença de operação do aterro por validade até o último mês de 2025 – observa-se a previsão de uma regularização da célula 1 após o fim do seu funcionamento como uma das suas finalidades de recuperação ambiental, além da conclusão da célula 2.

Esse documento também solicita a apresentação trimestral de um relatório consolidado de execução do monitoramento de estabilização geotécnica do maciço, da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, bem como do chorume e do bom funcionamento da ETE e das emissões de gases. Os dados mencionados estão de acordo com a data de emissão da licença ambiental, de dezembro de 2021.

2.2 Tipos de material recolhidos

Em Teresina, os resíduos que são encaminhados para o aterro são coletados porta a porta pelo serviço público municipal e são levados por caminhões específicos para essa atividade. Ao entrar no aterro, são pesados e é feito o registro do horário de chegada e a zona da cidade da qual o resíduo foi recolhido (ALCÂNTARA, IWATA, BAPTISTA, 2018).

O relatório de estudos de engenharia logística e afins explica como está à disposição dos resíduos após a entrada dos caminhões, organizando-se da seguinte maneira: os mais volumosos são separados por tipos de resíduos, dispostos em sua área específica; os orgânicos são levados para outra parte do aterro e os recicláveis são recolhidos por associações de catadores (SEMPPLAN, 2021).

Segundo a Prefeitura Municipal de Teresina, os resíduos que são encaminhados para o aterro são provenientes dos domicílios (urbano e rural), extradomiciliares, resíduos especiais (penas e vísceras), coleta seletiva, os produtos dos Pontos de Recolhimento de Resíduos (PRR), também capina e transbordo (SEMDUH, 2022). Conforme o documento disponibilizado pela SEMDUH, não há separação dos resíduos orgânicos, os quais se encontram nos resíduos domiciliares.

2.3 Dados quantitativos

Do ponto de vista quantitativo, a pesquisa através dos documentos da SEMDUH, traz um histórico da quantidade de resíduos dos anos de 2010 a 2022, observando o aumento destes resíduos no aterro. Na tabela 1, tem-se a quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina de 2010 a 2021:

Tabela 1 - Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina.

Anos	Acumulado	Média mês
2010	435.776,20	36.314,68
2011	475.957,26	39.663,11
2012	523.958,26	43.663,19
2013	475.782,24	39.648,52
2014	462.461,06	38.538,42
2015	445.624,47	37.135,37
2016	398.422,75	33.201,90
2017	423.615,57	35.301,30
2018	440.206,28	36.683,86
2019	454.730,96	37.894,25
2020	498.183,52	41.515,29
2021	512.799,45	42.733,29

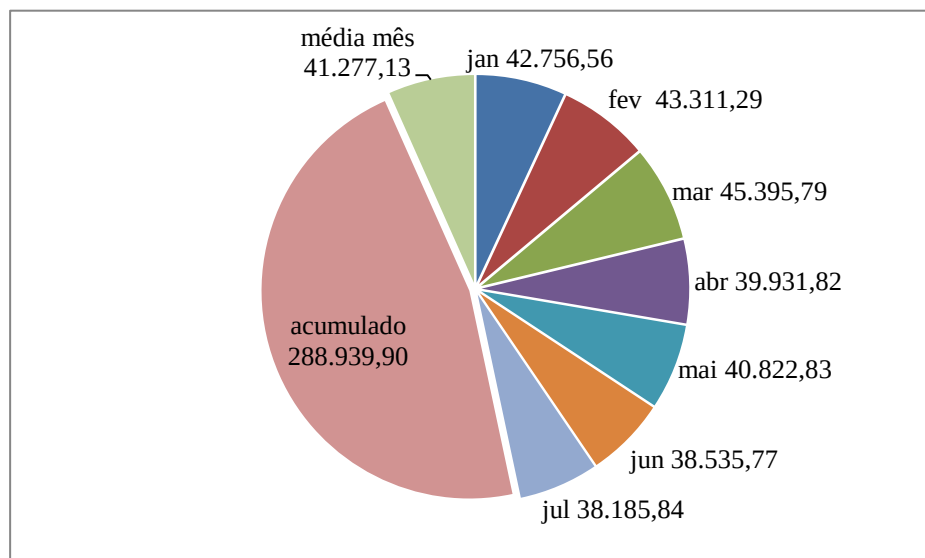
Fonte: Dados da SEMDUH (2022).

Analisando a tabela 1, compreende-se o acumulado e a média/mês de resíduos dispostos no aterro em Teresina. Observa-se que nos anos de 2010 a 2012 houve uma crescente em relação aos resíduos enviados ao aterro. No período de 2013 a 2017 houve uma redução no quantitativo, voltando a crescer novamente em 2018 até 2021.

Como não foi possível realizar entrevistas, não se descobriu o motivo do decréscimo de resíduos levados ao aterro nos anos de 2013 a 2017. Todas as informações aqui contidas, cumpre alertar, estão em documentos que foram solicitados para a SEMDUH. Em 2022, a SEMDUH disponibilizou dados da quantidade de resíduos, tanto acumulados como a

média/mês dos meses de janeiro até julho. Na figura 6, tem-se um gráfico com os dados de 2022 sobre a quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina:

Figura 6 – Quantidade de resíduos dispostos no aterro de Teresina no ano de 2022 em toneladas/mês.



Fonte: Dados da SEMDUH (2022).

No limiar do ano de 2020 para o ano de 2021 houve, aproximadamente, um aumento de 2,85% de resíduos enviados ao aterro. Entende-se, assim, que os orgânicos também sofreram acréscimos. O acumulado, até o meio do ano de 2022, foi de 288.939,90 e a média-mês de 41.277,13. Fazendo uma comparação com o ano anterior, 2021, apenas até o meio do ano, 2022 já se aproxima do valor de resíduos dispostos no aterro no ano de 2021 em sua média-mês.

Em 2022, apenas até o meio do ano, já se tem um aumento expressivo dos RSU, por isso, necessita-se reduzir a quantidade dos resíduos orgânicos do aterro de Teresina a fim de aperfeiçoar o espaço e, entende-se, diante destes fatos que a melhor estratégia para essa situação é o processo denominado compostagem.

3.3 Compostagem como solução para a redução de resíduos orgânicos no aterro de Teresina PI

Sobre a compostagem enquanto solução estratégica para os resíduos orgânicos, o artigo 3º, inciso VII, trata da destinação final ambientalmente adequada dos resíduos. O artigo 35º, por sua vez, traz os princípios da responsabilidade compartilhada, constando, no inciso V,

a articulação entre o poder público, privado e a sociedade para utilizar o composto produzido (BRASIL, 2010).

A compostagem é uma solução para o manejo de resíduos orgânicos, na qual se utiliza a técnica de transformar a matéria orgânica em adubos. Os adubos são compostos que através do processo físico, químico e biológico, são ricos em nutrientes e fertilizam o solo, além de serem usados em plantações, jardins, entre outros (FARIA et al. 2020).

A Prefeitura de Teresina (2021, p. 30) informa que “Os resíduos de poda e capina são encaminhados a uma frente específica, para posterior aterramento ou compostagem”. É possível comprovar o aterramento de alguns resíduos orgânicos no aterro, como está exposto na figura 7:

Figura 7 – Alguns resíduos orgânicos no aterro de Teresina.



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

Não foi possível chegar mais próximo ao local onde estavam soterrando podas e galhos de árvores (figura 7), no entanto, foi possível verificar que tratores quebravam o material orgânico e alguns caminhões os soterraram. Ademais, não se constatou que outros tipos de resíduos orgânicos além das podas estavam passando pelo processo de aterramento. Ainda assim, o relatório da prefeitura traz a compostagem, embora este procedimento não esteja vigente no local em estudo.

Na visita ao aterro, foi presenciada uma área onde estaria sendo reservada para a construção de uma Unidade de Compostagem. Assim, foi possível observar que o aterro possui viabilidade de se praticar a compostagem, possuindo também matéria-prima e mão de obra abundante. A matéria prima, no caso, são os resíduos orgânicos que são dispostos no aterro.

A respeito da mão-de-obra, os catadores que lá utilizam dos resíduos para a sua subsistência, consta no capítulo II, dos princípios e objetivos, no art. 7º, inciso XII da PNRS, devem ser integrados também os catadores de materiais no princípio da responsabilidade compartilhada, ajudando na reintrodução àqueles resíduos que ainda podem ser reutilizados e reciclados para a economia (BRASIL, 2010).

A compostagem no aterro poderia integrar os catadores em uma atividade lucrativa dentro deste espaço, colocando em prática o que rege a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), quando se trata da destinação final ambientalmente correta dos resíduos e confere a reintrodução dos catadores a responsabilidade compartilhada no ciclo de vida dos resíduos. Na figura 8, encontra-se a área reservada para compostagem no aterro:

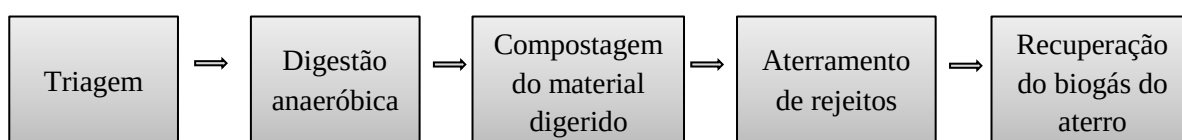
Figura 8 – Área para construção da Unidade de Compostagem.



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2022.

Os administradores do aterro têm planos para instalar uma unidade de compostagem, cujo Relatório de Estudos Engenharia Logística e Afins indica que há a intenção de reduzir a quantidade de resíduos no aterro e que estão estabelecendo rotas tecnológicas. Ao todo serão três rotas para os resíduos orgânicos. A rota 2 está inclusa no seguinte esquema da figura 11:

Figura 11 – Rota Tecnológica a ser implantada no aterro incluindo a compostagem.



Fonte: adaptado de SEMPLAN, 2021.

Segundo o relatório, esse método será importante para melhorar a vida útil do aterro e, em especial, contribuirá na redução do quantitativo de resíduos orgânicos no seu espaço. Por

isso, a área escolhida para a compostagem (figura 10), receberá 60 toneladas/dias, com previsão de 45 dias para a estabilização e uma produção de 40 toneladas de composto orgânico por dia com a possibilidade de comercialização. Os rejeitos desse processo serão encaminhados para o aterro sanitário (SEMPLAN, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível conhecer o aterro de Teresina, o qual está funcionando como aterro controlado. É cabível informar que já existe a construção do aterro sanitário ainda em fase inicial de implantação, apenas com uma área impermeabilizada e outra em processo de impermeabilização.

Sobre a quantidade de resíduos orgânicos, não se encontrou essa informação, percebendo-se na visita que não há separação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Os resíduos orgânicos estão misturados ao RSU, não havendo uma quantidade específica deles. Sobre a compostagem no aterro, foi possível constatar que há viabilidade de construir uma Unidade de Compostagem, havendo espaços para implantação de leiras e o uso de máquinas para revirar, triturar e misturar os resíduos orgânicos para a produção de compostos.

Até o momento da construção desta pesquisa, não havia nenhuma atividade voltada para a compostagem dos resíduos orgânicos no aterro de Teresina, visto que a utilização destes resíduos na produção de composto reduziria a quantidade de resíduos dispostos no aterro, aumentando seu tempo de vida, além de otimizar o espaço e diminuir os impactos negativos ao meio ambiente provocados pela sua decomposição.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2020. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: [https://abrelpe.org.br/panorama-2020/aceso em 18 maio. 2021](https://abrelpe.org.br/panorama-2020/aceso%20em%2018%20maio.2021).

ALCÂNTARA, J. R; IWATA, B. D. F; BAPTISTA, E. M. C. RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA – PIAUÍ: Entre a legislação e a destinação. V. 1 n. 1 (2022): Edição especial de lançamento Rebrape.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15849:2010**. Resíduos Sólidos Urbanos – Aterro Sanitário de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 0498, de 19/08/2020**. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de bio sólido em solos, e dá outras providências.

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-498-de-19-de-agosto-de-2020-273467970>. Acesso em: 31 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 mai. 2021.

COSTA, N. R. M. D. et al. **A história da coleta de resíduos em Novo Hamburgo, RS e uma proposta de uma nova roteirização utilizando sistema de informações geográficas.** Oficina do historiador, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 1-12, jul.-dez. 2020.

FARIA, J. C. T, et. al. **A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá.** Nativa, Sinop, v. 8, n. 2, p. 224-230, mar./abr. 2020.

HELENE, L. P. I. **DINÂMICA DA GERAÇÃO E FLUXO DE CHORUME EM ATERRO SANITÁRIO DE PEQUENO PORTE A PARTIR DE MONITORAMENTO GEOFÍSICO.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Rio Claro, São Paulo, 2019. 110 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010.** Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso: 17 maio. 2021.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados, 2021.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>. Acesso: 12 jun. 2022.

LIMA, I. M. M. F. **Teresina:** O relevo, os rios e a cidade. Revista Equador, Teresina, v. 5, n. 3, p. 375-397, 2016. Edição Especial, 2.

NASCIMENTO, C. M. T. D; CRUZ, M. L. B. D. **Resíduos sólidos:** presença e ameaça no espaço geográfico. GeoTextos, vol. 13, n. 2, dezembro 2017. C. do Nascimento, M. da Cruz. 183-206.

PEIXOTO, A. L. D.C. ET AL. Characterization of controlled landfill leachate from the city of Guaratinguetá - SP, Brazil. **Rev. Ambient. Água** vol. 13 n. 2, e2136 – Taubaté, 2018.

RAMOS, N. F. et al. **Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil.** Eng Sanit Ambient | v.22 n.6 | nov/dez 2017 | 1233-1241.

ROCHA, M. C. V. **Microbiologia Ambiental.** 1 ed. Curitiba; Editora Intersaberes, 2020.
SANTOS, J. P. M. et al. **Tratamento eletroquímico de chorume empregando diferentes eletrodos.** Research, Society and Development, v. 10, n.15, e447101522102, 2021.
SILVA. W. K. A. S; TAGLIAFERRO, E. R. Aterro sanitário - a engenharia na disposição final de resíduos sólidos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p.12216-12236feb. 2021.

TERESINA. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **Perfil dos Bairros**. Disponível em: <http://semplan.teresina.pi.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

TERESINA. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. Estruturação do SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) no Município de Teresina/PI. **Estudo de Engenharia, Logística e Afins**. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2021/05/Relatorio-de-Estudos-Engenharia-Logistica-e-Afins.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022

TERESINA, 2013. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Mapas de Teresina, 2013**. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1oDUOT92kbHTb1gKor9vHOpjAZgK_O_IK. Acesso em: 6 abr. 2021.

APÊNDICE D



RESÍDUOS SÓLIDOS NO BAIRRO MORRO DA ESPERANÇA EM TERESINA PIAUÍ: UMA ANÁLISE DOS ANOS 2011 E 2021

Jacqueline Ribeiro **ALCÂNTARA**

Aluna do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF) do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central.

E-mail: ribeirojac@outlook.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8773-7560>

Elisabeth Mary de Carvalho **BAPTISTA**

Docente do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), campus Poeta Torquato Neto. E-mail: baptistaeli@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7968>

Bruna de Freitas **IWATA**

Docente do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF) do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central.

E-mail: iwata@ifpi.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6465-9731>

Resumo: Os resíduos são formados nos aglomerados urbanos, surgem após o consumo e são muitas vezes, descartados em lugares inadequados, gerando problemas socioambientais, como: entupimentos de galerias, proliferação de algumas doenças, poluição do solo, ar e das águas (superficial e subterrânea). O bairro Morro da Esperança localiza-se em Teresina, na região sob responsabilidade da Superintendência das Ações Administrativas

Descentralizadas (SAAD) Norte, e tem sua história relacionada à disposição inadequada de resíduos sólidos, já que os moradores depositavam seus resíduos domiciliares no interior de alguns terrenos de propriedade do exército, situados no bairro em apreço, quando eles não ainda contavam com muros. Apesar de os terrenos atualmente disporem de muros, ainda se concebe a presença de resíduos nas calçadas, principalmente em um dos terrenos, que fica na Rua Professor Fernando Marques. O objetivo deste trabalho foi comparar o processo de disposição final e a coleta de resíduos sólidos nas calçadas do terreno do exército brasileiro da Rua professor Fernando Marques, no bairro Morro da Esperança, em Teresina Piauí, nos anos de 2011 e 2021. Na metodologia, lançou-se mão de pesquisa bibliográfica, a fim de discutir sobre Geografia, meio ambiente e resíduos sólidos. Ademais, bem como uma pesquisa de campo, por meio de observação e registro fotográfico. Como resultado, observou-se a presença de resíduos sólidos espalhados nas calçadas do terreno em estudo, mas com a presença do poder público tentando minimizar essa problemática. Concluiu-se que a deposição de resíduos sólidos nesses espaços do bairro Morro da Esperança decorre do hábito dos próprios moradores, pois mesmo após dez anos, o local continua a receber resíduos, mas com um diferencial: o controle parcial pela prefeitura, após transformá-lo em um Ponto de Recebimento de Resíduos (PRR) que recolhe, mas não evita totalmente o acúmulo deles nas calçadas.

Palavras-chave: Educação ambiental. Geografia. Meio ambiente. Resíduos.

SOLID WASTE IN THE MORRO DA ESPERANÇA NEIGHBORHOOD IN TERESINA PIAUÍ: AN ANALYSIS OF THE YEARS 2011 AND 2021

Abstract: Waste is formed in urban agglomerations, appears after consumption and is often discarded in inappropriate places, generating socio-environmental problems, such as: clogged galleries, proliferation of some diseases, soil, air and water pollution (surface and underground). The Morro da Esperança neighborhood is located in Teresina, in a region under the responsibility of the North Decentralized Administrative Actions Superintendence (SAAD), and has a history related to the inappropriate disposal of solid waste, since residents deposit their household waste inside some land owned by the army, located in Morro da Esperança, when they had no walls. Despite the land currently having walls, it is still conceived the presence of waste on the pavements, mainly on land located on Professor Fernando Marques Street. The objective of this work was to compare the process of final disposal and the collection of solid waste in the sidewalks of the Brazilian Army land at Professor Fernando Marques Street, in the Morro da Esperança neighborhood, in Teresina Piauí, in the years 2011 and 2021. In the methodology, we launched a bibliographic research, in order to discuss Geography, the environment and solid waste. In addition, as well as a field research, through observation and photographic record. As a result, the presence of solid waste was observed on the sidewalk of the land in the study, but with the presence of public power trying to minimize this problem. It was concluded that the deposition of solid waste in the spaces of the Morro da Esperança neighborhood due the habit of its own residents, for even after ten years, the place continues to receive waste, but with a differential: a partial control by the prefecture that collects the waste, after transforming it in a Waste Reception Point (PRR), but it does not totally prevent accumulation in the streets.

Keywords: Environmental Education. Geography. Environment. Waste.

RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BARRIO MORRO DA ESPERANÇA EN TERESINA PIAUÍ: UN ANÁLISIS DE LOS AÑOS 2011 Y 2021

Resumen: Los residuos se forman en las aglomeraciones urbanas, aparecen después del consumo y muchas veces son desechados en lugares inapropiados, generando problemas socioambientales, tales como: obstrucción de galerías, proliferación de algunas enfermedades, contaminación del suelo, aire y agua (superficial y subterránea). El barrio Morro da Esperança está ubicado en Teresina, en una región a cargo de la Superintendencia de las Acciones Administrativas Descentralizadas (SAAD) Norte, y su historia está relacionada con la disposición inadecuada de los residuos sólidos, ya que los vecinos depositaban sus residuos domiciliarios dentro de terrenos de propiedad del ejército, ubicados en ese distrito, cuando aún no tenían muros. Aunque el terreno actualmente tenga muros, todavía se concibe la presencia de residuos en las aceras, especialmente en uno de los terrenos, que está ubicado en la Rua Professor Fernando Marques. El objetivo de este trabajo fue comparar el proceso de disposición final y la recolección de residuos sólidos en las aceras del terreno del ejército brasileño en la Rua Professor Fernando Marques, en el barrio Morro da Esperança, en Teresina Piauí, en los años 2011 y 2021. Se utilizó la investigación bibliográfica para discutir Geografía, medio ambiente y residuos sólidos. Además, así como una investigación de campo, a través de la observación y registro fotográfico. Como resultado se observó la presencia de residuos sólidos esparcidos en las aceras del terreno en estudio, pero con la presencia del poder público tratando de minimizar este problema. Se concluyó que el depósito de residuos sólidos en estos espacios del barrio Morro da Esperança se deriva de la costumbre de los propios habitantes, ya que después de diez años, el lugar sigue recibiendo residuos, pero con un diferencial: el control parcial por parte del ayuntamiento, tras transformarlo, en un Punto de Recepción de Residuos (PRR) que recoge, pero no impide por completo, su acumulación en las aceras.

Palabras clave: Educación ambiental. Geografía. Medio ambiente. Desperdiciar.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos configuram um problema social e ambiental, visto que a sua disposição final muitas vezes não segue a forma correta, causando problemas de saúde para a sociedade, e muitas vezes, danos irreversíveis ao meio ambiente.

O bairro Morro da Esperança, localizado em Teresina, está sob a responsabilidade da SAAD norte, estado do Piauí, e tem sua história relacionada à presença de resíduos sólidos, porquanto no local há disposição inadequada desses materiais, cuja disposição final deverá ser uma preocupação apenas para os rejeitos, isto é, aqueles resíduos que perderam a possibilidade de voltar à cadeia produtiva e devem ser enviados a aterros sanitários (PLANARES, 2022).

Na área em estudo, há três terrenos de propriedade do exército brasileiro que recebiam diariamente uma quantidade significativa de resíduos em seu interior. Esses espaços hoje se encontram murados, mas ainda são feitos descartes nas calçadas dos referidos terrenos. Um

dos três terrenos, localizado na rua professor Fernando Marques, no bairro Morro da Esperança recebe uma maior quantidade de resíduos diariamente.

Considerando esse contexto, o problema da pesquisa gira em torno da disposição dos resíduos sólidos nas calçadas de um dos terrenos do exército brasileiro, situado na Rua professor Fernando Marques, estabelecendo um comparativo entre os anos de 2011 e 2021, considerando-se uma questão histórica que tem perdurado principalmente nesta via, podendo ser um fator promotor de prejuízos sociais e ambientais para a população do Bairro Morro da Esperança.

Esse propósito confere à pesquisa uma relevância social e ambiental, produzindo conhecimentos que podem empoderar o controle social de políticas ambientais em Teresina, além de contribuir com a melhoria de políticas públicas no âmbito da gestão de resíduos sólidos na capital piauiense.

Nesse contexto, o artigo tem como objetivo geral comparar o processo de disposição final e coleta de resíduos sólidos nas calçadas do terreno do exército brasileiro da Rua professor Fernando Marques, no bairro Morro da Esperança, em Teresina – Piauí, nos anos de 2011 e 2021.

A partir dos resultados, indicam-se sugestões de medidas compensatórias e preventivas para tentar informar a população em relação aos problemas provocados pela disposição final inadequada dos resíduos, como também as vantagens que os resíduos sólidos podem promover a exemplo da geração de renda à população e saúde ao meio ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Breve caracterização da área de estudo

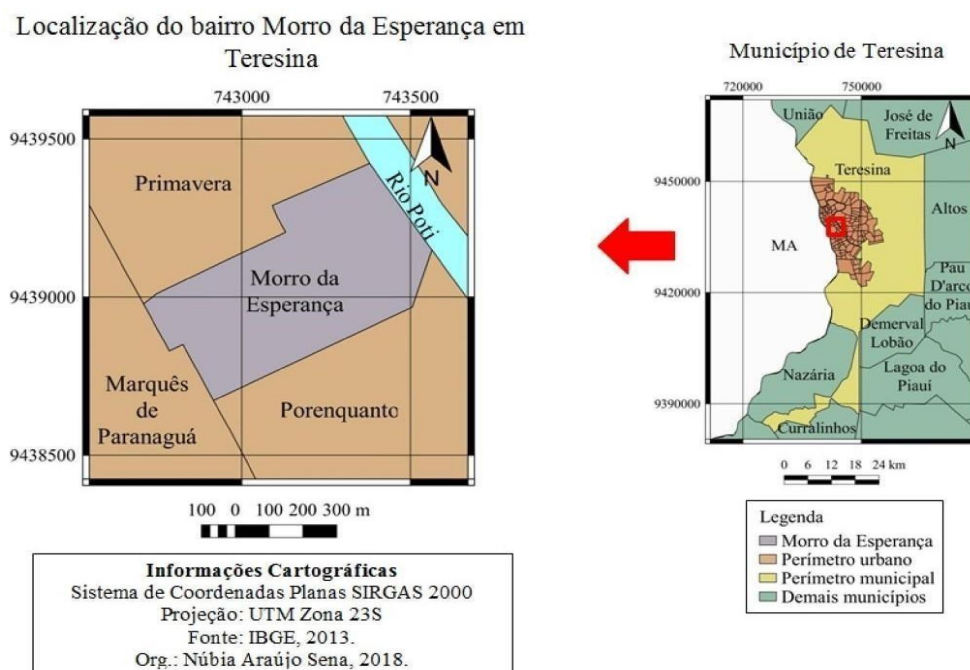
O município de Teresina localiza-se, segundo Lima (2016), na Mesorregião Centro-Norte piauiense, na Região Nordeste do Brasil, e apresenta área 1.391,293 km² (IBGE, 2021). De acordo com o Censo 2010, a população teresinense era de 814.230 habitantes (IBGE, 2010). Em 2022 a estimativa populacional de Teresina é de 871.126 pessoas (IBGE, 2021).

Sobre os aspectos geoambientais, os terrenos teresinenses estão na formação Pedra de Fogo, com ocorrência de afloramento de Formação Itapecuru, sendo que na atualidade, os processos morfogenéticos construídos são denominados morfotipos artificiais (BAPTISTA 1979). No tocante à classificação climática de Köeppen, o clima de Teresina é definido como do tipo Tropical (Aw'), possui um clima quente e úmido, com período chuvoso nos meses de dezembro a maio, e seco de junho a novembro (CARVALHO, 2015).

De acordo com a Prefeitura de Teresina, o bairro Morro da esperança (Figura 1) está na área do Hospital Areolino de Abreu (antigo hospital dos Psicopatas), sendo criado a partir da apropriação de terrenos ocorrida no entorno desse hospital. Nesse local onde hoje se encontra o bairro pesquisado, já existia um acúmulo de resíduos (TERESINA, 2018).

Concebe-se que “devido ao acúmulo de lixo ali jogado havia muitos urubus e a região passou a ser chamada de Morro do Urubu, o que desagradava aos moradores” (TERESINA, 2018, n.p.). Com isso, na década de 1960, por meio de um dos primeiros moradores do local e por um vereador da época, mediante uma assembleia-geral, o bairro passou a chamar-se Morro da Esperança (TERESINA, 2018).

Figura 1. Localização do bairro Morro da Esperança



Fonte: IBGE (2013).

A delimitação do bairro compreende a área contida no seguinte perímetro: partindo do cruzamento da Rua Alcides Freitas com a Rua 13 de março, por onde prossegue até o prolongamento da galeria e por ela atinge o Rio Poti, seguindo o curso d'água em direção ao sul, chegando ao prolongamento da Rua Alcides Freitas e, daí, retornando ao ponto de partida (TERESINA, 2018). A figura 2 mostra os terrenos de propriedade do exército brasileiro no bairro Morro da Esperança.

Figura 2 – Terrenos de propriedade do exército brasileiro no bairro Morro da Esperança



Fonte: organizado pelas autoras (2022), com base em Teresina (2013) e Google Earth (2021).

Procedimentos metodológicos

A metodologia empregada nesta investigação parte de uma revisão bibliográfica, análise de documentos e visita ao campo. A primeira foi realizada com base em trabalhos produzidos por pesquisadores que reuniram estudos sobre Geografia, meio ambiente, resíduos sólidos, coleta, disposição de resíduos e educação ambiental, entre outros relacionados ao problema causado pelos resíduos sólidos. Nessa perspectiva, fundamenta-se o estudo em autores como Mendonça (2020); Nascimento; Cruz, (2017); Carvalho (2015); Botelho et al. (2016), entre outros.

Realizou-se uma análise documental da Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e também da Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), de 2022, além de documentos da gestão pública municipal.

Na visita de campo, realizada por meio das técnicas de observação direta, participante e imagens fotográficas, o universo da pesquisa compreendeu o bairro Morro da Esperança, em Teresina, Piauí. O registro fotográfico foi feito conforme o desenvolvimento da pesquisa, para mostrar a quantidade de resíduos dispostos nas calçadas do terreno da rua professor Fernando Marques, no bairro em estudo.

Uma visita ao local ocorreu no ano de 2011. No sentido de contribuir para a compreensão da problemática identificada, promoveu-se uma observação em 2021, ou

seja, vislumbrou-se uma escala temporal de dez anos, visando comparar a presença dos resíduos sólidos nos anos de 2011 e 2021, para verificar se houve alguma mudança e medidas mitigatórias desenvolvidas na área de estudo.

A PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL NA GEOGRAFIA E OS RESÍDUOS SÓLIDOS

Nas discussões da Geografia, as atividades antrópicas, o meio alterado e não mais natural, assim como uma natureza apropriada e transformada sempre estiveram presentes. A temática ambiental em Geografia ganha impulso como campo de conhecimento, denotando algumas preocupações com as transformações provocadas pela urbanização, globalização, tendo em vista a natureza humanizada e socializada. Nesse contexto, a Geografia é uma ciência importante para o entendimento da problemática ambiental (MENDONÇA, 2020).

A Geografia e outras ciências preocupam-se com o meio ambiente e discutem a questão dos resíduos sólidos, pois a disposição final errônea desses materiais enseja problemas ao meio, impactando de forma direta e indireta todo um ecossistema. Dessa forma, os resíduos sólidos ainda são vistos como elementos que não têm utilidade e deveriam ser descartados, mas muitas vezes, são postos em locais impróprios (ANDRADE; SOUSA; GUIMARÃES, 2021).

O baixo interesse da sociedade, de modo geral, juntamente a pequena efetividade de políticas públicas em relação à gestão de resíduos sólidos pode tornar espaços públicos vulneráveis ao acúmulo de resíduos, requerendo a adoção de uma educação ambiental, mediante programas oferecidos pelos órgãos públicos em escolas e nas comunidades, ou seja, de modo que os problemas ambientais muitas vezes causados pelos próprios cidadãos sejam revelados para eles, a fim de provocar uma mudança de postura.

A educação ambiental inserida na disciplina de Geografia, assim como em outras, poderá dinamizar o processo ensino-aprendizagem, pois hoje, os problemas ecológicos e as transformações ambientais não ocorrem de forma isolada em um único lugar, mas próximos da realidade das pessoas (BOTÊLHO et al., 2016).

Colocar a educação ambiental em prática é uma ação que pode se tornar cada vez mais significativa, pois o ser humano começará a enxergar como ser predador dos recursos naturais. Atenta-se para a importância no uso dos recursos que a natureza oferece para a sobrevivência de todos, mas é necessário fazer isso com responsabilidade e cuidado, repondo o que é tirado da natureza.

Os resíduos sólidos gerados pelos seres humanos surgiram com o consumo, em conformidade com o crescimento da população, a utilização de produtos para sua

alimentação, seu trabalho, sua moradia, sua sobrevivência. Assim, produtos utilizados pelo ser humano contam a história da humanidade, por intermédio dos resíduos sólidos (NASCIMENTO; CRUZ, 2017).

Sobre as mudanças ocorridas na sociedade, nos espaços urbanos, na indústria e no desenvolvimento de um sistema capitalista que visa à produção e ao capital, desenvolver projetos de gerenciamento para os resíduos tornou-se imprescindível. Para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, precisa-se de estudos sobre as melhores alternativas de tratamento dos resíduos e, conseqüentemente, de sua disposição. Assim, a Lei 12.305, sancionada em agosto de 2010, instituiu a PNRS, alterou a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e deu outras providências para a questão dos resíduos no Brasil, trazendo em seu texto, princípios, objetivos e instrumentos que propõem uma gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no País (BRASIL, 2010).

Resíduos sólidos urbanos no Brasil

A formação de resíduos sólidos intensificou-se com o processo de industrialização e urbanização, e em virtude do aumento da população, tem gerado grandes problemas, pois quanto maior é o número de pessoas nas cidades, maior será o uso dos recursos naturais para a fabricação de novos produtos. Essas matérias-primas são utilizadas e não repostas na natureza, de modo que as sobras daquilo que foi consumido são dispostas em lugares inapropriados (PLANARES, 2022). Ao longo do tempo, todos os materiais, sejam orgânicos, industriais, domiciliares, entre outros, necessitam de soluções estratégicas para a sua disposição final, carecendo de conhecimento de seu ciclo de vida, que poderá voltar à cadeia produtiva e/ou que esgotou a sua vida útil. Conforme a PNRS, (Quadro 1) os termos rejeitos e resíduos sólidos diferem.

Quadro 1 – Diferença entre rejeitos e resíduos sólidos PNRS 2010

REJEITOS	RESÍDUOS SÓLIDOS
Resíduos sólidos que, após esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.	Material, substância, objeto ou bem descartado, resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, propõe-se proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquido cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

Fonte: (BRASIL, 2010, n.p.).

O tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é de responsabilidade dos administradores públicos, dos geradores e de toda a sociedade (BRASIL, 2010). Isso posto, acredita-se chegar a uma gestão de resíduos com efetividade quando houver a participação de todos. Assim, a implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PLANARES) deverá determinar medidas para o manejo dos RSU e ações técnicas de prevenção dos problemas provocados pelo mau tratamento dos resíduos (PLANARES, 2022).

O manejo dos RSU promoverá medidas técnicas de mitigação dos riscos provenientes dos resíduos para a população e para o meio ambiente. No que tange à lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, alguns projetos de manejos de RSU estão sendo feitos no Brasil, mas ainda é possível verificar uma deficiência na implantação de medidas de minimização de riscos dos resíduos sem tratamento (BRASIL, 2007).

No Brasil, a produção de resíduos sólidos afeta as grandes cidades. Um exemplo é a cidade de São Paulo, que gera quantidades gigantes de resíduos por dia, devido ao alto consumo. A forma adotada pelos administradores da cidade para reduzir ou amenizar o problema dos resíduos em São Paulo foi à implantação da coleta seletiva, gerando emprego e renda para uma parcela da população paulistana (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

Em Teresina, a problemática dos resíduos sólidos não se difere tanto das demais cidades do país, porquanto o descarte dos resíduos é constante em ruas, terrenos, assim como nas margens dos dois rios que banham a capital – Poti e Parnaíba. Por esse acúmulo, verificam-se algumas consequências como no período das chuvas, com agravamento nas condições de drenagem, sendo a disposição irregular de resíduos um dos motivos que contribuem para esse problema, é a presença dos resíduos jogados em bueiros ou galerias que acabam obstruindo a passagem da água, causando transtornos para muitos cidadãos teresinenses.

A coleta de resíduos sólidos atende a toda a área urbana de Teresina, mas não é proporcionada para a área rural do município. Todos os resíduos sólidos da coleta pública municipal são depositados no aterro da cidade que, segundo a prefeitura, está passando por reformas, seguindo o que dispõe a PNRS em relação ao local ambientalmente correto para a disposição final dos resíduos (TERESINA, 2021).

Uma alternativa para a redução dos resíduos dispostos em lugares inadequados são os pontos de coletas seletivas existentes em Teresina, são 21 pontos de coleta espalhados na cidade conforme o *site* da Prefeitura (TERESINA, 2022) em notícia veiculada em junho de

2022. São 21 Pontos de Entrega Voluntária (PEV), com a finalidade de recolher resíduos que apresentam possibilidade de Reciclagem ou Reutilização.

A participação da população no processo de coleta seletiva dependerá das informações sobre a existência desses pontos, visto que, ainda há pouco conhecimento sobre as PEVs que para receber resíduos exige a separação para depositá-los nos contêineres situados em alguns postos em Teresina identificados pela cor e tipo de material específico, a saber: vermelho – plástico; verde – vidro; azul – papel; amarelo – metais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O bairro Morro da Esperança, desde a sua criação, convive com o descarte dos resíduos sólidos dispostos em lugares impróprios. Existem três terrenos de propriedade do exército brasileiro que recebiam diariamente uma grande quantidade de resíduos em seu interior. Esses espaços, após serem murados, começaram a ter em suas calçadas a presença de resíduos. A figura 3 ilustra um dos terrenos murados e a presença de resíduos nas calçadas no entorno deste no ano de 2011.

Figura 3 – Mosaico de imagens dos resíduos sólidos no terreno do bairro, em 2011



A. Frutas em sacolas plásticas; B. Embalagens plásticas; C. Animal revirando os resíduos; D. Galhos de árvores.
Fonte: arquivo pessoal das autoras (2011).

A rua demonstrada na figura 3 chama-se Professor Fernando Marques, e está entre dois dos três terrenos do exército brasileiro. Observa-se a presença de resíduos domiciliares nas calçadas. Esse ponto é o mesmo onde sempre se concentrou, em 2011, uma grande quantidade de resíduos após os terrenos murados.

Pela análise da figura 3, nota-se que os resíduos mais vistos são de tipo domiciliar, como: garrafas de iogurtes; galhos de árvores; papelões; plásticos; e latas de metais, entre outros. A quantidade de resíduos sólidos encontrados nos terrenos em 2011 era grande, mesmo a prefeitura realizando a limpeza semanalmente no local.

Observou-se que as coletas realizadas pelo órgão municipal não atendia à necessidade do bairro, devido à presença diária de descartes existentes no local que contribuíam para a quantidade de resíduos dispostos de forma inadequada. A figura 4 ostenta a retirada de resíduos do local no ano de 2011.

Figura 4 – Mosaico de imagens da retirada de resíduos pela prefeitura, em 2011



Fonte: arquivo pessoal das autoras (2011).

Observa-se na figura 4, a presença de trabalhadores da prefeitura retirando os resíduos das calçadas do terreno da rua professor Fernando Marques. Nos caminhões, são colocados todos os objetos encontrados no local. Ademais, verifica-se que esse

recolhimento é realizado por um caminhão comum, não havendo nada que especifique a Prefeitura de Teresina.

As figuras 4 e 5 mostraram como estavam os terrenos no ano de 2011, em relação à disposição final de resíduos. Nas figuras 5 a 7 iniciando-se pela figura 5, demonstra-se o mesmo terreno do bairro em estudo no ano de 2021, por conseguinte, a atuação da prefeitura ao se passar dez anos. A visita ocorreu em dois dias distintos: a primeira, dia 10 de novembro de 2021; a segunda, 1 de dezembro de 2021.

Figura 5 – Mosaico de imagens dos Resíduos sólidos no bairro Morro da Esperança, no ano de 2021



A. Placa informativa sobre o PRR; B. Contêiner colocado pela prefeitura; C. Interior do contêiner; D. Resíduos no contêiner.

Fonte: arquivo pessoal das autoras (2021).

No primeiro dia da visita à área de estudo, percebeu-se que a prefeitura criou uma estratégia de manter o local para receber resíduos. Segundo a Prefeitura Municipal de Teresina (PMT), existem vários pontos de descarte irregular de resíduos na cidade, então, a PMT decidiu criar os Pontos de Recolhimento de Resíduos (PRRs). Ao todo, são 56 pontos espalhados em todas as zonas da cidade, os quais recebem resíduos domiciliares, de construção e podas (TERESINA, 2021), notícia veiculada no site da PMT em abril de 2021.

A população do bairro em estudo, já criou o hábito de utilizar esse espaço para a disposição final de seus resíduos, os quais são considerados pelos moradores como os

“lugares corretos” para essa finalidade. Tendo isso em vista, colocar um PRR nesse local tornou-se uma demanda pertinente.

Observa-se que há iniciativa por parte dos órgãos responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos em Teresina, por meio das PRRs que, tem a intenção de reduzir os espalhamentos dos resíduos sólidos. Constitui-se em uma ação importante, mas necessitando de algumas informações de sua utilidade e também as atividades que ocorrem em seu entorno como se observa na figura 6 que foi realizada uma limpeza pela PMT nas calçadas do terreno próximo o PRR.

bairro, palestras, oficinas, minicursos, de modo a agregar algumas das sugestões acima mencionadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo desta investigação, a pesquisa revelou que o tratamento dos resíduos hoje é de responsabilidade dos administradores públicos, geradores de produtos e da população, e que as partes têm de trabalhar juntas, não sendo suficiente um fazer e o outro, não.

No bairro Morro da Esperança, foi possível perceber a presença da Prefeitura Municipal na coleta pública de resíduos, de porta em porta. Tal ação ocorre três vezes na semana. Já no terreno estudado, da Rua Professor Fernando Marques, o órgão responsável pela limpeza da cidade envia para os locais caminhões para recolher os resíduos da PRR.

Verificou-se que após dez anos, o acúmulo de resíduos no local permanece. A prefeitura de Teresina criou a estratégia de criar o PRR, mas ela necessita de organização e fiscalização para evitar a concentração e o espalhamento dos resíduos, de modo que não causem transtornos para a população do entorno.

Outrossim, pôde-se vislumbrar medidas educativas que podem ser aplicadas junto à população pelos gestores públicos e os outros promotores sugeridas no trabalho, que poderão conseguir sensibilizar a população sobre a possibilidade de utilizar os resíduos como gerador de renda e promover transformações no espaço da cidade.

Essas medidas preventivas e compensatórias ao serem colocadas em prática poderão deixar a cidade mais limpa. E com a reciclagem e a reutilização, promover uma inserção da matéria-prima à economia, então, através do trabalho dos moradores em cooperativas, poderão utilizar os resíduos presentes no local de estudo para comercialização. E com os orgânicos, a produção de composto para a agricultura urbana.

Essa pesquisa torna-se significativa para a discussão da problemática dos resíduos, levando o conhecimento sobre o que está sendo feito pelo órgão público municipal em Teresina e contribuindo com soluções estratégicas para esses resíduos dispostos em espaços da cidade na para a promoção de um meio ambiente mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. DA S.; SOUZA, T. E. M. DOS S.; GUIMARÃES, W. N. R. Gincana sobre resíduos sólidos na aula de Geografia. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 6, p. 125-138, 2021.
- BAPTISTA, J. G. **Geografia física do Piauí**. Teresina: COMEPI, 1979.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Coordenação de André Luiz Felisberto França *et al*. Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p.
- BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 jun. 2021.
- BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 16 jun. 2021.
- BOTÊLHO, L. A. V. *et al*. A educação ambiental e a geografia escolar: dimensões curriculares, possibilidades e desafios CONTEMPORÂNEOS. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 59, p. 126- 143, set. 2016.
- CARVALHO, R. D. C. P. S. **Análise geo-ambiental em área de disposição de resíduos sólidos: um estudo do aterro controlado de Teresina, (PI)**. 165 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> Acesso em: 17 maio 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/teresina.html>. Acesso: 18 jul. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal, 2013**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?edicao=27419&t=acesso-ao-produto>. Acesso: 17 maio 2021.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: o relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 375- 397, 2016.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**. 9. ed. 1ª reimp. 2020.

NASCIMENTO, C. M. T. D; CRUZ, M. L. B. D. Resíduos sólidos: presença e ameaça no espaço geográfico. **GeoTextos**, v. 13, n. 2, p. 183-206, dez. 2017.

SIQUEIRA, T. M. O. D; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVIII, n. 4, p. 243-264, out./dez. 2015.

TERESINA, 2022. Prefeitura Municipal de Teresina. **Semduh orienta sobre descarte irregular de lixo em vias públicas de Teresina**. Disponível em: <https://pmt.pi.gov.br/2022/06/09/semduh-orienta-sobre-descarte-irregular-de-lixo-em-vias-publicas-de-teresina>. Acesso: 06 jul. 2022.

TERESINA, 2021. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Resíduos sólidos consulta pública**. Disponível em: <https://sempplan.pmt.pi.gov.br/concessoes-e-parcerias-ppp/consulta-publica/>. Acesso em: 6 abr. 2021.

TERESINA, 2018. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Perfil dos bairros**. Disponível em: <http://sempplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/05/MORRO-DA-ESPERAN%C3%87A-2018.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2021.

TERESINA, 2013. Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLAN. **Mapas de Teresina, 2013**. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1oDUOT92kbHTb1gKor9vHOpjAZgK_O_IK. Acesso em: 6 abr. 2021.

APÊNDICE E

RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERESINA – PIAUÍ: Entre a legislação e a destinação

Jacqueline Ribeiro **ALCÂNTARA**

Aluna do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF) do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central.

E-mail: ribeirojac@outlook.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8773-7560>

Bruna de Freitas **IWATA**

Docente do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial (MAPEPROF) do Instituto Federal do Piauí, campus Teresina Central.

E-mail: iwata@ifpi.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6465-9731>

Elisabeth Mary de Carvalho **BAPTISTA**

Docente do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), campus Poeta Torquato Neto. E-mail: baptistaeli@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2885-7968>

RESUMO

Os resíduos devem ter a sua disposição final em espaços organizados, especificamente para este fim, a partir de sua natureza e considerando a legislação pertinente. Esta pesquisa partiu do seguinte questionamento: A destinação final dos resíduos sólidos produzidos em Teresina ocorre como estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)? O objetivo geral: Analisar a forma de destinação final dos Resíduos Sólidos em Teresina, na perspectiva do cumprimento da legislação vigente e pertinente para a questão. Como procedimento metodológico empregou-se pesquisa bibliográfica, documental e de campo para conhecer o problema da destinação final dos Resíduos Sólidos e sua adequação à PNRS em Teresina. Essa pesquisa foi realizada no ano de 2018, e a partir desse estudo constatou-se que o Aterro Sanitário é a forma, ambientalmente correta, para a destinação final dos Resíduos Sólidos por possibilitar tratamento adequado a estes, sendo que, no ano da investigação, o Aterro Sanitário de Teresina estava em construção. Verificou-se na época que, o Aterro de Teresina começou como Lixão, que se constituía em Aterro Controlado e no período de realização desta investigação estava sendo construído o Aterro Sanitário, conforme entrevista realizada com órgão responsável é observado na visita ao local.

Palavras chave: Aterro Sanitário. Disposição Final. PNRS.

SOLID WASTE IN TERESINA, PIAUÍ STATE, BRAZIL: Legislation and Destination

ABSTRACT

The final disposal of waste should be in spaces organized specifically for this purpose, based on its origin, and considering the current legislation. This study was based on the following question: Is the destination of solid waste in Teresina consistent with the Brazilian National Policy for Solid Waste? The general objective was to analyze the final disposal of solid waste in Teresina from the perspective of compliance with the current legislation on the matter. The methodological procedure consisted of bibliographic and documentary research and field study to understand the problem related to destination of solid waste and its consistency with the Brazilian National Policy for Solid Waste in Teresina, state of Piauí, Brazil. This study was carried out in 2018 and the results showed that the sanitary landfill is the environmentally correct way for final disposal of solid waste, since it enables a proper treatment of such wastes. The Teresina sanitary landfill started as a simple landfill consisting of a controlled landfill, and during the period of this investigation, the Teresina sanitary landfill was being built, as confirmed through an interview carried out with the responsible agency and observations during a visit to the site.

Keywords: Sanitary Landfill. Final Disposal. Brazilian National Policy.

1 INTRODUÇÃO

A produção dos Resíduos Sólidos nos centros urbanos decorre das atividades econômicas industriais, comerciais e domiciliares. Assim, os resíduos domiciliares, em maior volume no espaço urbano, são formados por restos sólidos gerados nas residências, apresentando materiais orgânicos e ainda componentes, como embalagens plásticas, latas, vidros, entre outros. Os resíduos devem ter a sua disposição final em espaços organizados, especificamente para este fim, a partir de sua natureza e considerando a legislação pertinente, o que nem sempre ocorre.

Deste modo, esta pesquisa tem a finalidade de aprofundar o conhecimento sobre o local de disposição destes resíduos em Teresina, partindo do seguinte questionamento: A destinação final dos Resíduos Sólidos produzidos em Teresina ocorre como estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)?

Considerando esse contexto, esta pesquisa teve como objetivo geral: Analisar a forma de destinação final dos Resíduos Sólidos em Teresina, Piauí, na perspectiva do cumprimento da legislação vigente e pertinente para a questão. Como objetivos específicos foram delineados os seguintes: Discutir os aspectos teóricos relacionados à Geografia e Meio Ambiente, resíduos sólidos e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos; Verificar junto aos órgãos responsáveis de Teresina a questão da disposição dos resíduos sólidos na cidade, consoante a legislação pertinente; e Apresentar sugestões para população em relação à destinação final dos resíduos sólidos.

A investigação adotou como procedimentos metodológicos as pesquisas bibliográfica, documental e de campo, para conhecer o problema da destinação final dos Resíduos Sólidos em Teresina e sua adequação à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Na primeira etapa foram realizados a pesquisa bibliográfica e o estudo teórico para organização dos fundamentos conceituais através de trabalhos desenvolvidos por pesquisadores, como, ABNT (1992, 2004), Monteiro (2015), Brasil (2010, 2012), entre outros e Mendonça (2020), acrescentado após a pesquisa realizada, que reúnem estudos que integrem Geografia, Meio Ambiente e Resíduos Sólidos. Nesta etapa também foi realizada análise da legislação pertinente e de documentos da gestão municipal através da pesquisa documental.

A segunda etapa se constituiu na pesquisa de campo, desenvolvida através da realização de entrevistas nos órgãos responsáveis pela gestão dos Resíduos Sólidos em Teresina e de técnicas de observação direta, com visita à área de estudo, com registro fotográfico. A entrevista foi realizada na Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH), no dia 14 de maio de 2018, tendo sido entrevistados a Coordenadora

Especial de Limpeza Pública e o Secretário Geral, que trabalham desde 2013 nos respectivos cargos.

Na sequência, empreendeu-se uma visita ao Aterro de Teresina para verificar se o mesmo está seguindo a lei vigente sobre a destinação final dos resíduos. A visita ao Aterro iniciou-se às 8 horas da manhã, do dia 25 de junho de 2018 e foi acompanhada pelo assessor técnico da Coordenação de Limpeza Pública (CELIMP/SEMDUH), que informou sobre o seu funcionamento como Aterro Controlado, pois a construção do Aterro Sanitário está em andamento. A terceira etapa constitui-se na análise dos resultados, elaboração de sugestões e escrita do artigo.

Geografia, Meio Ambiente e Resíduos Sólidos.

O estudo do Meio Ambiente faz parte do escopo da Geografia, considerando que a Geografia é uma ciência que trabalha com a multidisciplinaridade, e que assim envolve a dinâmica da natureza e ações humanas. Com o advento da industrialização, mudanças no meio urbano fizeram com que o ser humano desenvolvesse cada vez a capacidade de alteração deste Meio Ambiente.

A temática ambiental faz parte da Geografia, desde o surgimento desta enquanto ciência, a partir das discussões do meio ambiente percebido pelo o meio físico (relevo, solo, clima, entre outros), mas também ao envolver o ser humano e sua relação com o meio (MENDONÇA, 2020).

Os problemas atuais, como a degradação do Meio Ambiente, são então discutidos de forma significativa na Geografia e, deste modo a temática ambiental vem sendo o centro das discussões em diversos campos do conhecimento, principalmente quando se trata da utilização inadequada dos recursos naturais e a consequente qualidade de vida do ser humano. A temática ambiental em Geografia vem ganhando impulso e como campo de conhecimento, tem apresentado preocupação com as transformações da sociedade, com a globalização e com a natureza humanizada e socializada (MENDONÇA, 2020).

Um dos temas tratado na abordagem ambiental da Geografia relaciona-se aos Resíduos Sólidos e suas consequências sobre o Meio Ambiente. Quando estes estão dispostos no espaço sem um tratamento correto. Em face da Geografia se preocupar com o Meio Ambiente e se concentrar na questão da sustentabilidade, toma-se como inerente a seus estudos e análises o cuidado com os recursos naturais para as gerações futuras, a partir de processos como a Educação Ambiental.

A Educação Ambiental discutida na perspectiva geográfica ajuda, a sensibilizar a sociedade acerca da necessidade de se cuidar do Meio Ambiente, então, a Educação Ambiental, é a alternativa estratégica de se chegar a estimular a sociedade, a reconhecer os problemas que o meio ambiente vem sofrendo ao longo dos anos (MONTEIRO, 2015). Neste sentido, Portela e Ribeiro (2014, p. 116) afirmam que:

A Educação Ambiental torna-se imperiosa na contemporaneidade, pois é preciso a conscientização de toda a sociedade quanto aos recursos naturais e ao consumo de produtos que tenham aspectos recicláveis e que acarretem o mínimo de danos ao meio ambiente. Essa responsabilidade também se estende ao Poder Público através de ações e iniciativas de sua parte que resguardecem a vida, a saúde e o bem-estar dos indivíduos (RIBEIRO 2014, P. 116).

Para a conscientização da população urbana a Educação Ambiental exerce um papel fundamental acerca dos Resíduos Sólidos, pois incentiva a destinação final adequada e um consumo consciente, através da reciclagem, do reaproveitamento e da mudança de hábitos (CARVALHO, 2008).

Portanto, o tema Resíduos Sólidos discutido através da ciência geográfica, é significativa para o entendimento da problemática que estes promovem ao meio quando não são tratados adequadamente, ao mesmo tempo que a Geografia proporcionará uma conscientização em relação ao seu descarte inadequado, favorecendo e até promovendo uma boa qualidade de vida para ser humano.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que orienta sobre a questão dos resíduos sólidos no Brasil. Esta lei foi sancionada em agosto e regulamentada em dezembro de 2010, a qual reúne o conjunto de princípios, instrumentos, objetivos, diretrizes e ações a serem adotadas com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento adequado dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010, NÃO PAGINADO) e em seu Art. 1, parágrafos 1º e 2º, diz que:

Esta lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. § 1º Estão sujeitas à observância desta lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento

de resíduos sólidos. § 2º Esta lei não se aplica aos rejeitos radioativos, que são regulados por legislação específica (BRASIL, 2010, NÃO PAGINADO).

A PNRS tem como objetivo principal o reaproveitamento dos resíduos e trabalhar com a reciclagem e também, promover o tratamento final para os rejeitos. Alguns dos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) são: a prevenção, precaução, desenvolvimento sustentável, definição do poluidor pagador, visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, ecoeficiência, cooperação entre sociedade, setor público e setor empresarial, responsabilidade compartilhada, logística reversa e direito da população pelo conhecimento sobre resíduos (BRASIL, 2010).

Essa prevenção e precaução remetem à possibilidade real de impacto ambiental provocada pelos resíduos, com a perspectiva de que prevenir sempre é melhor, impedindo danos à população e ao Meio Ambiente. A precaução e a prevenção devem ser adotadas a fim de evitar danos ambientais à geração futura (BRASIL, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) traz em seu texto os resíduos separados em classes. A PNRS, na sua 2ª edição do ano de 2012, em seu capítulo I, Art. 13º apresenta uma nova classificação para os resíduos sólidos, dividindo-os em duas classes. Para os efeitos desta lei, os resíduos sólidos têm a classificação como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação para os Resíduos Sólidos segundo a PNRS.

I – Quanto à origem	a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas a e b; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas b, e, g, h e j; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea c; f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS; h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.
---------------------	---

II – Quanto à periculosidade	a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea a. Parágrafo único. Respeitado o disposto no art. 20, os resíduos referidos na alínea d do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.
------------------------------	--

Fonte: Brasil (2012, p. 16-17).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também agrupa os resíduos em classes. Esta norma propõe uma classificação para os Resíduos Sólidos no gerenciamento destes materiais conforme apresenta o Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação dos resíduos segundo a ABNT.

RESÍDUOS	DESCRIÇÃO
Classe I (Materiais perigosos)	Característica de toxicidade, produtos inflamáveis, corrosividade, reatividade, radioatividade, patogenicidade, que podem apresentar riscos à saúde pública ou efeitos adversos ao meio ambiente.
Classe II – A (Resíduos não inertes)	São resíduos tem como propriedades: inflamáveis, corrosividade, reatividade, toxicidade, ou patogenicidade.
Classe II – B (Inertes)	Quaisquer resíduos que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Fonte: ABNT, 2004.

Na PNRS, em sua 2ª edição do ano de 2012, o artigo 3º, inciso VIII, aponta que a “disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2012, p. 10).

No entanto, no Brasil são três as formas adotadas de disposição final dos resíduos sólidos: Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários. Os lixões, segundo a PNRS, estão sendo erradicados, por serem considerados a forma mais inadequada de disposição final para os Resíduos Sólidos, por não oferecer nenhuma proteção. De acordo com Ramos (2014) os Lixões correspondem a locais nos quais os resíduos orgânicos e inorgânicos são despejados, não existindo nenhum tipo de tratamento com relação ao Meio Ambiente e assim provocando poluição do ar, do solo e dos lençóis freáticos.

Ferreira e Rosolen (2012, p. 4), sobre Aterro Controlado afirmam que este se caracteriza por ser um local ‘onde os resíduos sólidos recebem uma cobertura de solo ao final de cada jornada’, mas ‘como não possuem impermeabilização do solo nem sistema de dispersão de chorume e gases, é muito comum nesses locais a contaminação de águas subterrâneas’.

Entende-se que os Lixões e os Aterros Controlados são lugares inadequados para receber os resíduos, embora os Aterros Controlados sejam ainda muito utilizados, pelo fato de minimizarem os impactos causados pela disposição dos resíduos e apresentarem alguns tipos de controle para evitar a poluição, como: a cobertura dos resíduos, o monitoramento do lençol freático e a pesagem dos caminhões para saber a quantidade de resíduos que entram, diariamente no Aterro.

Deste modo, o Aterro Sanitário é o local apropriado para o recebimento dos resíduos, uma vez que utiliza técnicas de impermeabilização do solo, compactação e cobertura diária, coleta e tratamento de gases, pois a concentração de resíduos gera gases tóxicos ao Meio Ambiente, bem como tratamento do chorume, líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica misturada à água, entre outros procedimentos técnico-operacionais responsáveis para proteger o Meio Ambiente (ABNT, 1992).

Aspectos gerais e destino final dos Resíduos Sólidos em Teresina – PI

O município de Teresina está localizado na Mesorregião Centro-Norte piauiense, na região Nordeste do Brasil (IBGE, 2010) e apresenta área de 1.391, 981 Km² (LIMA, 2016). Em relação à população em 2010 possuía 814.230 habitantes com estimativa para 2018 de 861.442 habitantes (IBGE, 2010).

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH), as Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDU's) e a Superintendência de Desenvolvimento Rural (SDR) são os órgãos municipais responsáveis pelo manejo dos Resíduos Sólidos (coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos) e pela limpeza urbana (capina e varrição das ruas, praças, parques e terrenos baldios). Todos os Resíduos Sólidos gerados em Teresina são coletados por empresas privadas contratadas pela Prefeitura e depositados no Aterro da cidade existente no Km 7 da Rodovia BR-316, Região Administrativa SDU Sul da cidade.

Nesse sentido, foram propostas pela gestão pública municipal algumas ações em relação aos resíduos produzidos na capital, de acordo com o Relatório Anual de Atividades,

sendo que uma dessas ações está voltada para garantir políticas de saneamento com foco nos Resíduos Sólidos.

A Prefeitura de Teresina possui um programa denominado Programa de Desenvolvimento Urbano Sustentável, no qual, se inserem ações como: coleta e transporte dos Resíduos Sólidos domiciliares, coleta dos resíduos especiais, os resíduos de saúde e uma iniciativa que trata do Lixo Zero, programa criado para reduzir o descarte dos resíduos em lugares inadequados (TERESINA, 2017).

A Lei municipal Nº 4.684 de 24 de fevereiro de 2015, que trata sobre a criação do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos, define em seu Art. 4º, que o correto gerenciamento de Resíduos Sólidos tem por objetivo, conforme o inciso II, a ‘não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos’ (TERESINA, 2015, NÃO PAGINADO).

Deste modo, a Prefeitura por meio da legislação específica citada, organiza então ações significativas para a gestão e gerenciamentos dos resíduos sólidos em Teresina, tal como, medidas punitivas para a população em relação aos descartes dos resíduos, projetos de reciclagem, ampliação dos serviços públicos, destinação final, entre outras, que visam reduzir os impactos negativos dos resíduos na capital, ao mesmo tempo em que promove geração de renda através da reciclagem e/ou reutilização.

Ainda no Relatório Anual de Atividades da Prefeitura, dentre as ações sustentáveis indicadas, destaca-se em relação à limpeza pública, a construção do Aterro Sanitário, local ambientalmente correto para a disposição final dos resíduos sólidos (TERESINA, 2017), considerando também o disposto no Plano Diretor de Teresina que dentre seus objetivos físicos ambientais inclui ‘o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos sólidos e dos serviços de limpeza urbana’ (TERESINA, 2006, p. 2).

Situação do Aterro de Teresina: Perspectiva da gestão pública

No sentido de se estabelecer as implicações sobre o Aterro de Teresina, apresenta-se a seguir os resultados da pesquisa de campo, considerando inicialmente, a entrevista realizada na SEMDUH, com questões relacionadas à construção e funcionamento do Aterro. O quadro 3 apresenta as informações decorrentes da entrevista realizada.

Quadro 3 – Entrevista à Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMDUH).

ASPECTOS	RESPOSTAS
1. Ano da construção do Aterro de Teresina.	Foi no ano de 1982 como Lixão, apenas em 2013, quando estes assumiram o cargo o local se transformou em Aterro Controlado.
2. Critério para a escolha do local.	Na década dos anos de 1980, aquele espaço era considerado zona rural, afastado do centro da cidade e principalmente do aeroporto.
3. Tipo de Aterro (sanitário ou controlado) e justificativa de sua construção.	O Aterro de Teresina começou como Lixão, hoje opera em seus 50 hectares, sendo que 33 hectares correspondem ao Aterro Controlado e 17 hectares constituem a área do Aterro Sanitário em implantação
Forma de recebimento dos resíduos, tipos e destinação final destes no Aterro.	Chegam através de caminhões, não sendo aceitos resíduos de saúde, de construção civil, resíduos classe II – A, ou resíduos que não sejam trazidos por caminhões da Prefeitura e também não são aceitos os resíduos orgânicos. O material é espalhado e colocado sobre estes uma cobertura de terra.
4. Durabilidade do Aterro.	Está operando em caráter de emergência, e estima-se que durará ainda por 60 dias de acordo com a data dessa entrevista.
5. Dificuldades no gerenciamento do Aterro.	A maior dificuldade são os catadores, que não aceitam sair do local. Outro problema identificado no gerenciamento do Aterro é o período chuvoso, pois a drenagem, a cobertura e o atraso dos caminhões, geram problemas. Mas, são problemas pequenos, pois possuem pessoas trabalhando direto no Aterro, como: balanceiros, fiscais, engenheiros, administradores e toda uma equipe que trabalha diretamente para resolver quaisquer empecilhos.
6. Possível remoção do Aterro.	Não existe, pois o Aterro atual atende à demanda dos resíduos coletados pela Prefeitura.

Fonte: As autoras, 2018.

Analizando as informações da entrevista, sobre a data de construção do Aterro, foi informado que o primeiro projeto era para ser um Aterro Sanitário, em 2007, e que Teresina antes da PNRS já tinha um projeto de construção de um Aterro Sanitário. Na época foi feita uma licitação, mas a empresa contratada não construiu o Aterro e como o prazo acordado de cinco anos já estava vencendo, foi necessária à construção de um Aterro Controlado, que funcionava até o momento da pesquisa.

Na pergunta sobre o critério de escolha do local onde o Aterro foi construído, o senhor Secretário respondeu que na década de 1980, aquele espaço era considerado zona rural, afastado do centro da cidade e principalmente do aeroporto, com as invasões no entorno do Aterro, mesmo cumprindo a distância de 500 metros de afastamento da área habitada, o local agora é considerado área urbana.

Em relação ao questionamento sobre os caminhões que recolhem os resíduos em Teresina, ocorre uma pesagem dos que chegam ao local tanto durante o dia, como à noite, na

chegada e na saída, para saber a quantidade de resíduos que entrou no Aterro. Também é registrada a hora, a placa do veículo e de qual região da cidade veio os resíduos.

Sobre o tempo de uso do Aterro, na entrevista, foi respondido que o local opera em caráter de emergência, mas quando se questionou sobre a existência de algum projeto de remoção do Aterro, informaram que não há, pois o Aterro em funcionamento atende à demanda dos resíduos coletados pela Prefeitura.

Além disso, Teresina possui dois Aterros privados, o primeiro, a Central de Tratamento de Resíduos (CTR), localizado na PI-130 na Comunidade Salobro, Zona Rural do município de Nazária, que já se encontra funcionando e o segundo, localizado em Altos, município distante 41 km da capital, que no período de realização da pesquisa ainda não estava em operação. Deste modo, segundo os entrevistados, qualquer problema que ocorrer em relação ao Aterro de Teresina, estes Aterros poderão ser utilizados.

No aspecto dos catadores se encontrarem no Aterro, a PNRS em seu artigo 48, indica que a presença destes é uma das situações proibidas para o local adequado de disposição dos resíduos sólidos, observado o disposto no artigo 17, inciso V. Sobre essa questão, foi destacado na entrevista quando se tratou sobre as dificuldades de gerenciamento, pois a coordenadora afirmou que umas das dificuldades da implantação do Aterro Sanitário é a retirada dos catadores, já que para eles é uma fonte de renda. Assim, na fala da entrevistada “mexer com essa classe geraria significativos transtornos”.

Informaram ainda, que no ano de 2011 a Prefeitura fez uma parceria com o Banco do Brasil que tinha o objetivo de capacitar os catadores para trabalhar com a reciclagem. Entretanto, estes não conseguiram se inserir no programa, abandonando o projeto. Também foi feita pela Prefeitura a contratação desses catadores para trabalhar na limpeza pública, com todos os direitos trabalhistas e os poucos que aderiram, já desistiram do trabalho. Sobre a entrega do Aterro Sanitário, os entrevistados disseram que até o final do ano de 2018 estará funcionando, mas essa transição entre o Aterro Controlado para o Aterro Sanitário será feita gradativamente.

O Aterro de Teresina, está localizado no Km 7, BR 316, bairro parque Juliana, localizado na Região Administrativa SDU Sul da cidade (TERESINA 2018 a,b). A figura 1 mostra a localização do Aterro Controlado da capital.

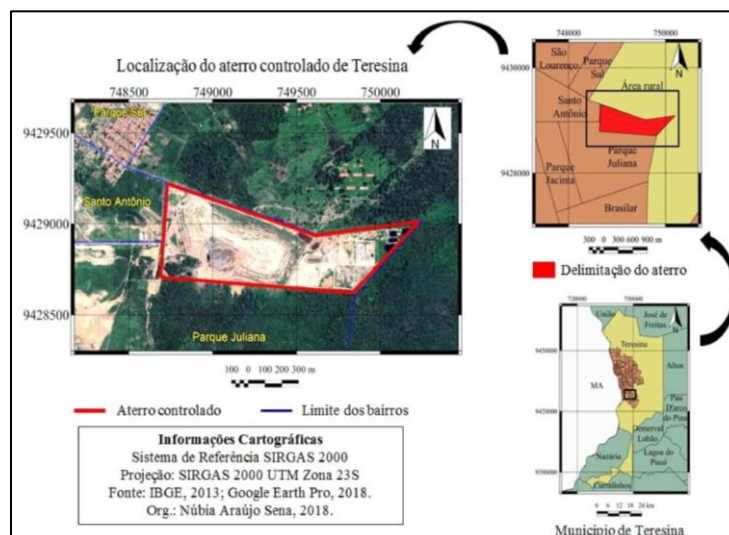


Figura 1 – Localização do Aterro de Teresina
Fonte: Alcântara; Baptista, 2018.

Verificou-se que embora na entrevista tenha sido comentado que o Aterro de Teresina possui 50 hectares sendo, 33 hectares de Aterro Controlado e 17 hectares de Aterro Sanitário, o assessor técnico que acompanhou a visita, entretanto, disse que a divisão ocorre da seguinte maneira: 35 hectares de Aterro Controlado e 15 hectares de Aterro Sanitário. A figura 2 mostra aspectos do Aterro Controlado de Teresina.



Figura 2 – Aterro Controlado de Teresina
A – Caminhão do lixo no Aterro Controlado; B – Resíduos no Aterro controlado e presença de animais.
Fonte: As autoras, 2018.

Na visita ao Aterro, foi então constatado o funcionamento com os dois segmentos, ou seja, o Aterro Controlado funcionando e o Aterro Sanitário em construção, como mostra a figura 3.



Figura 3 – Aterro Sanitário em construção.

A – Construção do aterro sanitário; B – Tanque de tratamento do chorume no Aterro Sanitário.

Fonte: As autoras, 2018.

Segundo o assessor técnico, no período que foi realizada a pesquisa, o Aterro Sanitário estava sem previsão de funcionamento total, que também informou que tentariam um prazo maior para a entrega, pois de acordo com a PNRS, no ano da pesquisa, o prazo final seria no ano de 2014. No Aterro Controlado não há drenagem do gás, não sabem por onde o gás está fugindo, nem há possibilidade de aproveitamento deste, conforme explicou o assessor. O chorume, líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica, altamente tóxico para o Meio Ambiente, no Aterro Controlado, parte é escoado por uma vala, como mostra a figura 4.

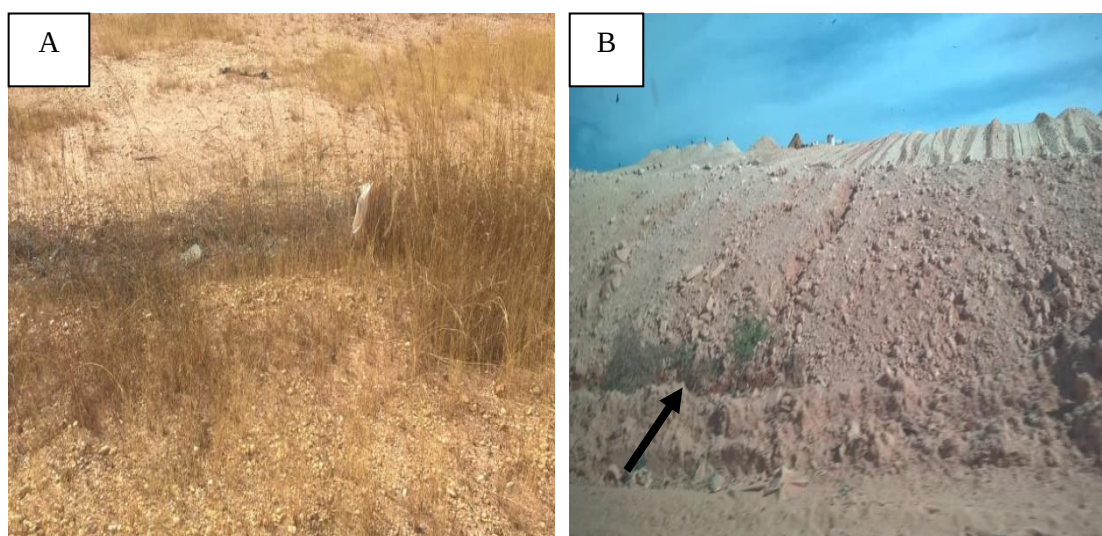


Figura 4 – Pannel de fotos do Chorume no Aterro Controlado de Teresina

A – Chorume no Aterro Controlado; B – Vala para escoar o chorume no Aterro Controlado.

Fonte: As autoras, 2018.

Observa-se na figura 4 – B, que o chorume percorre um córrego feito no solo, sem proteção inferior, sendo assim, parte desse líquido infiltra no solo. A seta mostra o córrego para o acúmulo de chorume, feita ao redor do morro onde se enterram os resíduos. No entanto, parte do chorume produzido no Aterro Controlado está sendo levado para o Aterro Sanitário em construção. A figura 5 mostra o chorume no Aterro Sanitário.



Figura 5 – Pannel de fotos do Chorume no Aterro Sanitário

A – Placa da lagoa de chorume no Aterro Sanitário; B – Lagoa de chorume no Aterro Sanitário.

Fonte: As autoras, 2018.

A figura 5 – A, registra a placa da lagoa de chorume 2, pois existem dois tanques para o tratamento do chorume. Já a figura 5 – B indica a lagoa que recebe parte do chorume que vem do Aterro Controlado.

No Aterro Sanitário, o chorume percorre uma vala protegida por um material de cor escura, material impermeável, e levado até a lagoa de chorume para ser tratada. Esse chorume vai para outro espaço, um tanque de aeração, é colocada suspensão de cal e feita a separação das impurezas.

O líquido tratado será reutilizado, posteriormente, para lavagem de carro, quando o Aterro Sanitário estiver em funcionamento, pois será construído um lava a jato dentro do futuro Aterro Sanitário. Atualmente, essa água tratada do chorume está servindo para molhar o chão do Aterro Controlado, diminuindo assim a poeira.

A figura 6 mostra o tanque que separa as impurezas do chorume, o recipiente por onde passa o chorume, vindo do Aterro Controlado e o produto químico despejado no tanque para seu tratamento.



Figura 6 – Pannel de fotos do Tanque de tratamento do chorume no Aterro Sanitário em construção.

A – Tanque de tratamento do chorume (separação de resíduos); B – Cal para tratar o chorume;

C – Chorume sendo tratado; D – Material que impende a infiltração do chorume no solo.

Fonte: As autoras, 2018.

Outras informações recebidas na visita ao aterro foi sobre os poços de monitoramento do lençol freático, que existem e, ao todo, são quatro poços de monitoramento, para saber se há contaminação e tratá-lo com rapidez. Outro conhecimento adquirido no Aterro, foi sobre a produção de mudas que são doadas para replantios e quando o Aterro Sanitário estiver concluído, estas serão utilizadas para revegetar a área.

A partir da pesquisa realizada considerando-se a importância da disposição dos Resíduos Sólidos e sua implicação para o Meio Ambiente, sugere-se a adoção de algumas medidas em duas perspectivas, ações educativas e aplicadas como mostra o quadro 5.

Quadro 5 – Sugestões de medidas em relação aos resíduos sólidos em Teresina.

AÇÕES EDUCATIVAS	AÇÕES APLICADAS
. Confeccionar informativos para toda a população, não apenas para condomínios; . Elaborar cartilhas explicando sobre o consumo consciente; . Incentivar os moradores da cidade através da mídia sobre a reciclagem como geradora de renda; . Desenvolver campanhas informativas e educativas para mostrar a importância de não depositar resíduos sólidos em lugares inapropriados, como: terrenos baldios, margens dos rios, entre outros.	. Geração de energia através da biocombustão ou o uso do gás de outra forma, pois na visita ao Aterro, foi informado que gás produzido não possui nenhum uso; . Inserir catadores que possuem algum nível de instrução ou mesmo, treiná-los, para trabalhar direto no Aterro Sanitário como: fiscal, balanceiro, sinalizador, vigia e servente que são atividades técnico-operacionais de um Aterro. . Implantar uma coleta seletiva, pois no local pesquisado, tem um galpão que está alugado para uma cooperativa. Esse galpão poderia ser usado para capacitar os catadores que continuariam tirando sua renda dos resíduos sólidos.

Fonte: As autoras, 2018.

A Reciclagem é para a natureza, a forma mais eficaz e responsável para a destinação final dos resíduos que podem ser reutilizados e/ou reaproveitados. Então, investir nas cooperativas de Reciclagem seria bom para o Meio Ambiente e também poderia possibilitar geração de renda para a população.

Algumas dessas sugestões estão no Relatório Anual de Atividades, do ano de 2017, da Prefeitura que informa sobre sua realização. Entretanto, entende-se que ainda falta muito para se desenvolver uma Educação Ambiental efetiva junto à sociedade teresinense, pois se conhece pouco as ações da Prefeitura, por isso a importância da elaboração dos informativos para toda a população.

Conclusão

O presente trabalho apresentou a forma da destinação final dos resíduos em Teresina, Piauí, considerando as deliberações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A partir da pesquisa bibliográfica constatou-se que o Aterro Sanitário é a forma, ambientalmente correta, para a destinação final dos Resíduos Sólidos por possibilitar tratamento adequado a estes, evitando danos à saúde e minimizando os problemas socioambientais provocados por seu descarte em lugares inadequados.

No caso de Teresina, o Aterro Sanitário em 2018, estava em construção. Os responsáveis pelo Aterro de Teresina afirmaram que o Aterro Sanitário estava sem previsão de funcionamento total e que tentariam um prazo maior para o seu funcionamento. Compreendeu-se na pesquisa que o órgão público estava tentando seguir o que determina a lei vigente sobre a disposição final dos resíduos, mas enfrentava obstáculos significativos para a finalização do Aterro Sanitário.

Considerando ainda os resultados obtidos, indicou-se algumas sugestões de ações informativo-educativas e/ou aplicadas, que podem ser implementadas junto à população teresinense, na perspectiva de contribuir para a educação ambiental urbana e a gestão dos Resíduos Sólidos da cidade.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, J. R.; BAPTISTA, E. M. C. **Aterro de Teresina**: Destinação final dos Resíduos Sólidos. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA DA UESPI, 15., 2018, Teresina. **Anais [...]**. Teresina: UESPI, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.157**: Aterros de resíduos perigosos, critérios para projetos, construção e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 8419**: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 fev. 2018.

_____. **Lei nº 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. Atualizada em 18/05/2012. Disponível em: https://www.poli.usp.br/wp-content/uploads/2018/10/politica_residuos_solidos.pdf. Acesso: 16 fev. 2018.

CARVALHO, V. S. D. **Educação Ambiental Urbana**. Rio de Janeiro: Wak, 2008.

FERREIRA, D.A.; ROSOLEN, V. Disposição de resíduos sólidos e qualidade dos recursos hídricos no município de Uberlândia (MG). **Horizonte Científico** (Uberlândia), v. VI, p. 1-21, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Censo, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/teresina/panorama>. Acesso em: 12 set. 2018.

_____. **Mapas 2013**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 20 fev. 2018.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: O relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 3, p. 375-397, 2016. Edição Especial, 2.

MENDONÇA, F. **Geografia e meio ambiente**. 9ª edição, 1ª reimpressão. 2020.

MONTEIRO, G. L. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE GEOGRAFIA: UMA CONTRIBUIÇÃO DO PIBID PARA ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL**. Revbea, São Paulo, V. 10, No 1: 281-290, 2015.

PORTELA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. Aterros sanitários: Aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 1, p. 115-134, 2014.

RAMOS, S. P. A Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos e a meta de implantação de aterros sanitários no Brasil. **Revista Âmbito Jurídico**, v. XVII, p. 1-2, 2014.

TERESINA. PREFEITURA MUNICIPAL. **Lei nº 4.684 de 24 de fevereiro de 2015**. Institui diretrizes acerca da criação do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos e Inclusão Social dos Catadores de Materiais Recicláveis – PRÓ-CATADOR, no município de Teresina, e dá outras providências. Disponível em: <

<http://dom.teresina.pi.gov.br/admin/upload/DOM1726-04032015.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

_____. Lei nº 3.558, de 20 de outubro de 2006. Reinstituí o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Município**, Teresina, PI, 20 out. 2006. Disponível em: <<http://dom.teresina.pi.gov.br/admin/upload/DOM1124-1-27102006.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2018.

_____. **Relatório Anual de Atividades 2017**. Disponível em: <<http://portalpmt.teresina.pi.gov.br/admin/upload/documentos/20e0a5b859.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

TERESINA. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **Perfil dos Bairros**. <http://semplan.teresina.pi.gov.br/>. Disponível em: Acesso em: 16 fev. 2018 b.

APÊNDICE F

SOLUÇÕES PARA OS RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS: UMA ANÁLISE DO USO DA COMPOSTAGEM COMO BENEFÍCIO AO MEIO AMBIENTE

Jacqueline Ribeiro Alcântara²
 Marcos Paulo Gomes Gonçalves³
 Mauro César de Brito Sousa⁴
 Bruna de Freitas Iwata⁵

RESUMO

O presente estudo traz uma discussão sobre a compostagem e seus benefícios para o meio ambiente urbano, esse que se encontra no seu interior, uma grande quantidade de resíduos dispostos em lugares inadequados e gerando impacto negativo ao meio. A presente investigação tem como objetivo discutir a dinâmica e impacto da compostagem como solução estratégica no manejo de resíduos orgânicos em ambiente urbano. A metodologia empregada foi uma pesquisa bibliográfica, que reuniu estudos que desenvolveram projetos sobre a compostagem de resíduos orgânicos nos últimos 5 anos. Os projetos comentados no trabalho, mostram formas para se fazer a destinação final correta dos resíduos orgânicos e que proporcionam conhecimentos sobre compostagem. A compostagem é uma maneira adequada para o tratamento dos resíduos orgânicos. A pesquisa apesar de mostrar os riscos desses resíduos orgânicos dispostos inadequadamente ao meio, e o reaproveitamento desses resíduos como composto orgânico que podem ser usados na agricultura. Muitos se falam de problemas ambientais e

² Mestranda em Análise e Planejamento Espacial do Instituto Federal do Piauí - IFPI, ribeirojac@outlook.com;

³ Mestrando em Análise e Planejamento Espacial do Instituto Federal do Piauí - IFPI, mpgg1988@gmail.com;

⁴ Prof. Dr. Mestrado em Análise e Planejamento Espacial - IFPI, mauro.sousa@ifpi.edu.br;

⁵ Profa. Dra. Mestrado em Análise e Planejamento Espacial - IFPI, iwata@ifpi.edu.br

sociais promovidos pelos resíduos, essa pesquisa trouxe o diferencial, a solução. É possível desenvolver projetos de custos acessíveis a todos, ao mesmo tempo, como gerador de renda para a população e para investidores.

Palavras-chave: Agricultura urbana. Composto orgânico. Sustentabilidade.

RESUMEN

El presente estudio trae una discusión sobre el compostaje y sus beneficios para el entorno urbano, que en su interior, se encuentra una gran cantidad de residuos dispuestos en lugares inapropiados y generando un impacto negativo en el medio ambiente. Esta investigación tiene como objetivo discutir la dinámica y el impacto del compostaje como una solución estratégica en la gestión de residuos orgánicos en el entorno urbano. La metodología utilizada fue una investigación bibliográfica, que reunió estudios que desarrollaron proyectos sobre el compostaje de residuos orgánicos en los últimos 5 años. Los proyectos comentados en el trabajo, muestran formas de hacer el destino final correcto de los residuos orgánicos y que aportan conocimientos sobre el compostaje. El compostaje es una forma adecuada de tratar los residuos orgánicos. La investigación, a pesar de mostrar los riesgos de estos residuos orgánicos eliminados incorrectamente en el medio, y la reutilización de estos residuos como un compuesto orgánico que puede ser utilizado en la agricultura. Muchos hablan de problemas ambientales y sociales promovidos por los residuos, esta investigación trajo el diferencial, la solución. Es posible desarrollar proyectos de costos accesibles para todos, al mismo tiempo, como generadores de ingresos para la población y para los inversionistas.

Palabras clave: Agricultura urbana. Compuesto orgánico. Sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção de resíduos aumentou devido a intensificação dos processos industriais e o aumento do consumo pela população. Consumo esse que geram sobras e muitas vezes, são vistos como indispensáveis, pois para algumas pessoas, perdem totalmente a sua utilidade e necessitam ser descartados (MALTA, 2017).

Discutir sobre Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), é importante, pois, percebe-se atualmente, que ainda existem dificuldades no seu gerenciamento, principalmente quando se trata da sua disposição final. Sobre os resíduos orgânicos que estão presentes entre os RSU, o conhecimento sobre a sua destinação final e os malefícios que os mesmos provocam ao meio ambiente, ainda é pouco conhecido pela população.

Assim, o presente estudo tem a finalidade trazer uma discussão sistemática sobre a compostagem e seus benefícios para o meio ambiente urbano, considerando o volume de resíduos orgânicos produzidos nas cidades quando comparado aos demais Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). A presente investigação tem como objetivo discutir a dinâmica e impacto da compostagem como solução estratégica no manejo de resíduos orgânicos em ambiente urbano.

A metodologia empregada foi uma pesquisa bibliográfica, que reuniu estudos que desenvolveram projetos sobre a compostagem de resíduos orgânicos e que foram significativos para reduzir boa parte dos descartes inadequados desses, promovendo um ambiente limpo, ao mesmo tempo, desenvolvendo uma atividade lucrativa para os envolvidos e a comunidade. Também, foram utilizadas informações importantes da legislação pertinente à questão dos resíduos sólidos.

A pesquisa apesar de mostrar os riscos desses resíduos orgânicos dispostos inadequadamente ao meio apresenta também algumas soluções para essa problemática, como exemplo, projetos desenvolvidos sobre o reaproveitamento desses resíduos como composto orgânico que podem ser usados na agricultura.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica. O estudo foi estruturado com base em artigos publicados em periódicos, que tratam a compostagem como solução estratégica de manejos adequados dos resíduos orgânicos construídos nos últimos 5 anos e a legislação pertinente sobre a questão, esse trabalho tem uma abordagem quanti-qualitativa. Buscou como elemento indexador: compostagem, resíduos orgânicos e adubos orgânicos.

A pesquisa bibliográfica e o estudo teórico para organização dos fundamentos conceituais foi através de trabalhos desenvolvidos por pesquisadores, como ABRELPE (2020), Brito; Knox (2020), Silva *et al* (2020), Maestri *et al* (2019), Pinto *et al* (2017), Peixoto; Fernandes (2016), Brasil (2010), dentre outros.

No decorrer das leituras, foram escolhidos dez trabalhos que tratam da compostagem como solução estratégica para os resíduos orgânicos no Brasil, esses projetos são dos anos de 2016 a 2020. Nesses cinco anos, medidas foram desenvolvidas e servem hoje como exemplos a serem implantadas em outros lugares para promover um meio ambiente limpo e saudável.

Através dos trabalhos selecionados, foi construído um quadro com a síntese das ideias trazidas dos projetos sobre a compostagem, como: Universidades que tiveram a participação da comunidade acadêmica e da população geral na produção de adubos. De municípios que possuem atividades agrícolas e viram através da compostagem, uma forma de desenvolver uma agroecologia sustentável. De iniciativas de empresas privadas que fazem a coleta pública de resíduos e entre outros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nas cidades, a produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumenta cada vez mais devido ao crescimento populacional, e também pelo desenvolvimento industrial. O padrão de consumo aumentou, devido ao curto espaço de tempo que um produto tem em relação a sua utilidade e a baixa preocupação com o descarte dos resíduos sólidos produzidos nas cidades, que gera o acúmulo destes, no espaço (ZAMBON; LUNA, 2016).

A Lei 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), visa o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos no Brasil, esses, quando não tratados, provocam sérios problemas ao meio ambiente. Em seu título II, capítulo I, das disposições gerais, artigo 4.º diz que a PNRS reúne princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes acerca de atingir uma gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos através da união de Estados, Distrito Federal, municipais e particulares (BRASIL, 2010).

A quantidade de RSU gerados no Brasil, no ano de 2020, foi de 79,65 milhões de toneladas, conforme o panorama dos resíduos sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020). O Panorama 2020, produzido pela ABRELPE, traz informações sobre a composição gravimétrica dos RSU, como mostra a figura 1.

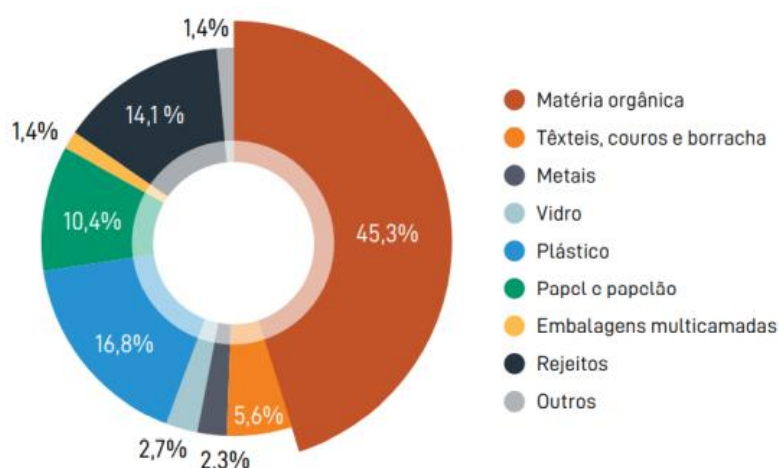


Figura 1 – Composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil
Fonte: ABRELPE, 2020.

Esses resíduos, que se têm como exemplos: papel, plásticos, vidros, metais, orgânicos, tem a sua disposição final em lugares que provocam danos ambientais como, no solo provocando a sua contaminação, como também a poluição dos corpos hídricos, devido a

infiltração do líquido proveniente da decomposição de matéria orgânica, dos gases produzidos através desses materiais e a presença de vetores que são atraídos pela presença de alguns alimentos.

Assim, se faz necessário medidas que resolvam essa problemática encontrada em muitas cidades. Segundo a composição gravimétrica dos RSU em 2020 no Brasil, a matéria orgânica encontra-se em maior quantidade em relação aos demais resíduos, com 45,3% (ABRELPE, 2020). Uma solução ambientalmente correta para esses resíduos orgânicos é a compostagem. A PNRS traz em seu título I, capítulo II, das definições, artigo 3.º inciso VII, que a compostagem é uma forma de disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, citada na PNRS, como uma estratégia utilizada para unir, comércio, indústrias, poder público/privado e população a reduzir a quantidade de resíduos sólidos descartados no meio ambiente sem tratamento, faz parte da seção II, do capítulo III, das responsabilidades dos geradores e do poder público (BRASIL, 2010).

Sobre isso, nessa medida, também se insere os resíduos orgânicos, no artigo 35 da seção II, inciso V, da PNRS, que fala da criação de sistema de compostagem, promovida através de promotores econômicos e sociais, que criem formas de uso de compostos orgânicos produzidos através dos resíduos (BRASIL, 2010). A compostagem é uma forma de transformar matéria orgânica em adubos, através de um processo aeróbio controlado, com a presença de microrganismos (BRITO; KNOX, 2020).

A compostagem é feita de forma simples, sem a necessidade de muitas tecnologias, podem ser construídos em escolas, pátios comunitários, aterro sanitários e nas próprias residências. É necessário apenas, um conhecimento sobre o tipo de resíduos orgânico utilizado e seu tempo de maturação.

Quando é feita a compostagem, transformam orgânicos, ou resíduo verde em adubo, através da decomposição da matéria orgânica. Quando esse é misturado ao solo, causa a sua nutrição, deixando-o fértil, promovendo uma melhora nas suas características físico-químico-biológica (PINTO et al., 2017).

Existem dois modelos de compostagem utilizadas, essas têm formas diferentes de transformação dos resíduos orgânicos, onde há envolvimento de custos, maquinários, espaços e pessoas envolvidas no processo de produção de adubos ou fertilizantes orgânicos. Esses modelos são chamados de centralizados e descentralizados. Siqueira; Assad (2015) mostra a diferença entre compostagem centralizada e descentralizada na figura 2.

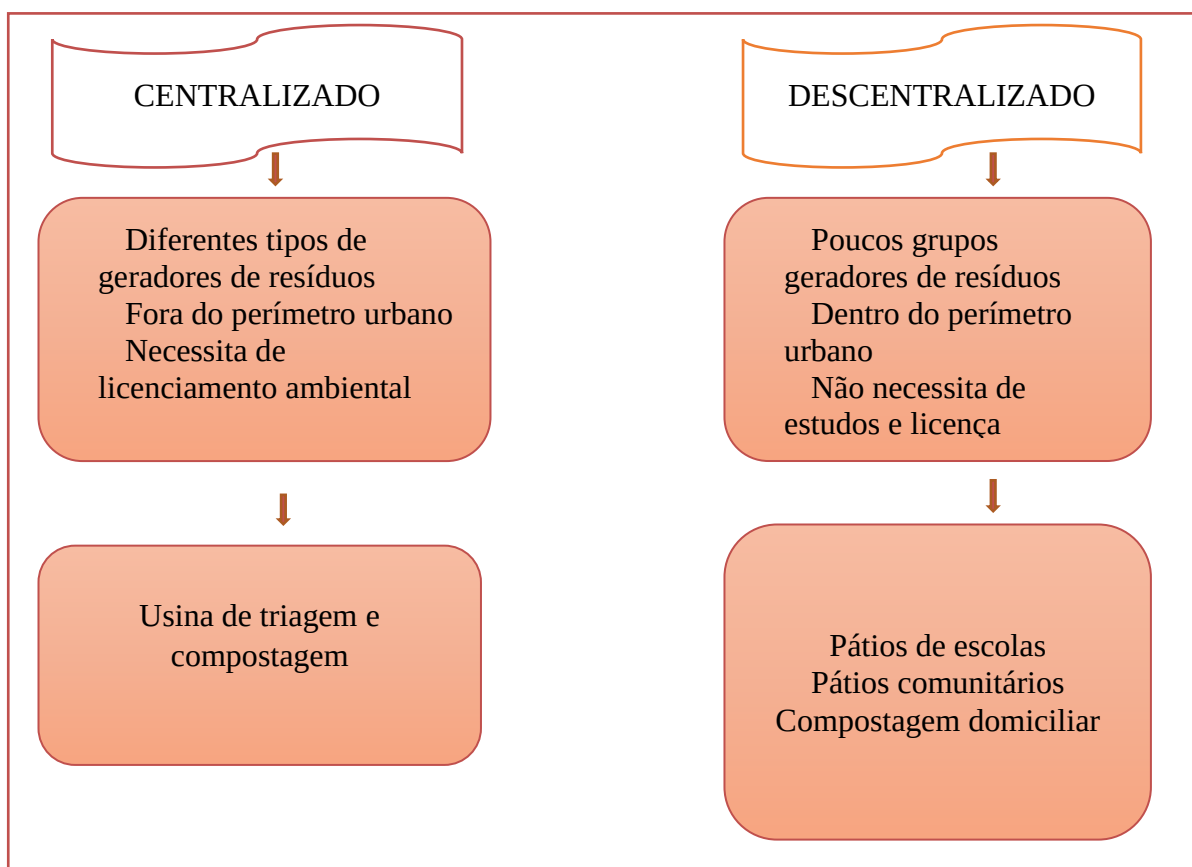


Figura 2 – diferença entre compostagem centralizada e descentralizada
 Fonte: adaptado Siqueira;Assad (2015, p. 246).

Existem no Brasil, projetos que utilizam a matéria orgânica nas cidades, através da compostagem, são uma demonstração de soluções de manejos de resíduos orgânicos que promovem no ambiente urbano, formas de tratamento e, ao mesmo tempo, um provento para a agroecologia urbana, essa que fomenta uma agricultura sustentável, renovável e limpa para o meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propostas de manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na atualidade, são alternativas de se chegar a uma resolução dos problemas provocados por estes ao meio ambiente quando não há tratamento adequado. No quadro 1, têm-se projetos que, nos últimos 5 anos, utilizaram a compostagem para a geração de adubos para a agricultura local, e também como uma forma ambientalmente correta para a destinação final dos resíduos orgânicos.

Quadro 1 – Projetos que utilizaram a compostagem como estratégia para o manejo dos resíduos orgânicos

AUTORES/ANO	RESULTADOS
BRITO; KNOX (2020)	Uma iniciativa utilizando a compostagem no espaço urbano foi o projeto desenvolvido no Centro de Ciências Humanas Letras e Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). A ideia foi criar um espaço para a implantação de uma horta sustentável; um minhocário; um pátio de compostagem e manter a horta com o composto feito na universidade (BRITO; KNOX, 2020)
SILVA et al. (2020)	Essa pesquisa foi realizada em um pátio aberto do campus Dom Delgado, UFMA. Através a avaliação da sua viabilidades técnica, e pós o resultado do processo de compostagem da matéria orgânica utilizada, foi feito a comparação com as exigências da Instrução Normativa n.º 25/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da resolução n.º 481/2017 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A compostagem obteve êxito e todos os parâmetros analisados apresentaram bons resultados (SILVA ET AL. 2020)
MARCHI; GONÇALVES (2020)	A pesquisa fez um estudo sobre alguns pontos que geram resíduos orgânicos de uma Instituição de Ensino Superior (IES) em Salvador-BA, pontos esses como: o refeitório dos funcionários, a varanda gourmet, a lanchonete e o restaurante universitário. Onde se concluiu que a compostagem é uma das alternativas de tratamento dos resíduos, porém, somente ela não se resolverá o problema como um todo, necessita-se de um plano de gerenciamento de resíduos para uma solução total dos problemas dos resíduos produzidos nessa IES (MARCHI; GONÇALVES 2020)
MAESTRI et al. (2019)	Esse trabalho mostrou à implantação de composteiras no município de Liberato Salzano – RS. A importância da compostagem na redução de resíduos orgânicos enviados para o aterro do município, ajudando na sua vida útil, ao mesmo tempo, se tornou uma proposta de solucionar problemas de saneamento básico e educação ambiental em relação ao destino final dos resíduos (MAESTRI et al., 2019).
SENA et al. (2019)	Trabalho realizado através da vermicompostagem, com experimentos em duas etapas no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Maracanaú. Os materiais orgânicos utilizados vieram do centro de abastecimento do Ceará e foi transformado em composto através de 100 minhocas. Como resultado, foi percebida que é possível e fácil a transformação da matéria orgânica em composto fertilizante através da vermicompostagem, pois esse método aumentou os nutrientes que deixarão o solo fértil (SENA et al., 2019).
LACERDA et al. (2019)	Outra pesquisa sobre vermicompostagem foi trazida pelos autores, mas estes utilizaram resíduos orgânicos domiciliares em pequena escala do jardim do Campus IFG/ Jataí. Foram montadas duas formas e composteiras, sendo a segunda (confeccionado a partir de baldes 15L) é uma forma econômica, viável para o processo de compostagem doméstica. Concluíram que mesmo sem muitos recursos e práticas, é possível tratar os resíduos orgânicos produzidos nas cidades (LACERDA et al. 2019).

PINTO et al. (2017)	Foi realizado experimentos da ETEC - Escola Técnica Professor Dr. Antônio Eufrásio de Toledo (Colégio Agrícola) de Presidente Prudente/SP. Foram feitos 3 tratamentos a partir de esterco de bovinos soltos, de suínos confinados e sem uso de composto. Foram confeccionadas leiras de compostagem para os resíduos orgânicos produzidos na escola técnica. Como resultado, a compostagem potencializa a fertilidade do solo e o composto produzido pelos suínos possui mais acréscimo de matéria orgânica e nutriente do que o composto de esterco bovino, visto que esse último se encontra solto e sem controle alimentar (PINTO et al. 2017).
ZAMBON; LUNA (2016)	O trabalho apresenta um panorama de iniciativas e projetos locais em Florianópolis, as empresas privadas fornecem serviços de coletas e outras de coleta e tratamento dos resíduos orgânicos urbanos – ROU. E 90% dos ROU, através do método da UFSC, de leiras estáticas com aeração passiva e das empresas privadas e da COMCAP, são processados por meio da compostagem. (ZAMBON; LUNA, 2016)
PEIXOTO; FERNANDES (2016)	Avaliou os benefícios da compostagem aeróbica. Nesse experimento, foi através da matéria orgânica produzida em um restaurante em Resende-RJ. Teve como resultado, que a compostagem pode ser feita em residências, restaurantes, escolas, que através dela se tem compostos orgânicos de qualidade e reduz a quantidade de resíduos orgânicos que seria descartados. Através desse experimento, foi gerado pelos resíduos do restaurante, um composto orgânico maduro, mas se faz importante seguir parâmetros para obter adubos de boa qualidade para serem doados a hortas e jardins (PEIXOTO; FERNANDES, 2016).
MONTEIRO (2016)	Traz informações sobre compostagem realizada em casa e em espaços pequenos. Utilizando baldes ou objetos com tampas. Utilizando alimentos produzidos na própria residência, proporcionando uma redução dos resíduos que seriam colocados para a coleta pública.(MONTEIRO, 2016).

Fonte: Os autores, 2021.

Os projetos comentados no quadro 1, mostram formas para se fazer a destinação final correta dos resíduos orgânicos e que proporcionam conhecimentos sobre compostagem, trazendo informações sobre: as diferentes formas de implementá-las, as vantagens dos compostos orgânicos para o solo, as variadas categorias de resíduos orgânicos que podem ser transformadas em adubos, a geração de renda que pode ocorrer na implantação de compostagem tanto domiciliar como comunitária, a redução da quantidade de resíduos dispostos em aterros e a promoção de uma Educação Ambiental em relação aos descartes dos resíduos orgânicos de forma inadequada.

Pode-se perceber que os projetos discutidos no quadro 1, possuíam baixo custos na sua implantação, como os produzidos em casa, que utilizaram ferramentas baratas e os resíduos produzidos pelos próprios moradores, os das instituições de ensino que utilizaram os

seus resíduos orgânicos consumidos nas lanchonetes e refeitórios, em alguns desses trabalhos, a utilização da minhoca e esterco de animais para a produção de adubos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apresentou projetos que têm a compostagem, como solução estratégica para os resíduos orgânicos. Alternativa essa, importante para evitar que as populações que consomem muitos produtos orgânicos descartem-os no ambiente sem tratamento, gerando impactos negativos ao solo, às águas subterrâneas e superficiais e ao ar.

Atualmente, com a grande produção de resíduos nos espaços urbanos e a falta de locais adequados para a sua disposição final, esses vão muitas vezes parar em locais próximos aos moradores, como os terrenos baldios, lixões, aterros controlados e atraírem vetores transmissores de doenças.

Através dessa pesquisa, que reuniu trabalhos que desenvolveram projetos sobre os resíduos orgânicos nos últimos 5 anos, pode-se vislumbrar novas propostas de redução da quantidade de resíduos orgânicos descartadas em lugares inapropriados e causadores de danos, muitas vezes, irreversíveis ao meio ambiente.

Muitos se falam de problemas ambientais e sociais promovidos pelos resíduos, essa pesquisa trouxe o diferencial, a solução. É possível desenvolver projetos de custos acessíveis a todos, ao mesmo tempo, gerando renda. Foi possível ver através dos estudos que, tanto as instituições de ensino, como as empresas públicas e privadas, podem elaborar programas de destinação correta para os orgânicos, como também, investir em algo lucrativo para eles.

Esse trabalho se torna relevante no sentido ao mostrar que é possível o desenvolvimento de técnicas sustentáveis para a disposição dos resíduos orgânicos, incentiva a conhecer na íntegra os projetos sobre compostagem aqui citados e esclarecer sobre os malefícios que os resíduos orgânicos fomentam ao meio ambiente se não houver um tratamento específico para estes.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2020. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 18 mai. 2021.

BRASIL. **Lei nº 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.

Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/L Lei/L12305.htm. Acesso em: 18. Mai. 2021.

BRITO, J. P. B. D.; KNOX, W. Gestão de resíduos orgânicos: compostagem e horta no CCHLA / UFRN (2018- 2019). **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

LACERDA, K. A. P. et al. COMPOSTAGEM: ALTERNATIVA DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS DE COMPOSTEIRAS. **XVI semana de licenciatura. VII seminário da pós-graduação em educação para ciências e matemática**. Política educacionais para a promoção da igualdade. Jataí – GO, 2019.

MAESTRI, A.B. et al. O IMPACTO DA COMPOSTAGEM NA REDUÇÃO DE RESÍDUOS DISPOSTOS EM ATERRO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LIBERATO SALZANO. *IN*: 49º Congresso Nacional de saneamento da assemae. 06 a 10 de maio de 2019, Cuiabá –MT. **Anais [...]**.Cuiabá: Assemae, 2019. p. 347-357.

MARCHI, C. M. D. F; GONÇALVES, I. D. O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, e1, 2020.

MONTEIRO, J. A. V. BENEFÍCIOS DA COMPOSTAGEM DOMÉSTICA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. **Educação Ambiental em Ação**. ISSN 16780701 Número 56, Ano XV. Junho Agosto/2016.

PEIXOTO, A. A; FERNANDES, J. G. Utilização da Técnica de Compostagem: uma proposta para destinação final dos resíduos orgânicos gerados em um restaurante universitário. **O XIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT**. Associação Educacional Dom Bosco. Resende – RJ. 2016.

PINTO, L. E. V. et al. COMPOSTAGEM COM DIFERENTES FONTES DE ESTERCOS ENRIQUECIDAS COM YORIN PARA POTENCIALIZAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO. **Colloquium Agrariae**, vol. 13, n. Especial, Jul–Dez, 2017, p. 59-64.

SENA, L. M. et al.. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e destinação de resíduos orgânicos. **Revista Verde**. Pombal, Paraíba, Brasil v. 14, n.2, abr.-jun, p.266-272. ISSN 1981-820. 2019 .

SILVA, R. M. et al. Análise da viabilidade técnica da compostagem para produção de adubo orgânico. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais Ibero-American Journal of Environmental Sciences**. Fev a Mar 2020 - v.11 - n. 2.

SIQUEIRA, T. M. O. D; ASSAD, M. L. R. C. L. **COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL)**. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVIII, n. 4 n p. 243-264 n out.-dez. 2015.

ZAMBON, M. M; LUNA, M. M. M. RESÍDUOS ORGÂNICOS URBANOS: UM OLHAR SOBRE FLORIANÓPOLIS. **Encontro Internacional sobre gestão empresarial e meio**

ambiente. Dez/2016. Disponível em:

<http://engemasp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/167.pdf>. Acesso em: 10. Jun. 2021.

APÊNDICE G

GESTÃO PÚBLICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE TERESINA, PIAUÍ.

Jacqueline Ribeiro Alcântara
Mestranda em Análise e Planejamento Espacial – IFPI
Geógrafa – Faculdade Estácio

Bruna de Freitas Iwata
Docente do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – IFPI
Doutora em ciências do solo - UFC

RESUMO: As mudanças ocorridas no espaço, o aumento populacional nas grandes cidades, o alto consumo e a geração de resíduos, fez surgir à necessidade de planos e projetos que visam dar uma destinação final ambientalmente correta para os resíduos sólidos, pensando em cidades mais sustentáveis e limpas. Essa pesquisa justifica-se pela relevância social, onde produz conhecimento que pode empoderar o controle social de políticas ambientais em Teresina, mas também pode contribuir com melhores Políticas Públicas no âmbito da gestão dos Resíduos Sólidos. Teve como objetivo analisar os documentos da Gestão Pública Municipal atual sobre a gestão aplicada aos resíduos sólidos em Teresina, Piauí. E se esses seguem o que regem a PNRS sobre gestão de resíduos sólidos em prol de um desenvolvimento sustentável. A metodologia empregada foi uma análise documental da lei 12.3035 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o plano nacional de resíduos sólidos e documentos da gestão municipal. Como resultado, foi construído um quadro síntese, com informações que constam nos documentos da gestão pública municipal em prol do tratamento adequado dos resíduos na cidade. Conclui-se que Teresina está buscando adequar-se à PNRS, quando se trata de gestão dos Resíduos Sólidos no município, ao criar os documentos que coloca em prática projetos e estudos em médio e longo prazo para um manejo adequado dos resíduos.

Palavras-Chave: Manejo de resíduos. Planos. Projetos. Resíduos Sólidos Urbanos.

ABSTRACT: As mudanças ocorridas no espaço, o aumento populacional nas grandes cidades, o alto consumo e a geração de resíduos, fez surgir à necessidade de planos e projetos que visam dar uma destinação final ambientalmente correta para os resíduos sólidos, pensando em cidades mais sustentáveis e limpas. Essa pesquisa justifica-se pela relevância social, onde produz conhecimento que pode empoderar o controle social de políticas ambientais em Teresina, mas também pode contribuir com melhores Políticas Públicas no âmbito da gestão dos Resíduos Sólidos. Teve como objetivo analisar os documentos da Gestão Pública Municipal atual sobre a gestão aplicada aos resíduos sólidos em Teresina,

Piauí. E se esses seguem o que regem a PNRS sobre gestão de resíduos sólidos em prol de um desenvolvimento sustentável. A metodologia empregada foi uma análise documental da lei 12.3035 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o plano nacional de resíduos sólidos e documentos da gestão municipal. Como resultado, foi construído um quadro síntese, com informações que constam nos documentos da gestão pública municipal em prol do tratamento adequado dos resíduos na cidade. Conclui-se que Teresina está buscando adequar-se à PNRS, quando se trata de gestão dos Resíduos Sólidos no município, ao criar os documentos que coloca em prática projetos e estudos em médio e longo prazo para um manejo adequado dos resíduos.

Palavras-Chave: Manejo de resíduos. Planos. Projetos. Resíduos Sólidos Urbanos.

1 INTRODUÇÃO

O aumento populacional gera a necessidade de espaço nas cidades para a sua habitação, com a mudança ocorrida pelo processo de industrialização existente principalmente nos países capitalistas, muitas pessoas que antes se encontravam no campo, migraram para a área urbana (LINS, 2017).

Nesse sentido, fez surgir alguns problemas sociais urbanos, dificultando a vida de muitos cidadãos, quando encontram nas cidades, moradias ruins (isso quando essas existem), pobreza, fome, falta de assistência básica, violência, desigualdade e a precariedade no saneamento básico como disposição inadequada dos resíduos sólidos, entre outros. Esses problemas não são comuns a todos, mas, a grande maioria dos moradores das grandes cidades brasileiras, enfrentam algumas dessas situações.

Com o desenvolvimento industrial, muitas indústrias instalaram-se no espaço, aumentando a produção de bens e objetos levando a um acréscimo do consumo da população. E esse consumo, devido aos meios de comunicação crescentes nas cidades, amplia ainda mais a procura de novos produtos, esses depois de utilizados geram as sobras e essas, necessitam de medidas estratégicas para a sua disposição final adequada (SANTOS, 2017).

Com a Lei 12.305 de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), há propostas que estão em andamento e outras em andamento para minimizar os impactos negativos do descarte dos resíduos sólidos. Uma delas é a necessidade dos planos de gestão de resíduos sólidos, onde a partir desses implantados nos estados e nos municípios, tem-se organizado o uso e descarte corretos dos resíduos.

A PNRS tem como diretriz a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, onde no capítulo II, artigo 3º, inciso XI diz que a gestão integrada dos resíduos sólidos deve ser elaborada através de ações em conjunto, isso em prol de um desenvolvimento sustentável, essas ações

partem originar soluções estratégicas que considerará as dimensões de diferentes esferas do poder, como a política, a econômica, o ambiental, o cultural e o social. (BRASIL, 2010).

No âmbito nacional, foi criado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), instituída pela Lei 12.305 de 2010 e regulamentada pelo decreto nº 10.936 de 2022, dentre as suas diretrizes, responsabilidades, princípios e objetivos, a gestão e gerenciamento resíduos sólidos é o ponto importante do Planares.

O planares segue o artigo 9º da PNRS, que tem a ordem de prioridades dos resíduos como a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Partindo dessa premissa, ao se propor a construção de Planos de Gestão de Resíduos, esse deve corroborar com essa ordem de prioridades.

A criação de Planos de Gestão Integrada facilitará aos municípios e ao Distrito Federal, receber recursos para organizarem projetos, montarem consórcios e promoverem políticas públicas que envolvam serviços de limpeza das cidades e manejo adequado de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Portanto, pretende-se com o tema central, mostrar os planos e projetos organizados em Teresina Piauí pela gestão pública municipal com estratégias para reduzir os problemas provenientes dos resíduos sólidos dispostos erroneamente, se os mesmo estão cumprindo o que determina a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 sobre Gestão de Resíduos.

Esse propósito confere à pesquisa uma relevância social, produzindo conhecimento que pode empoderar o controle social de políticas ambientais em Teresina, mas também pode contribuir com melhores Políticas Públicas no âmbito da gestão dos Resíduos Sólidos.

A partir dessas informações, esse trabalho tem como objetivo analisar os documentos da Gestão Pública Municipal atual sobre a gestão aplicada aos resíduos sólidos em Teresina, Piauí. E se esses seguem o que regem a PNRS sobre gestão de resíduos sólidos em prol de um desenvolvimento sustentável.

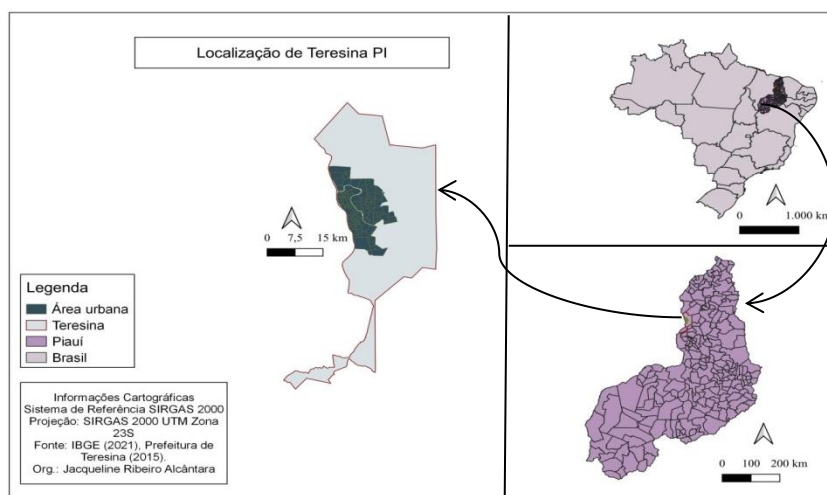
2 METODOLOGIA

Esse artigo faz uma análise documental, inicialmente da Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com o propósito de comparar com os documentos da Gestão Pública Municipal de Teresina Piauí, verificando se esses últimos estão se adequando à lei.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) Teresina, capital do

estado do Piauí, localiza-se no centro-norte do estado com uma área territorial de 1.391.293 km². Possui seu quantitativo populacional estimado de 871.126 pessoas em 2021 e a quantidade de domicílios na área urbana segundo o último censo do ano de 2010 foi de 210.270 e na zona rural de 12.049 (IBGE, 2022). A figura 1 mostra a localização de Teresina.

Figura 1 – Localização de Teresina PI



Fonte: As autoras, 2022.

Por conseguinte, esse estudo propôs a construção de um referencial de embasamento sobre a temática dos resíduos sólidos e que buscou principalmente analisar o enfoque da gestão municipal em Teresina com base em documentos norteadores dessa gestão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na análise dos documentos da gestão pública municipal de Teresina, construiu-se um quadro síntese dos projetos que estão em andamento e outros que ainda serão implantados no município. No quadro 1, têm-se estudos, relatórios, projetos e o plano de gestão organizados pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) dos anos de 2018 a 2021.

Quadro 1 – Documentos organizados pela Prefeitura Municipal de Teresina (PMT), em relação ao tratamento dos resíduos sólidos na cidade.

DOCUMENTOS	PROPOSTAS
Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI Estudo de Engenharia, Logísticas e Afins (2021).	Esse relatório foi desenvolvido pela Prefeitura de Teresina com intuito de trazer informações sobre os resíduos sólidos urbanos da cidade. Projetos que já foram realizados e estão em funcionamento, outros que estão ainda em desenvolvimento. É um importante documento que contempla os sistemas que envolvem os resíduos domiciliares e a identificação da estrutura existente dos RSU como: os serviços de coletas,

	transporte e transbordo e disposição final. Esse documento é denominado Estudos de Engenharia, Logística e Afins, que traz estudos de engenharia e faz parte do Estudo de Viabilidade Técnica Econômica e Ambiental (EVTEA) para modelagem e estruturação de Concessão dos serviços de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no município de Teresina – PI. Nele está inserido informações sobre abrangência e horizonte do documento, essa última segue a Portaria n.º 557, de 11/11/2016, do Ministério das Cidades (MCIDADES), estabelecido em 30 (trinta) anos. Encontram-se informações relevantes sobre o quantitativo de resíduos, embora sejam informações desatualizadas, mas são importantes para comparações com dados atuais e verificar o aumento da produção de RSU na cidade. Traz também as informações sobre as rotas tecnológicas desenvolvidas para se ter o manejo correto dos RSU, são três rotas, visando recuperação de recicláveis e beneficiamento da fração orgânica. O Relatório de Engenharia, Logística e Afins, traz estudos e os custos de cada projeto a ser implantado, deixando claro para o leitor, o que a prefeitura de Teresina está fazendo ou propondo-se a fazer em relação às RSU. Nesse relatório de Engenharia, Logística e Afins, encontram-se informações sobre todas as secretarias, superintendências responsáveis por cada atividade que envolve os resíduos sólidos. (SEMPPLAN, 2021).
Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI Plano de Negócio Referencial (2021)	É um documento tem o objetivo ser referência e sugere alternativas para a prestação de serviços, não obrigando a utilização deste como regra. Este não poderá ser usado para quaisquer questões, indagações, pedidos de fortuitas adequações econômicas financeiras no decorrer da futura concessão. Pois cabe ao licitado criar seus projetos e objetivos seguindo o edital proposto. Esse documento procura colocar em prática regendo a PNRS quando se fala de não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, para obter efetividade a rota tecnológica do relatório de engenharia, logística e afins. Usa-se também ideias e programas que possam atingir uma educação ambiental em prol de um meio ambiente sustentável com desenvolvimento sócio econômico. Esse projeto visa galgar benefícios atingindo uma eficiente logística, com eliminação de atividades repetitivas e que não chegam a um resultado eficaz e que se tenham atividades padronizadas sobre prestação de serviços de coleta, transporte, transbordo e tratamento de resíduos sólidos domiciliares (RDO), e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares (RDO) e de conservação urbana (RPU) Esse projeto tem um horizonte de 30 anos, esse traz uma estimativa populacional de Teresina e todo o planejamento econômico de se atingir um tratamento eficaz dos resíduos na capital piauiense (SEMPPLAN, 2021).
Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina/PI Modelagem Econômico e Financeira (2021).	É um projeto que visa o funcionamento do serviço público municipal em prol do meio ambiente e da sustentabilidade econômica, isso atingindo uma eficácia no tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Teresina, quando se fala de descarte, reutilização, tratamento e redução de novos resíduos. As premissas gerais do projeto são a coleta e disposição, utilizando a rota tecnológica a partir de

	metodologia seletiva que consistiu na atribuição de critérios técnicos. Esse documento traz os estudos macroeconômico e financeiro com informações sobre os impactos da COVID 19 na implantação deste. Também contém informações fiscais, tributárias e encargos setoriais baseadas na legislação vigente nos serviços de coleta e disposição de resíduos. Mostra o capital de giro que estimula o ciclo operacional e a estrutura de capital, tanto do capital próprio (sócios ou acionistas) e do financiamento bancário. Investimentos e despesas, receitas estimadas baseada na remuneração do ente privado por meio da cobrança de tarifa de resíduos domiciliares (RDO). Esse documento também demonstra o modelo de pagamento da concessão e a metodologia de cobrança de tarifas, onde Teresina apresenta baixos resultados. Com a inadimplência a “taxa de lixo” cobrada juntamente ao IPTU e as residências isenta, o valor de arrecadação em relação aos custos com resíduos, se torna inferior, assim, há o projeto da cobrança da taxa de resíduos somada ao consumo de água, nesse documento trata do Coeficiente de Geração (CG). Esse relatório tem um seu tempo de aplicação em 30 anos (SEMPLAN, 2021).
Plano Diretor de Teresina (2020).	O Plano Direto de Teresina, denominado Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT), tem a Lei complementar n.º 5.481, de 20 de dezembro de 2019. É um instrumento da política de desenvolvimento e ordenamento territorial. Nesse documento encontram-se as diretrizes e planos, como também os instrumentos e normas urbanas para ser implantada e poder ser efetiva na gestão territorial de Teresina. No PDOT encontra-se no capítulo V, da qualidade do ambiente, no artigo 30 que traz as diretrizes a serem adotadas na estratégia Qualidade do Ambiente, onde no inciso XIV traz “Implementar infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos resíduos sólidos em localidades mais densas da Área Rural e localidades urbanas; ”(PDOT, 2019, p. 10).No inciso XVIII, fala do ajuste periódico da coleta adequada dos resíduos sólidos de forma que proteja o meio ambiente. E no XIX, ampliar a coleta seletiva já existente na cidade. E também no XXIV do PDOT, onde se trata a educação ambiental sendo inserida com a população sobre a drenagem e manejos das águas pluviais em prol de uma melhora na saúde, bem como promovendo um meio ambiente limpo, com informações sobre a destinação ambientalmente correta dos resíduos sólidos, e capacitação dos trabalhadores do setor público do setor (SEMPLAN, 2019).
PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE TERESINA – PI. (2018)	O Plano de Gestão Integrada de Resíduos é obrigatório segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.3050 de 2010. Esse criado em 2018, traz o que a grande Teresina tem como propostas e o que já está em funcionamento sobre as questões resíduos sólidos em prol da melhoria e qualidade de vida da sua população, por políticas públicas já implantadas na capital (zona urbana e rural). O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos visa à melhoria da salubridade ambiental, a proteção dos recursos hídricos, a universalização dos serviços, o desenvolvimento progressivo e a promoção da saúde pública. É um projeto que tem como base uma

	metodologia alemã, utilizada em muitos projetos por vários países, onde se utiliza condicionantes, deficiências e potencialidades (CDP), para desenvolver o documento. Foram divididas seis etapas para a elaboração do plano. É um plano que segundo a lei 12.305/2010, trouxe a participação popular na sua elaboração através de parceria. O Plano traz a caracterização geográfica e geofísica do município, diagnósticos dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos, gestão de Resíduos Sólidos urbanos (RSU), contém a caracterização dos resíduos domiciliares, áreas de disposição irregular, coleta pública porta-a-porta e a coleta seletiva, propõem programas e projetos, como o projeto “lixo zero” que está em andamento. Também traz informações sobre programas de educação ambiental. Têm-se informações de grandes geradores de resíduos e sobre resíduos especiais produzidos na capital e o local de destinação final dos resíduos, o aterro municipal. O horizonte de planejamento do plano é de 20 anos (SEMPPLAN, 2018).
--	--

Fonte: As autoras, 2022.

Diante do que foi mostrado no quadro, a Prefeitura de Teresina, através da Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPPLAN), estão colocando em prática projetos que direcionam o manejo adequado dos resíduos, ao mesmo tempo em que mostra os custos para essas implementações.

O uso da tecnologia aliada a ideias dos modelos de gestão de resíduos é um ponto importante. Como as rotas tecnológicas discutidas nos três documentos da Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Essas vão promover para a capital do Piauí uma redução de resíduos produzidos, os custos a serem aplicados para o manejo e o tratamento final destes.

Os relatórios da Estruturação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Município de Teresina atualizam o Plano de Gestão Integrada, visto que esse por ser um documento do ano de 2018, traz algumas informações desatualizadas sobre produção, quantidade, coleta e manejos dos resíduos da capital.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Teresina Piauí tem buscado adequar-se à Política Nacional de Resíduos Sólidos, quando se trata de gestão dos Resíduos Sólidos no município, ao criar os documentos que colocam em prática projetos e estudos em médio e longo prazo para um manejo adequado dos resíduos.

São estratégias que, ao serem implantadas de forma significativa, reduzirá o acúmulo de resíduos em lugares inadequados, promoverá a reutilização dos resíduos sólidos na economia circular e a otimização de espaços no aterro municipal. Ao mesmo tempo, a gestão pública municipal criou o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Teresina – PI, esse sendo uma das exigências da PNRS.

Por fim, há a importância de se conhecer esses documentos discutidos nesse artigo na sua integralidade, onde se encontram abertos à consulta e contribuições no site da Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPLAN), bem como o Plano Diretor e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Coordenação de André Luiz Felisberto França et al. Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p.

BRASIL. **Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 Nov. 2021.

LINS, A. E. B. **RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, METRÓPOLE E PERIFERIA: A SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL DOS CATADORES DE MATERIAL RECICLÁVEL NA COMUNIDADE FREI DAMIÃO, EM PALHOÇA, SANTA CATARINA**. Oculum Ensaios, vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2017, pp. 81-98 Pontifícia Universidade Católica de Campinas Campinas, Brasil.

SANTOS, L. O. D. **GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E CONTROLE AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO**. (Monografia) Curso técnico em Química. Centro Universitário UNIVATES, Centro de Educação Profissional – CEP. Lajeado/RS. 2017. 24f.

TERESINA PI, 2021. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. Estruturação do SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) no Município de Teresina/PI. **Estudo de Engenharia, Logística e Afins**. Disponível em: [Relatorio-de-Estudos-Engenharia-Logistica-e-Afins.pdf \(pmt.pi.gov.br\)](#). Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2021. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. Estruturação do SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) no Município de Teresina/PI. **Plano de Negócio Referencial**. Disponível em: [Plano-de-Negocio-Referencial.pdf \(pmt.pi.gov.br\)](#). Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2021. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. Estruturação do SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) no Município de Teresina/PI. **Modelagem Econômico e Financeira**.

Disponível em: [Relatorio-de-Modelagem-Economico-Financeira.pdf \(pmt.pi.gov.br\)](http://pmt.pi.gov.br/Relatorio-de-Modelagem-Economico-Financeira.pdf). Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2021. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **RESÍDUOS SÓLIDOS CONSULTA PÚBLICA**. Disponível em: [Consulta Pública | SEMPLAN \(pmt.pi.gov.br\)](http://pmt.pi.gov.br/Consulta-Publica-SEMPPLAN). Acesso em: 06 abr. 2022.

TERESINA, 2020. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **LEI COMPLEMENTAR Nº 5.481, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019**. Plano Diretor de Ordenamento Territorial Urbano de Teresina PI– PDOT. Disponível em: <https://semplan.pmt.pi.gov.br/teresina-pdot/>. Acesso em: 11 set. 2022.

TERESINA, 2018. SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLAN. **PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE TERESINA – PI**. Disponível em: <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/09/PLano-Municipal-de-Gest%C3%A3o-Integrada-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-de-Teresna.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

APÊNDICE H

RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA E A LOGÍSTICA REVERSA: SOLUÇÕES ATUAIS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Jacqueline Ribeiro ALCÂNTARA
Mestranda no Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF – IFPI

ribeirojac@outlook.com

Marcos Paulo Gomes GONÇALVES
Mestrando no Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF – IFPI

mpgg1988@gmail.com

Bruna de Freitas IWATA
Professora Doutora do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – IFPI
iwata@ifpi.edu.br

RESUMO: Os resíduos sólidos sempre estiveram presentes desde o surgimento do ser humano. Com o desenvolvimento da indústria e o aumento populacional, o consumo aumentou consideravelmente, provocando assim, um maior uso dos recursos naturais para a utilização da matéria-prima na geração de objetos, e pela falta de conhecimento sobre o ciclo de vida dos produtos, o seu descarte final quando feitos em lugares inapropriados, acarretam danos ao ambiente. Desse modo, o desenvolvimento de práticas que previnam esses descartes são as soluções mais eficazes de proteção ao meio ambiente em relação aos resíduos. A presente pesquisa faz uma revisão bibliográfica sobre responsabilidade compartilhada e a logística reversa. Traz informações da importância de conhecer medidas de prevenção em relação à destinação final dos resíduos sólidos no espaço urbano e suas consequências negativas ao meio ambiente. A responsabilidade compartilhada e a logística reversa são

propostas previstas na Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), como alternativa de tratamento aos resíduos para o setor empresarial, mas também não ficando apenas a responsabilidade para estes, propondo assim, a participação efetiva de todos, do poder público, do setor privado e também a sociedade. Considerando esse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a importância da Responsabilidade Compartilhada e da Logística Reversa, como soluções para um manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos e assim, promover um meio ambiente limpo. Conclui-se que, essas alternativas de manejo são eficazes para promover a reciclagem dos resíduos e ao mesmo diminuir ou quem sabe acabar com os problemas ambientais provocados pelos descartes inadequados resíduos sólidos, mas para que isso se confirme, precisa de mais informações para a população possa cooperar.

Palavras-chave: Ciclo de Vida. Matéria-prima. Meio Ambiente. Sustentabilidade.

ABSTRACT: Solid waste has always been present since the emergence of human beings. With the development of industry and population growth, consumption has increased considerably, thus causing a greater use of natural resources for the use of raw material in the generation of objects, and due to the lack of knowledge about the life cycle of products, the their final disposal when done in inappropriate places, cause damage to the environment. In this way, the development of practices that prevent these discharges are the most effective solutions for protecting the environment in relation to waste. This research makes a literature review on shared responsibility and reverse logistics. It brings information about the importance of knowing prevention measures in relation to the final destination of solid waste in urban space and its negative consequences for the environment. Shared responsibility and reverse logistics are proposed in the National Solid Waste Policy (PNRS), as an alternative for the treatment of waste for the business sector, but also not just leaving responsibility for these, thus proposing the effective participation of all, government, the private sector and society. Considering this context, this research aimed to analyze the importance of Shared Responsibility and Reverse Logistics, as solutions for an adequate management of urban solid waste and thus, promote a clean environment. It is concluded that these management alternatives are effective in promoting the recycling of waste and at the same time reducing or perhaps ending the environmental problems caused by inadequate solid waste disposal, but for this to be confirmed, more information is needed for the population. can cooperate. **Keywords:** Life Cycle. Feedstock. Environment. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas mais citados e pesquisados nos últimos anos é o dos Resíduos Sólidos, sobras de todas as sociedades consumistas, e que muitas vezes são descartados no meio em que vivem sem tratamento. Os problemas dos resíduos surgiram quando esses têm a sua disposição inadequada no meio ambiente, categoria de atividade que provoca muitas vezes degradações.

Neste contexto se insere a Educação Ambiental, como uma estratégia de mitigar essa problemática dos descartes inadequados dos resíduos. A Educação Ambiental inserida na sociedade, como nas escolas, palestras, associações de moradores, entre outras, poderá dinamizar o processo ensino-aprendizagem, pois hoje os problemas ecológicos e as

transformações ambientais não ocorrem de forma isolada em um único lugar, mas sim próxima da realidade do ser humano.

Existe a importância dos recursos que a natureza oferece para a sobrevivência de todos os seres humanos, mas, se faz necessário um uso com responsabilidade e cuidado repondo o que foi tirado da natureza, e com a Educação Ambiental sendo colocada em prática de forma eficaz, a redução da exploração dos recursos naturais será menor e se terá um Meio Ambiente sustentável.

A sustentabilidade e os resíduos sólidos, hoje há uma possibilidade de algo bom acontecer, pois estes eram vistos como objetos que não possuíam mais utilidade e eram despejados no Meio Ambiente, poluindo e provocando males a toda sociedade, ainda há esses descartes de forma incorreta, mas já existem estratégias de se utilizar os resíduos, como o retorno desses a economia como matéria-prima.

Considerando esse contexto, esta pesquisa teve como objetivo analisar a importância do princípio da Responsabilidade Compartilhada e da Logística Reversa, como soluções para um manejo adequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e assim, promover um Meio Ambiente limpo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo é uma revisão bibliográfica que parte da importância de aprofundar o conhecimento sobre o manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos em prol de um Meio Ambiente sustentável. A investigação adotou como procedimento metodológico a pesquisa bibliográfica através de estudos como os da: ABRELPE (2020), também de Faria; Polido (2018), dentre outros, que reúnem discussões sobre Meio Ambiente, Resíduos Sólidos Urbanos, a Logística Reversa (LR) e a Responsabilidade Compartilhada. Também foi realizada análise documental, da Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) de 2022. Essa pesquisa tem uma abordagem quanti-qualitativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

A formação de Resíduos Sólidos no mundo aumenta através da industrialização e da urbanização. O crescimento da população gera muitos problemas, pois quanto maior a população, maior será o uso dos recursos naturais transformados em objetos de consumo e

como consequência dessa atividade, surgem os desperdícios dos produtos criados, e irão ser depositados em lugares inapropriados.

Depois de muitas discussões sobre os problemas que causam degradação ao Meio Ambiente, os resíduos sólidos entram na pauta de discussões, e após anos de debates, foi criada no Brasil, a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com princípios, objetivos e diretrizes sobre Gestão e Gerenciamento dos resíduos no país.

De acordo com a PNRS, os termos Resíduos Sólidos e Rejeitos possuem significados diferentes, assim, também terá uma destinação final distinta. O quadro 1, mostra a através do que é explicado na lei, a diferença entre os conceitos de resíduos sólidos e rejeitos.

Quadro 1 – Diferença de resíduos sólidos e rejeitos

RESÍDUOS SÓLIDOS	REJEITOS
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 sólidos ou semi-sólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquido cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.	Resíduos sólidos que, após esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada

Fonte: adaptada Brasil (2010 n. p.)

A importância de diferenciar resíduos e rejeitos surgem principalmente quando se necessita discutir sobre o seu destino final, visto que, segundo a lei, os resíduos sólidos poderão voltar a ser utilizados na cadeia produtiva, sendo esses reutilizados ou reciclados. Diferentes dos rejeitos dispostos em ambientes próprios para esse fim, esgotaram a possibilidade de sua reintrodução na economia.

Os resíduos sólidos tornaram-se um problema para os administradores públicos, principalmente quando se trata de destinação final, por isso, a necessidade de implantar a gestão de resíduos sólidos integrada aos municípios de forma efetiva, pois muitos não têm um controle de toda a geração e destinação destes espaços urbanos.

Sobre geração de resíduos produzidos no Brasil, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em seu panorama 2021, mostra o crescimento da geração de resíduos. Verifica-se um alto crescimento na geração de resíduos, registrando um considerável incremento de 82.477.300 t/ano e 390 kg/hab/ano (ABRELPE,

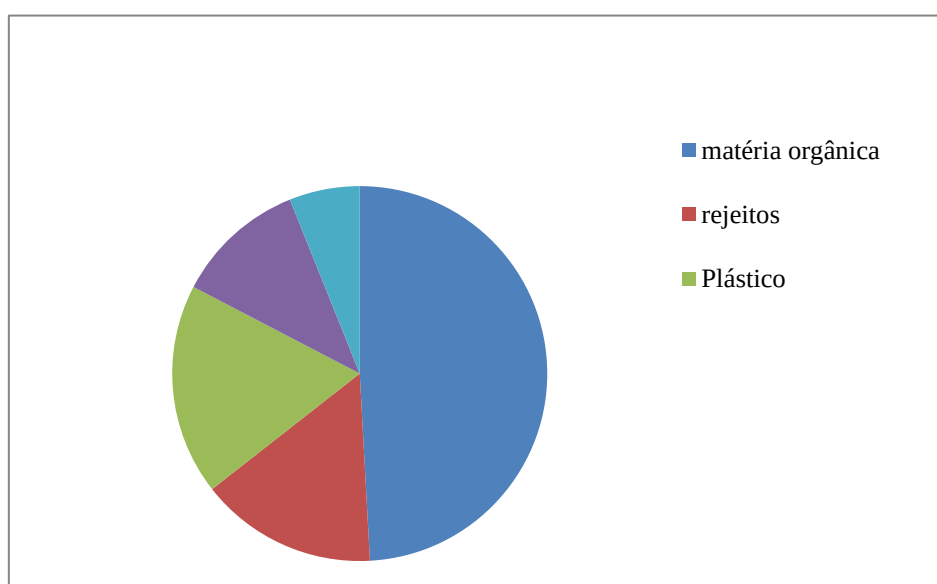
2021). Sendo que em 2019 (ABRELPE, 2020) foram 79.069.585 t/ano e 379,2 kg/hab/ano. Essa comparação é importante para se verificar o crescimento na geração de resíduos no Brasil, e criar estratégias para reduzi-la.

Sobre a regionalização da geração de resíduos sólidos, a região Sudeste é onde se encontra a maior quantidade com cerca de 110 mil toneladas diárias (50%) e 460 kg/hab/ano, essa que em relação à população no Brasil, segundo o Instituto brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população em 2010 foi de 80.353.724, e no ano de 2021, a estimativa foi de 89.632.912 (IBGE, 2021), entende-se assim, que o crescimento populacional está ligado diretamente à produção e consumo de produtos, como consequência, a fabricação de RSU.

Com esse aumento populacional aumenta a necessidade de consumo e a existência diversas categorias de resíduos sólidos sendo, os mais comuns encontrados em grandes cidades, compostos pelos resíduos provenientes das residências, de estabelecimentos comerciais, industriais e hospitalares. Com a industrialização, há grandes modificações nos (categorias) de resíduos sólidos, como: plásticos, vidros, borrachas e outros, que necessitam de uma disposição final correta.

Cada um desses (categorias) de resíduos sólidos apresenta um tempo diferenciado para a sua decomposição natural, e muitos desses materiais no meio ambiente passam anos para se decompor totalmente. A figura 2 mostra a gravimétrica dos RSU mais produzidos no Brasil, essa que se refere à identificação dos materiais descartados pela população (ABRELPE, 2020).

Figura 2 – Gráfico Gravimétrica dos RSU no Brasil



Fonte: adaptado de ABRELPE, 2020.

ABRELPE (2020 p, 38) “A gravimetria nacional foi estimada com base na média ponderada a partir da geração total de RSU por faixa de renda dos municípios e suas respectivas gravimetrias, levando-se em consideração a população e geração per capita”. Conhecendo os seus tipos, classificações e através desses, se chegará a uma medida que irá melhorar o manejo dos resíduos na atualidade.

Em relação ao gráfico sobre a gravimetria dos resíduos, a ABRELPE mostrou que 45,3% são compostas de resíduos orgânicos. Essas informações são de fundamental importância para desenvolver um gerenciamento adequado para os RSU, criando soluções estratégicas para uma destinação correta para cada tipologia de resíduo.

Soluções atuais para o manejo dos RSU: Responsabilidade Compartilhada e a Logística Reversa.

Implantações de medidas sobre o manejo adequado dos resíduos sólidos não estão sendo tão fáceis de colocá-las em prática, visto que não há um envolvimento total da população, essa que ainda não dá aos resíduos o seu destino correto. É preciso promover um debate entre três grupos (poder público/privado/sociedade), para esclarecer as principais atitudes a serem tomadas em conjunto para promover um ambiente urbano saudável.

Uma medida importante para o conhecimento da população é sobre o ciclo de vida de um produto, esse conhecimento, se faz necessário para se propor medidas de mitigação dos resíduos, então, o ciclo de vida de um produto é quando este é gerado, consumido e descartado, ou seja, a partir da sua geração até a sua disposição final (MERSONI; REICHERT, 2017).

Corroborando com o que foi dito anteriormente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em seu capítulo II, das definições, artigo 3.º, inciso IV, fala do que é um ciclo de vida de um produto. Brasil (2010, n.p.) “ciclo de vida do produto: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final”.

Tendo então essa informação sobre ciclo de vida de um produto, podem-se propor medidas de destino para ele, podendo então, voltar para a cadeia produtiva. Caso não haja essa possibilidade de reutilização e reciclagem, sua disposição final deve possuir todas as medidas de proteção ao Meio Ambiente.

Dentro de uma sociedade capitalista e com o desenvolvimento dos meios tecnológicos, os produtos tendem a ter um ciclo de vida reduzido, aumentando o seu acúmulo em áreas das

idades. A partir desse crescimento, surgiram propostas de criar meios de resolver esse problema do acúmulo de resíduos nos espaços urbanos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem como suas principais definições, a Logística Reversa e a Responsabilidade Compartilhada, tendo como proposta, a diminuição da produção de resíduos e a proteção ao Meio Ambiente. Essas duas definições promovem a reutilização de produtos que seriam em outro momento, descartados ao meio, muitas vezes sem nenhuma categoria de tratamento adequado. Na PNRS, encontra-se no capítulo II, artigo 3.º, das definições, incisos XII e XVII:

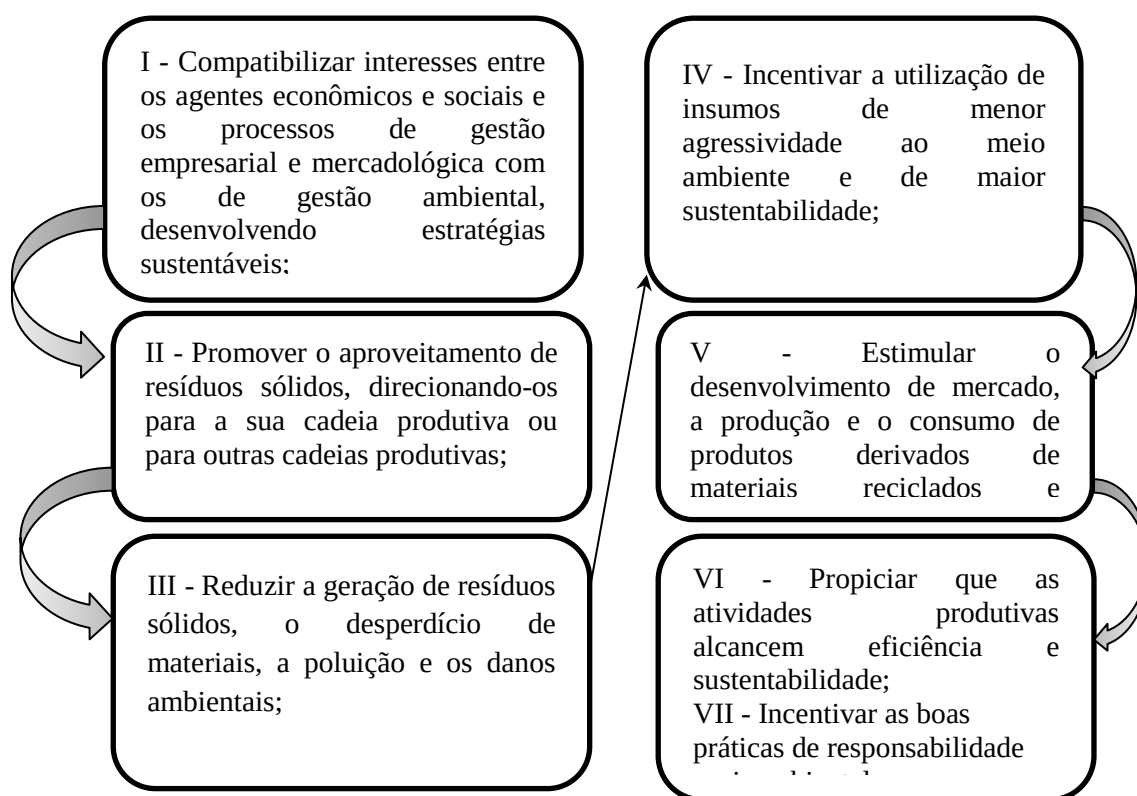
XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010, NÃO PAGINADO).

Essas duas ações são importantes, para preservar os recursos naturais, e tentar conter a forma predatória que esses são explorados para transformar-se em objetos de consumo, causando a sua redução, ou mesmo, a extinção de alguns recursos, como também promover a redução do descarte inadequado dos resíduos em lugares ambientalmente incorretos.

Os objetivos dessas medidas estratégicas como o princípio da Responsabilidade Compartilhada, tendo como exemplo a Logística Reversa, é enviar para a produção industrial, após passar pelo processo de reciclagem, aquela matéria-prima que servirá para a criação de um novo objeto que será consumido novamente pela sociedade. Segundo a PNRS, o objetivo da Responsabilidade compartilhada encontra - se no capítulo III, das responsabilidades dos geradores e do poder público, na seção II, artigo 30, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Objetivo da Responsabilidade Compartilhada



Fonte: adaptado Brasil (2010, não paginado).

São exemplos de Responsabilidade Compartilhada: a Reciclagem, a Reutilização, a Redução, a Não geração de resíduos e a Compostagem, dentre outras medidas que reduzirá a produção ou descartes de resíduos, esses sendo articulados com o poder público, privado e a sociedade em geral, todos fazendo o seu papel em prol de um Meio Ambiente mais sustentável, assim, pode-se chegar à efetividade dos objetivos citados na figura 1.

Sobre a Logística Reversa (LR), essa está inserida atualmente como medidas de reduzir o descarte de objetos e promover para a indústria uma matéria-prima através da reutilização e reciclagem de materiais descartados. A Logística Reversa (LR) faz parte do princípio da responsabilidade compartilhada sobre o ciclo de vida de produtos, onde a LR é um mecanismo que põe em prática atitudes sustentáveis (PLANARES, 2022).

Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) [...] “a logística reversa, como um de seus principais instrumentos, para desonerar os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, a partir de responsabilidades atribuídas ao setor privado”. (PLANARES, 2022, p. 107).

A Logística Reversa, que está inserida nos princípios da Responsabilidade Compartilhada promovem soluções de manejo dos resíduos no espaço urbano e principalmente,

o retorno de produtos à economia circular. Conforme a seção II, da responsabilidade compartilhada, Art. 33, da PNRS, 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:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes. (BRASIL, 2010, n.p.)

Observa-se que os itens citados são resíduos que possuem tipologias que se forem descartados irregularmente ao Meio Ambiente, poderão gerar impactos negativos devido ao material pesado que esses possuem. E seus fabricantes têm a responsabilidade de dar o destino correto, esses tipos de resíduos já possuem um sistema de Logística Reversa forte e em funcionamento no Brasil (PLANARES, 2022).

A Logística Reversa (LR) se propõem a redução dos descartes dos resíduos, não ficando a cargo dessa responsabilidade, apenas para o setor público, mas toda a sociedade, vista que, muitas empresas/lojas, já estão fazendo comerciais para mostrar seus postos de recebimentos de produtos, são exemplos: lojas de celulares, farmácias, de computadores, entre outros.

Na Logística Reversa possui dois momentos da sua atividade: o pós-venda e o pós-consumo, ambos existem no processo comercial. O pós-venda ocorre quando algum produto que possui pouco uso pelo cliente é devolvido à loja, como um eletroeletrônico que apresentou algum defeito, produtos fora da validade, entre outros (FARIA; POLIDO, 2018).

No pós-consumo, são aqueles que atingiram o seu ciclo de vida, e podem ser reciclados. A LR, através dessas atividades, adequar-se no gerenciamento dos RSU, conduzindo os produtos dos pós-venda e do pós-consumo para a reutilização/reciclagem (FARIA; POLIDO, 2018).

Santos (2012) Na logística reversa possuem custos para a sua operação, mas algumas empresas possuem estudos para não ter prejuízos e sim, ganhos na reutilização de materiais que por não possuírem mais condições de uso, e os mesmo não puderam mais ser consumidos, possam voltar a ser utilizados, seja apenas a sua matéria-prima como o processo de

reciclagem, ou a utilização do próprio produto com apenas um processo de limpeza, pois com um planejamento de custos, não haverá perdas para os empresários e nem poluição ao meio ambiente com o descarte dos resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma revisão bibliográfica para mostrar estratégias de manejo adequado dos resíduos sólidos utilizados na atualidade, à Responsabilidade Compartilhada e a Logística Reversa. Os resíduos sólidos resultam das atividades humanas, e com o desenvolvimento do capitalismo, as produções de resíduos aumentaram com o crescimento do consumo.

Dessa forma, um meio de amenizar a problemática dos resíduos sólidos é promover ações significativas que juntos (poder publico/privado/sociedade), possam mitigar os problemas ambientais provocados pelos resíduos sólidos quando estes não possuem um destino correto.

O princípio da responsabilidade compartilhada tendo a Logística Reversa, propostas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, como alternativa de tratamento aos resíduos para o setor empresarial, mas também não ficando apenas a responsabilidade dos resíduos para estes, propondo assim, a participação efetiva da população.

As pessoas muitas vezes misturam os seus resíduos domésticos com os resíduos que na sua classificação, necessitam de tratamento diferenciados, como: pilhas, baterias, peças de televisões, computadores, entre outros. Com a Logística Reversa, os geradores de produtos criam formas de voltar esses objetos para cadeia produtiva, produtos esses que retornam a ser consumidos pela população, sejam com a mesma função ou apenas utilizados como matéria-prima.

Então, conclui-se que, essas alternativas de manejo são eficazes para promover a reciclagem dos resíduos e ao mesmo diminuir ou quem sabe acabar com os problemas ambientais provocados pelos descartes inadequados de resíduos sólidos, mas para que isso se confirme, precisa de mais informações para que a população possa cooperar.

Sugere-se que a sociedade deve ter acesso às informações sobre como criar mecanismos de manejo adequado para os resíduos, colocando em prática a sua responsabilidade com os resíduos que eles produzem, para poder chegar à união de todos. Podendo assim, evitar problemas que esses resíduos provocam ao serem descartados erroneamente.

Para isso, o poder público e privado poderiam promover subsídios para a população ter acesso a essas informações, por promoções de Educação Ambiental, seja na escola, ou nas comunidades, confecção de cartilhas sobre a PNRS, o uso da ‘internet’, televisão e outros meios de comunicação para fomentar de alguma forma esse contato da população com os meios de resolver os problemas causados pelos resíduos.

Sugere-se também uma promoção por meio de premiação, como recebimentos de brindes para quem entregar seus resíduos nos postos instalados em empresas para o recebimento destes, apenas como forma inicial de chamar atenção da população, para criar hábitos de separar os resíduos e descartá-los corretamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE, 2021. *PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL*. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 25 maio. 2021.

ABRELPE, 2020. *PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL*. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/> acesso em 18 maio. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares*. Coordenação de André Luiz Felisberto França et al. Brasília, DF: MMA, 2022. 209 p.

BRASIL. *Lei nº 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. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 16 maio. 2021.

FARIA, H. C. G; POLIDO, A. F. *LOGÍSTICA REVERSA: um interesse em constante crescimento*. V SIMTEC – Simpósio de Tecnologia - Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso: 17 maio. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA. *Estimativa da População, 2021*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acesso em: 28 jul. 2022.

MERSONI, C; REICHERT, G. A. *Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS*. Eng Sanit Ambient | v.22 n.5 | set/out 2017 | 863-875.

SANTOS, J. G. *A LOGÍSTICA REVERSA COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS COOPERATIVAS DE RECICLAGEM NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS*. REUNA, Belo Horizonte -- MG, Brasil, v.17, n.2, p. 81-96, Abr. - Jun. 2012. ISSN 2179-8834.

APÊNDICE I

THE COMPOSTO: ferramenta de gestão e manejo de resíduos orgânicos em ambiente urbano

Jacqueline Ribeiro Alcântara

Mestranda do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI.

Mike Christian de Sousa Araújo

Mestrado em Ciência da Computação, pós-graduação em Engenharia de Software - UFPE.

Elaine Aparecida da Silva

Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento – UFPI.

Bruna de Freitas Iwata

Docente do Mestrado Profissional em Análise e Planejamento Espacial – MAPEPROF IFPI

Doutora em Ciências do Solo – UFC.

RESUMO: Este artigo apresenta um aplicativo desenvolvido para mostrar os pontos de compostagem de Teresina PI. A sua principal tarefa é conseguir ligar à sociedade aos pontos que recolhem resíduos orgânicos para fazer composto orgânico. O estudo aqui realizado buscou construir uma ferramenta de solução para gerenciamento de resíduos orgânicos, pois irá proporcionar à administração pública, conectar grupos ou empresas produtoras de compostos através de resíduos orgânicos. O desenvolvimento do aplicativo seguiu o processo iterativo e incremental, onde as partes do software são construídas por ciclos de melhorias à medida que se avançava no conhecimento do projeto. O aplicativo foi alimentado por apenas quatro grupos, são eles a unidade pública de compostagem, o grupo ninho de verde compostagem, um projeto de extensão de compostagem da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) e o grupo é de Sol, utilizados como exemplos para que a Prefeitura coloque mais locais de produção de compostagem da cidade. Conclui-se que este aplicativo é importante para a população em geral, gestores e empresários, pois reduz a quantidade de resíduos descartados de forma inadequada, gera insumos para a agricultura, promoção de renda e promove a educação ambiental.

Palavras-chave: Aplicativo. Compostagem. Pontos de recebimento.

ABSTRACT: This article presents an application developed to show the composting points of Teresina PI. Its main task is to connect society to points that collect organic waste to make

organic compost. The study carried out here sought to build a solution tool for managing organic waste, as it will provide the public administration with connecting groups or companies producing compounds through organic waste. The development of the application followed an iterative and incremental process, where the parts of the software are built by cycles of improvements as the knowledge of the project advances. The application was powered by only four groups, they are the public composting unit, the nest green composting group, a composting extension project at the State University of Piauí (UESPI) and the é de Sol group, used as examples so that City Hall put more compost production sites in the city. It is concluded that this application is important for the general population, managers and entrepreneurs, as it reduces the amount of waste disposed of improperly, generates inputs for agriculture, promotes income and promotes environmental education.

Keywords: Application. Composting. Receiving points.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de resíduos sólidos, decorrente do alto padrão de consumo, aumenta anualmente, caracterizando assim um excesso no descarte de itens consumidos, um exemplo do acúmulo de resíduos no espaço, o chamado “cemitério de roupas usadas”. Milhares de itens são jogados em um deserto do Atacama, no Chile, que geram pilhas de resíduos e impactam o meio ambiente devido à sua degradação, como a emissão de gases tóxicos. São peças de roupas, brinquedos e utensílios descartados do próprio Chile como vindos de outros países (COSTA; ZANETTI, 2022).

Seguindo nessa linha, os resíduos orgânicos são descartados diariamente, devido o seu alto consumo, sejam eles, restos de alimentos, podas, capinas, são produtos que em suas características, poderiam ser reutilizados. No sentido de promover uma redução do descarte de resíduos, vários países que fazem parte da comissão europeia, criaram um projeto que utiliza os resíduos orgânicos na reciclagem, e na promoção de render (ZAGO; BARROS, 2019).

O desperdício de alimentos no mundo gera a concentração de resíduos dispostos sem tratamento. Esse hábito de desperdiçar alimento faz parte de uma cultura capitalista, seja de países ricos ou não. No entanto, cabe sugerir projetos que têm por objetivo, o reaproveitamento desses alimentos que são desperdiçados e criar políticas públicas em prol de uma conscientização e redução dos descartes desses em forma de resíduos (JESUS, et., 2022).

Na União Europeia (UE), existe uma legislação, foco nos resíduos, essa tem como propósito a gestão eficiente no tratamento dos resíduos sólidos através da cooperação de todos os membros utilizando a reciclagem. Através dessa legislação, existe eficiência na política ambiental da UE, através dela, pode-se chegar a um desenvolvimento sustentável, pois há

redução da produção de novos resíduos na UE, através dos já existentes, gerados nas indústrias, são reutilizados como matéria-prima. Essa legislação instiga a uma melhor gestão de resíduos sólidos nos países membros (ROMERO; ÁLVAREZ; ÁLVAREZ, 2022).

Todas essas informações chamam a atenção para o desenvolvimento de tecnologias de gestão e gerenciamento de resíduos, tendo em conta as necessidades e características de cada local. Todos os resíduos possuem métodos e técnicas diferenciadas para o seu tratamento. Mesmo com políticas de redução de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no mundo, ainda há necessidade de se criar estratégias para a sua destinação e disposição final, ambas com medidas que não causem danos negativos ao meio ambiente.

No entanto, a tecnologia também promove soluções para minimizar esses descartes dos resíduos em lugares impróprios. Produtos tecnológicos estão sendo desenvolvidos para pôr em prática ideias sustentáveis de proteger o meio ambiente para as futuras gerações. Uma delas são os aplicativos (apps), softwares criados para facilitar a vida do cidadão, esse quando usado corretamente. Existem Apps que se utilizam em celulares, os chamados apps móveis.

Todas essas ferramentas ajudam a pôr em prática o que discute a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei 12.305 de 2010, que tem como princípios, objetivos, diretrizes, em prol do tratamento correto dos resíduos, bem como a elaboração de planos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil (BRASIL, 2010). No capítulo II, artigo 6º, trata sobre os princípios da PNRS, esse por sua vez, indica no inciso V, adotar tecnologias limpas para os resíduos pensando no menor impacto negativo possível ao meio ambiente (BRASIL, 2010).

Os aplicativos são exemplos de tecnologias, dentre várias que existem que podem colaborar ao por em práticas estratégias para o tratamento dos resíduos, o uso da tecnologia para o desenvolvimento de novas ferramentas enquadra-se no artigo 8º da PNRS, no que diz respeito aos seus instrumentos. Pois, inciso VI, indica cooperação e financiamento entre poderes públicos e privados para pesquisa de novos produtos, métodos, processos e tecnologias para destinação final de resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Para os resíduos orgânicos, o foco desta pesquisa, desenvolver estratégias para o uso desses resíduos no processo de compostagem, aliada a tecnologia, torna-se significativa para o fim dos descartes dos resíduos orgânicos, bem como a utilização deste na transformação de composto para a agricultura. A compostagem é uma solução estratégica para os orgânicos, quando essa utiliza a decomposição desse material, através de processos bioquímicos e

físicos, fazendo surgir nutrientes capazes de recuperar solo e produzir fertilizantes orgânicos (ROSA, et al., 2021).

A PNRS, no artigo 3º, inciso VII, a compostagem é a solução para uma destinação final ambientalmente adequada dos resíduos. No Artigo 35 dos Princípios da Responsabilidade Compartilhada, a compostagem deve ser realizada por meio de parceria entre os gestores econômicos e a sociedade para fins de aproveitamento do composto (BRASIL, 2010).

No que diz respeito ao exposto, o estudo aqui realizado buscou construir uma ferramenta de solução para gerenciamento de resíduos orgânicos, pois irá proporcionar à administração pública, conectar grupos ou empresas produtoras de compostos através de resíduos orgânicos. O aplicativo THE Compost tem potencial para usuários interessados em manejo de compostagem orgânica em hortas, roças, arborização e paisagismo urbano, recuperação de áreas degradadas com ênfase em atividades agropecuárias na agricultura familiar na zona rural de Teresina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do aplicativo seguiu o processo iterativo e incremental, onde as partes do software são construídas por ciclos de melhorias à medida que se avançava no conhecimento do projeto. Para tanto, as seguintes etapas foram executadas:

1 - Levantamento e análise dos requisitos

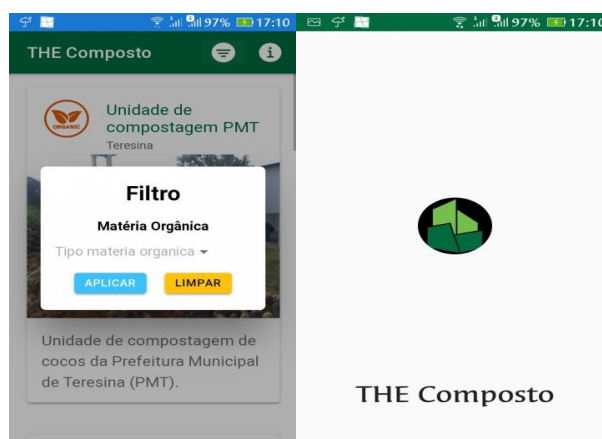
Levantamento das informações e funcionalidades que o aplicativo deveria possuir para atingir o seu propósito. Inicialmente foi realizada uma pesquisa para identificar as unidades de compostagem ativas na cidade de Teresina-PI.

Informações sobre funcionamento, localização e forma de contato, foram coletadas junto às unidades de compostagem, assim como em suas redes sociais, e analisadas em reuniões com a equipe do projeto. Deste modo, foi definido como requisitos funcionais mínimos para o aplicativo: listar as unidades de compostagem, fornecer localização das unidades e disponibilizar formas de contato com as unidades.

2- Prototipação

Corresponde à fase de criação de protótipos de telas (figura 1) para avaliação dos requisitos levantados. Foi utilizada a ferramenta de prototipagem de projetos de design, *Figma*. A ferramenta permite criar telas interativas para demonstrar a usabilidade e navegabilidade do aplicativo sem uso de uma linguagem de programação.

Figura 1 – Telas interativas do App.



Fonte: Os autores, 2023.

3 - Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo foi criado com o *framework Flutter*. O *toolkit* possui recursos para o desenvolvimento de interface de usuário que possibilita a criação de aplicativos híbridos, o que permite gerar aplicativos para diferentes plataformas com a escrita de um único código.

A primeira parte desta etapa foi a implementação do design das telas e a navegabilidade. A segunda parte foi a construção do modelo de armazenamento dos dados, inserção dos dados e hospedagem do aplicativo em ambiente de nuvem. O ambiente utilizado foi *Firebase*, uma plataforma do *Google* que disponibiliza vários serviços como hospedagem para aplicativo, banco de dados, autenticação, entre outros.

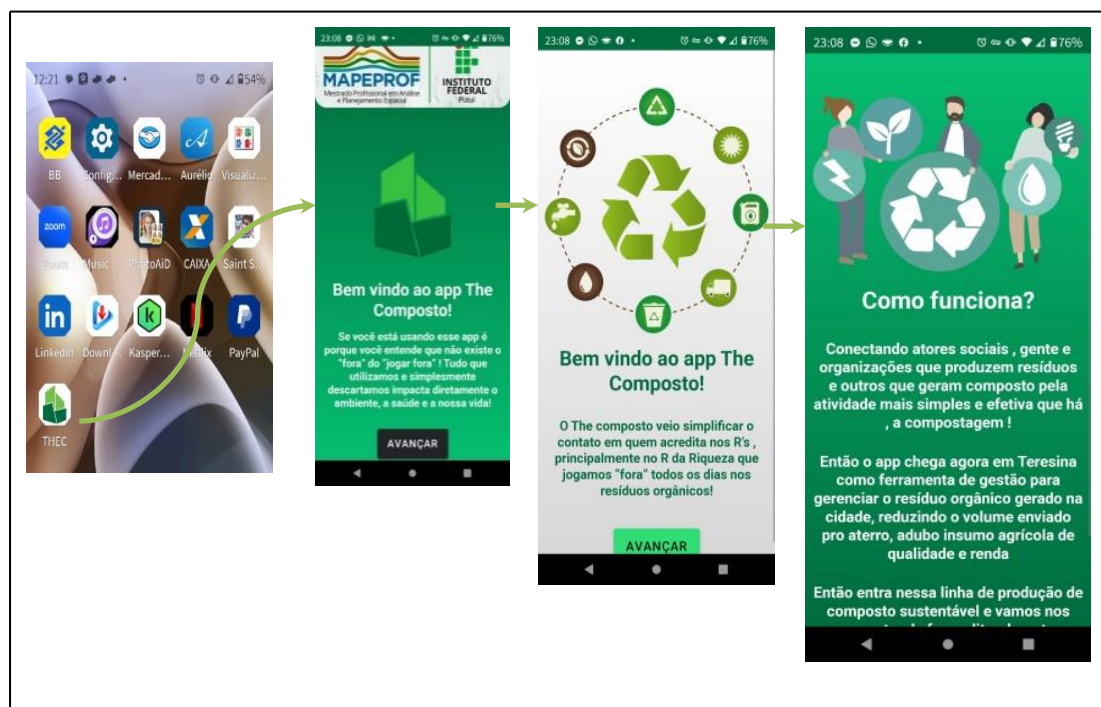
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 The composto

O aplicativo traz informações sobre os resíduos orgânicos de Teresina é uma ferramenta que poderá trazer ligações entre grupos que produzem compostagem por meio de resíduos orgânicos (RO) e para pessoas que utilizam compostagem em plantações, horticultura, agricultura em geral. É uma ferramenta de gestão que possui informações

significativas sobre os resíduos orgânicos de Teresina. Na Figura 2 você pode ver a página inicial e o logotipo do aplicativo.

Figura 2 – Logotipo do app



A. Logo do App; B. app no celular; C. Tela inicial do aplicativo no celular ao ligar.

Fonte: Os autores, 2023.

Na Figura 15B, tem-se um aplicativo já instalado no celular, com a sigla THEC, de THE composto, após clicar no aplicativo abrirá a página inicial (Figura 15C), que leva apenas 2 segundos e irá direto para as telas interativas do site de compostagem. É um aplicativo fácil de usar e acessível para plataformas Android e IOS.

3.2 Arquitetura de uso do THE composto app

O app The Composto oferece uma estrutura simples e objetiva de integração de dados referente ao processo de produção de composto orgânico em Teresina, Piauí. Com vistas a oferecer a gestão pública municipal uma ferramenta que promova uma das principais demandas a serem alcançadas no processo da compostagem, a comunicação entre agentes de interesse.

Um dos gargalos observados no processo de gerenciamento de resíduos orgânicos em centros urbanos, por meio da copostagem, decorre do baixo nível de informação sobre os produtores de composto, os produtores de resíduos de interesse para compostagem e os usuários do composto. Assim, por meio do uso administrativo da ferramenta o The Composto

poderá constituir um banco de dados unificado com todas essas informações de produção no centro urbano e meio rural.

Por meio de filtros, serão inseridas informações de tipo de resíduo produzido, geolocalização, imagens com a produção e o detalhamento das diferentes iniciativas desses produtores de composto. Desta forma, o app estará promovendo além da facilitação entre os interessados no uso e produção do composto, o incentivo a uma das principais iniciativas que caracterizam o modelo de desenvolvimento sustentável com base na redução de C e fixação deste por meio da compostagem.

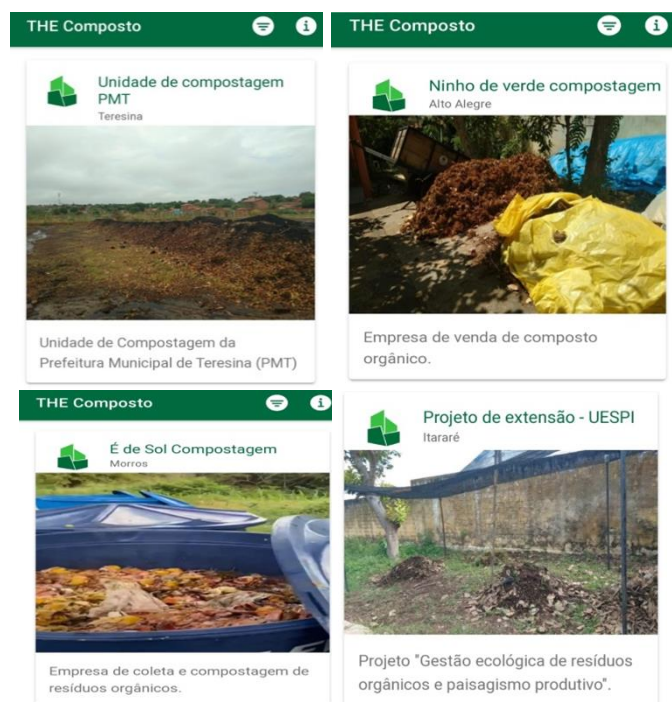
Possibilitando a redução da demanda de áreas uteis em aterro, a produção de um composto de elevado potencial agrícola, assim como a oferta de insumos para agricultura, para o uso no manejo em recuperação de áreas degradadas, assim como uso em manutenção da arborização urbana pública e projetos urbanos privados.

Embora não seja objetivo da ferramenta, a mesma trouxe também a indicação da possibilidade do agente administrativo do app utiliza-lo para fins de cálculo de CO₂ fixado a partir do composto gerado, podendo ser utilizado como sistema de compensação tanto para os produtores e usuários de composto, quanto para os produtores de resíduos orgânicos que irão destinar o material para compostagem.

3.3 Funções

Uma das funcionalidades do aplicativo é mostrar a compostagem que ocorre em Teresina por empresas e postos de compostagem existentes na cidade. A aplicação, que pode ser utilizada como ferramenta de gestão, disponibiliza informação sobre duas empresas que produzem compostagem a partir de resíduos orgânicos, bem como sobre os tipos de resíduos recolhidos pela unidade pública de compostagem. Há também informações sobre o pátio de compostagem existente da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) Campus Teresina Clóvis Moura. A Figura 3 traz telas interativas com os quatros locais pesquisados.

Figura 3 – Telas dos pontos de compostagem no app



Fonte: Os autores, 2023.

Nas telas apresentadas na figura 2, ao clicar sobre elas, abrem-se as informações de cada ponto, por exemplo, a descrição de cada local, o preparo dos compostos, as matérias-primas utilizadas por cada um deles, os contatos e a localização.

Todos os pontos de compostagem de resíduos orgânicos presentes no App têm características diferentes em termos de recepção de resíduos e entrega de composto. O App permite que as pessoas vejam facilmente algumas informações sobre o processo de compostagem, quais são mais perto de casa, podem saber através dos contatos de cada empresa como são recolhidos os resíduos nestes locais, como recebem os resíduos que os cidadãos pretendem descartar e composto que as pessoas querem comprar/buscar.

É um aplicativo cuja principal função é poder conectar a sociedade com os pontos de recebimento de resíduos orgânicos, bem como comprar/receber composto orgânico. Em detrimento disso, entender os perigos do descarte incorreto de resíduos, pois há informações sobre o que pode ser compostado e dicas sobre os resíduos que não podem ser utilizados no processo de compostagem e necessitam de disposição final adequada.

4.3.3 Dados de entrada

No aplicativo, inicialmente foram coletados dados apenas de quatro grupos como exemplo a ser seguido pela gestão pública municipal de Teresina, de como usar o app para mais áreas de compostagem da capital. As informações coletadas e utilizadas para a disponibilização do aplicativo incluem: endereço de cada ponto, número de telefone, links de redes sociais fornecidos no aplicativo e um mapa com a localização de cada local, como se vê na figura 4.

Figura 4 – Mosaico de fotos com as informações sobre os pontos de compostagem no app



A e B. Endereços dos pontos; C e D. Mapas de Localização dos pontos.

Fonte: Os autores, 2023.

4.3.4 Aplicação

O App foi desenvolvido como um elo entre quem produz resíduos orgânicos, quem produz composto por compostagem e quem precisa de insumos agrícolas/hortícolas. Durante a pandemia do coronavírus, a tecnologia está aparecendo cada vez mais na vida das pessoas, o que tem levado a um aumento no número de adeptos dos serviços oferecidos pelos aplicativos. A Figura 5 mostra uma tecnologia que facilita a vida do usuário, o filtro de busca.

Figura 5 – Filtro de pesquisa do app



Fonte: Os autores, 2023.

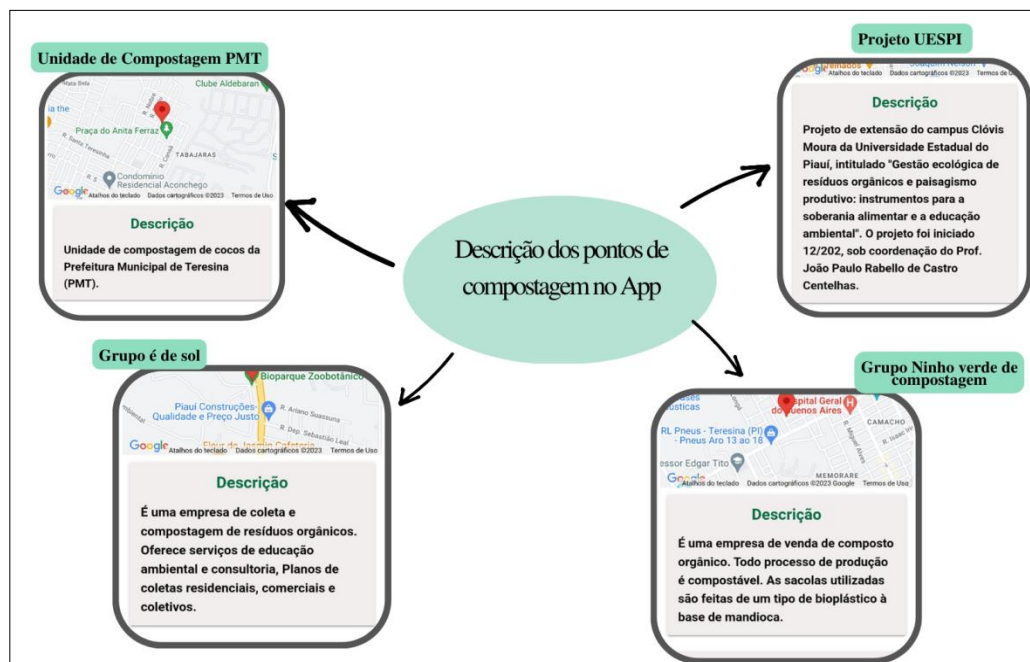
Este item, marcado com uma seta laranja, ajuda os moradores, a saber, que tipo de resíduo cada grupo utiliza para fazer a compostagem. Basta clicar na seta azul localizada à direita do retângulo e aparecerão várias opções de resíduos orgânicos comumente utilizados na compostagem. Ao selecionar um resíduo, o aplicativo indicará imediatamente qual dos quatro pontos produz composto a partir desses resíduos. Muito útil para empresas e restaurantes que, por outro lado, pretendam contratar planos para a sua eliminação de resíduos e/ou recolha de compostagem.

Mais da metade desses resíduos que alimentam o filtro podem ser encontrados e/ou recebidos nas áreas de compostagem do aplicativo. A unidade de compostagem de Teresina produz composto orgânico a partir de resíduos (podas e casca de coco verde), que a prefeitura e a concessionária de energia entregam no pátio da unidade. O projeto de extensão utiliza material compostável da UESPI: folhas, galhos, frutas descartadas, bagaço de cana, capim, casca de coco verde.

O Ninho verde de compostagem utiliza composteiras, através da compostagem estática que geram a partir desta atividade: composto, adubos líquidos e artesanato com resíduos orgânicos. O grupo é de sol utiliza resíduos que são coletados quando um local escolhe um plano (podem ser residências, restaurantes, entre outros) e recebe compostagem pronta com

entrega dos resíduos, ambos produzem compostagem através de resíduos orgânicos de restaurantes, residências e outros. A Figura 6 mostra as descrições dos locais de estudo.

Figura 6 – Descrição dos pontos de compostagem no app



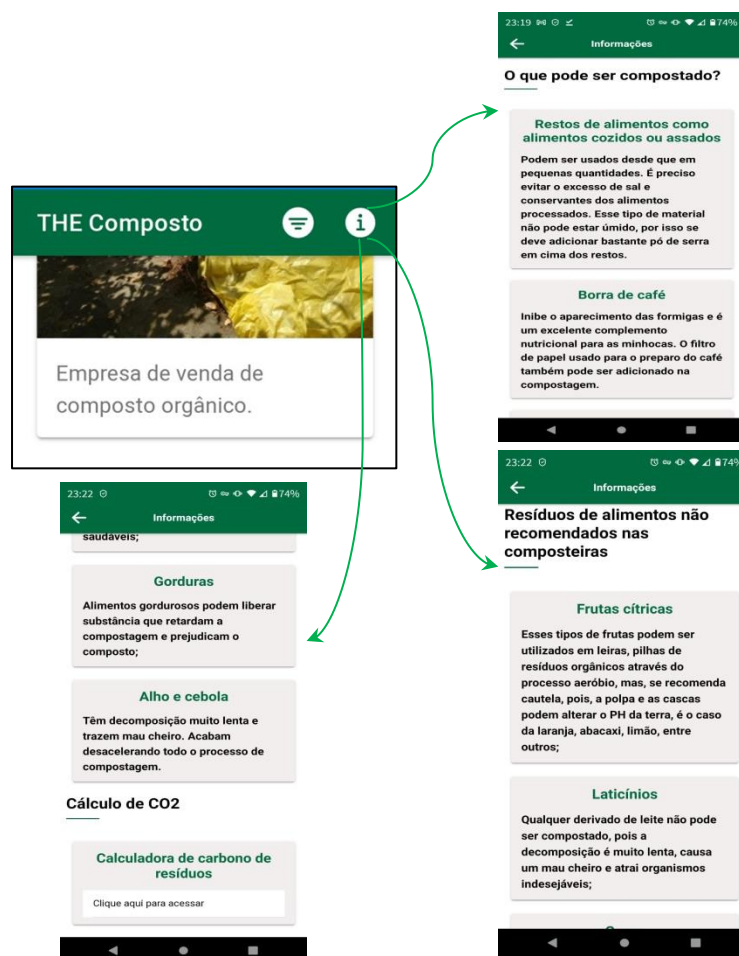
Fonte: Os autores, 2023.

Essas imagens mostram como as informações de cada grupo estão organizadas, todas com a mesma estrutura. Com suas diferenças de produção, matéria orgânica, localizações e tipos de resíduos que utilizam para fazer compostagem, bem como a forma como cada grupo produz composto, como leiras, outras em pilhas e outras, compostagem estática em composteira.

Essas informações estão resumidas na tela de descrição de cada item. Fornecer essas referências é importante porque o cidadão, caso deseje saber mais sobre o espaço pode ser acessar clicando nos itens disponíveis em cada tela que se abre.

Outro dado a se destacar é o ícone localizado no canto superior direito do App, representado com a letra i (figura 7), contém informações sobre o que pode ser compostado e o que não é recomendado, pois alguns resíduos em seus ingredientes podem danificar o composto levando-o a má qualidade causando problemas na agricultura e até no solo. Ressalta-se que quando se fala de não é recomendado, isso não significa que todos os resíduos não possam ser utilizados, mas apenas para chamar a atenção para os cuidados que esses precisam.

Figura 7 – Informações sobre o que pode ou não ser compostado.



Fonte: Os autores, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É uma ferramenta acessível, podendo ser alimentada com novos pontos e de fácil leitura e entendimento em relação às suas ferramentas. Para os resíduos orgânicos, se torna relevante para evitar o desperdício dessa matéria-prima, que são os restos orgânicos, na produção de insumos para a agricultura e para o uso em projetos de recuperação em áreas degradadas.

Conclui-se que este aplicativo é importante para a população em geral, gestores e empresários, pois reduz a quantidade de resíduos descartados de forma inadequada, gera insumos para a agricultura, promove a renda e promove a educação ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 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.

Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/L Lei/L12305.htm.

Acesso em: 16 jan. 2023.

COSTA, M. F. B. F; ZANETI, I. C. B. B. B. Impactos ambientais do fast fashion: o lixo têxtil internacional do Atacama – Chile. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 18, n. 53, seção temática. 2022.

JESUS, M. M. C. D. et al. Desperdício de alimentos em cozinha escola de uma universidade pública: perspectivas de gestão e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e4411124712, 2022.

ZAGO, V. C. P; BARROS. R. T. V. **Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil:** do ordenamento jurídico à realidade. Revisão da Literatura - Eng. Sanit. Ambient. 24 (02) • Mar-Apr 2019.

ROMERO, H. C; ÁLVAREZ, M. T; ÁLVAREZ, M. T. G. Análisis de la gestión de los residuos sólidos urbanos en Europa. **Revista Universidad y Sociedad**. versión On-line. Universidad y Sociedad vol.14 no.1, 2022.

ROSA, L. O. D. et al,. Tecnologia social e compostagem na disseminação de saberes na valoração dos resíduos orgânicos de um condomínio de baixo custo na cidade de Pelotas – RS. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 49, out./dez. 2021.