



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL**

**LÍVIA LÚCIA SABINO SILVA**

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE COCO SECO E FEZES IN NATURA DE  
RUMINANTES NO PROCESSO DE CO-COMPOSTAGEM**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2024**

LÍVIA LÚCIA SABINO SILVA

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE COCO SECO E FEZES IN NATURA DE  
RUMINANTES NO PROCESSO DE CO-COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento do Curso de  
Bacharelado em Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharela em Engenharia  
Sanitária e Ambiental

**Área de concentração:** Resíduos sólidos.

**Orientadora:** Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

**Coorientadora:** Profa. Dra. Ysa Helena Diniz Morais de Luna

**CAMPINA GRANDE - PB  
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586a Silva, Livia Lucia Sabino.  
Aproveitamento da casca de coco seco e fezes *in natura* de ruminantes no processo de co-compostagem [manuscrito] / Livia Lucia Sabino Silva. - 2024.  
34 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luz, Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

"Coorientação: Profa. Dra. Ysa Helena Diniz Morais de Luna , Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT. "

1. Casca de coco seco. 2. Compostagem. 3. Adubo orgânico. I. Título

21.ed. CDD 628

**LÍVIA LÚCIA SABINO SILVA**

**APROVEITAMENTO DA CASCA DE COCO SECO E FEZES *IN NATURA* DE  
RUMINANTES NO PROCESSO DE CO-COMPOSTAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento do Curso  
de Bacharelado em Engenharia Sanitária  
e Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharela em  
Engenharia Sanitária e Ambiental

Área de concentração: Resíduos sólidos.

Aprovada em: 25 / 06 / 2024 .

**BANCA EXAMINADORA**

*Márcia R. Luiz*

---

Profa. Dra. Márcia Ramos Luíz (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Ysa Helena Diniz Morais de Luna*

---

Profa. Dra. Ysa Helena Diniz Morais de Luna (coorientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Valderi Duarte Leite*

---

Prof. Dr. Valderi Duarte Leite  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Whelton Brito dos Santos*

---

Prof. Dr. Whelton Brito dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais, por toda a dedicação, incentivo e apoio e a todos parentes e amigos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento da minha vida acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por tudo o que fez em minha vida, por guiar os meus caminhos e por ter me dado coragem para enfrentar todos os obstáculos que me fizeram chegar até aqui.

Ao meu pai e à minha mãe que sempre me apoiaram, me deram força e se dedicaram ao máximo para que em meio a tantas adversidades da vida que eu pudesse chegar até aqui.

À José Arthur por todo o apoio e dedicação.

Aos meus avós e tios por sempre torcerem por mim.

Aos professores do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB, em especial, a Márcia Ramos Luíz e Ysa Helena de Luna por toda a dedicação, apoio e conselhos.

À Lilian Arruda Ribeiro pelo apoio.

À Mariana Brito por todos os conselhos e apoio.

À todos os professores da Escola Municipal Manuel Francisco da Motta, da Escola Municipal Padre Antonino, do IES Rafael Alberti e da ECI Severino Cabral por toda amizade, apoio e dedicação, em especial os professores: Marlinete Nadir de Medeiros (a professora que me alfabetizou), Ana Aparecida, Rúbia Magna, Dioneide, Iva Aguiar Camelo, Aída Célia, Éricka Araújo, João Viera, Valdiego Monteiro, Lalá Marques, Giovania Lacerda, Tiago Alves e Celina Maracajá.

Aos funcionários do Viveiro Municipal de Mudas de Campina Grande – PB, em especial a Jefferson e a Renalle, por todo o auxílio durante o desenvolvimento do projeto.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Resíduos sólidos urbanos são resultantes das atividades humanas domésticas, entretanto, a maior parcela destes são resíduos orgânicos, que podem ser de origem animal e/ou vegetal. Existem diversas maneiras para realizar o tratamento desses resíduos, uma dessas é a compostagem, que reutiliza a matéria orgânica por meio da degradação com microrganismos aeróbios. O objetivo deste trabalho foi verificar a qualidade do composto resultante da co-compostagem da casca de coco seco e de fezes bovinas *in natura*, em composteira de leira. Para isso, a compostagem da casca do coco foi realizada através de leiras de aeração por revolvimento. O sistema foi monitorado verificando os parâmetros de umidade e temperatura, bem como, foram conduzidas análises de pH e condutividade elétrica do composto resultante, assim como a quantidade de Nitrogênio, Fósforo e Potássio. A partir disso, foi possível observar que a co-compostagem da casca de coco é um procedimento simples e que pode trazer benefícios ambientais, econômico e por produzir um adubo de qualidade. Por fim, verificou-se impactos positivos como a redução da quantidade de casca de coco que teria uma destinação inadequada e a produção de um composto orgânico de qualidade, assim, podendo ser considerada uma atividade sustentável.

**Palavras-Chave:** casca de coco seco; compostagem; adubo orgânico.

## **ABSTRACT**

Urban solid waste results from domestic human activities, however, the largest portion of this is organic waste, which can be of animal and/or vegetable origin. There are several ways to treat this waste, one of which is composting, which reuses organic matter through manipulation with aerobic microorganisms. The objective of this work was to verify the quality of the compost resulting from the co-composting of dry coconut shells and fresh bovine feces, in a windrow compost bin. To this end, the composting of coconut shells was carried out through aeration windrows by turning. The system was monitored by checking the humidity and temperature settings, as well as pH and electrical conductivity analyzes of the resulting compound, as well as the amount of Nitrogen, Phosphorus and Potassium. From this, it was possible to observe that co-composting coconut shells is a simple procedure that can bring environmental and economic benefits and by producing quality fertilizer. Finally, positive results are obtained, such as the reduction in the amount of coconut shell that would have a harmful destination and the production of a quality organic compound, therefore, which can be considered a sustainable activity.

Keywords: dry coconut shell; composting; organic fertilizer.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil e no mundo .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Resíduos Sólidos Orgânicos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Compostagem .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Fases da compostagem e fatores de influência .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Aplicação da compostagem da casca do coco .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Montagem da Leira de Co-compostagem .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Monitoramento de temperatura e umidade na leira de co-compostagem</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Análises Físico-químicas realizadas .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Montagem da leira de compostagem.....</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise do composto orgânico .....</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Embora o século XXI seja uma época de grande desenvolvimento tecnológico, ainda há uma grande problemática em torno do tratamento e destinação adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos. Essa problemática existe, pois muitos países ainda possuem lixões e aterros sanitários como locais de destinação final dos RSU.

A rápida urbanização e a ausência de sistemas efetivos de gestão de resíduos transformaram os lixões em um dos maiores problemas do mundo. Cerca de 40% dos resíduos sólidos do planeta vão para essas áreas, prejudicando a vida de cerca de 4 bilhões de pessoas. Uma das soluções é a criação de aterros sanitários, estratégia tomada pelo governo brasileiro desde 2010 para desativar os lixões e promover uma melhor gestão daquilo que é descartado (MMA, 2019).

De acordo com o Petreire (2023), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de coco, com a participação de 4,5% da produção total (Brainer; Ximenes, 2020). Diante disso, a compostagem da casca do coco ainda é pouco difundida no Brasil e, conseqüentemente, gera toneladas de resíduos. Dessa maneira, em muitas localidades, é comum que os resíduos do coco sejam descartados inadequadamente, podendo se tornar ambientes propícios para o desenvolvimento de vetores de doenças hídricas.

O problema da disposição dos RSU é grande e afeta todo o país, mas pode ser diminuído se cada um dos envolvidos fizer sua parte, os governos, as instituições, as empresas e cada habitante da nação (Ferreira, 2018).

A maior fração desses resíduos produzidos no Brasil são os resíduos sólidos orgânicos, que em sua grande parcela são destinados erroneamente para os aterros sanitários, gerando impactos negativos ao meio ambiente.

A compostagem é um método de tratamento de resíduo sólido orgânico para produzir um composto orgânico rico em nutrientes. Entretanto, há resíduos resistentes à degradação, como a casca do coco que, naturalmente, leva vários anos para se decompor.

Esse estudo se faz pertinente, pois compreende os impactos negativos do descarte inadequado do resíduo do coco, bem como, a importância e os benefícios da compostagem, assim contribuindo para um ambiente mais sustentável.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Utilizar casca de coco seco e fezes in natura de ruminantes no processo de co-compostagem.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Monitorar as variáveis interferentes no processo de co-compostagem da casca de coco seco e das fezes in natura de ruminantes.
- Verificar a qualidade do composto orgânico resultante.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil e no mundo

O acúmulo de lixo é um fenômeno exclusivo da sociedade humana. Em um sistema natural não há lixo que não seja reinserido no ciclo: o que não serve mais para um ser vivo é absorvido por outros, de maneira contínua (Mirandas, 2023).

Com a crescente industrialização dos países, há um aumento da quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos produzidos no mundo, de acordo com o relatório Global Waste Management Outlook 2024, até 2050 o mundo produzirá de 3,8 bilhões de toneladas de resíduos urbanos. E esse número só tende a crescer. Diante disso, muitos países, principalmente, os mais industrializados estão investindo em formas de tratamento adequado para o resíduo sólido produzido.

A América Latina e região do Caribe detêm uma das maiores taxas de urbanização no mundo, estimando-se que 500 milhões de pessoas vivem em cidades, o que se traduz em cerca de 80% da população. Dentre os diversos problemas causados, destacam-se aqueles que se referem à mobilidade, segurança, saúde, bem-estar, saneamento e gestão adequada dos RSU. São produzidas cerca de 354.000 toneladas diárias, por meio de habitantes com os mais diversos hábitos de consumo, características culturais e poder de compra. Desta fração, estima-se que 50% (ou mais) dos RSU gerados são de resíduos alimentares e materiais de origem orgânica (ABREN, 2019).

A preocupação com o meio ambiente, principalmente, no que se refere a geração e ao descarte inadequado de resíduos sólidos vem sendo estudado. De acordo com o IBGE (2022), o Brasil possui uma população de mais de 200 milhões de pessoas, dessa maneira, torna-se um dos países mais populosos do mundo e, conseqüentemente, um dos que mais geram Resíduos Sólidos Urbanos.

Entre os anos de 2012 e 2022, a geração de RSU no Brasil aumentou 11% passando de 62,7 milhões de toneladas para 81,8 milhões de toneladas. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 380 Kg ao ano, em média, o que equivale a 1,04 quilos de resíduos urbanos por dia por cada habitante (ABRELPE, 2022).

Á face do exposto, a Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, na Seção III, Art. 17, estabelece que os conteúdos mínimos para

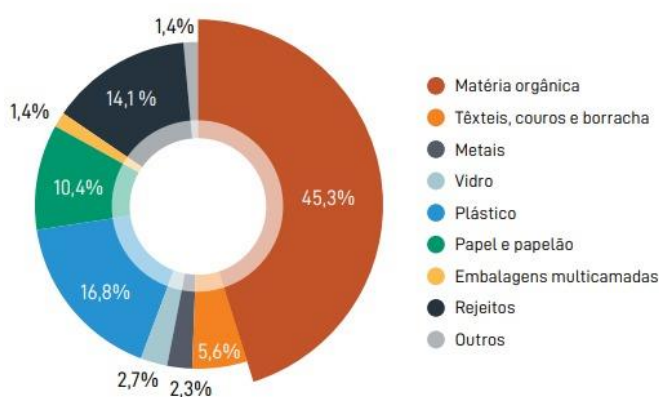
os Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, dentre os quais: há como metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.

Assim como, metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. Os fatores mais importantes na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada da seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

O gerenciamento dos Resíduos Sólidos deve-se iniciar pela caracterização, uma vez que esta possibilita maior compreensão acerca da quantidade e da qualidade dos resíduos (Menezes et al., 2019). Composição gravimétrica dos RSU é o levantamento percentual dos materiais que formam os RSU depositados em determinado local. Isso é realizado medindo-se a massa de cada material e calculando o percentual dessa massa (Rodrigues et al., 2023).

Conforme o estudo da composição gravimétrica dos RSU realizado pela ALBRELPE (2020), tem-se, de acordo com a Figura 1.

Figura 1: Composição gravimétrica dos RSU



Fonte: ABRELPE (2020)

Nota-se que a grande parcela de RSU é composta por matéria orgânica, seguido de plástico, metais e papel/papelão. Diante disso, observando a Lei 12.305/2010, os RSU deveriam ser destinados a uma forma de tratamento

apropriada como a compostagem do material orgânico e a reciclagem de materiais como o papel, o plástico, o vidro e os metais.

Contudo, o tratamento mais eficaz é o realizado própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e se desfazendo do lixo que produz de maneira correta (Monteiro et al., 2001).

Há no mundo e no Brasil muitos municípios que utilizam lixões para a disposição final dos RSU. A problemática dos lixões é agravada pela falta de um sistema eficiente de coleta seletiva, já que os materiais que poderiam ser reciclados acabam sendo misturados ao lixo comum, prejudicando ainda mais o meio ambiente e a saúde pública (Nogueira; Dantas, 2023).

Os aterros sanitários são obras de engenharia que servem para a disposição ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (Gurjão; Neto; Paiva, 2020). Entretanto, parte dessa problemática ocorre na maioria dos municípios que possuem aterro sanitário, pois fazem a disposição final de todo o RSU, sem que haja o tratamento para os resíduos passíveis de compostagem e reciclagem, já que teoricamente os aterros sanitários deveriam receber apenas os rejeitos.

A cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, possui um aterro sanitário privado, como sendo a disposição final para uma grande parcela dos RSU gerados.

O aterro foi inicialmente projetado para receber uma quantidade de 350 t/dia de RSU, com uma vida útil prevista de 25 anos, formado por 22 células de 21 metros de altura e 1 hectare cada. Ao longo da operação do Aterro Sanitário, outros municípios começaram a depositar seus resíduos aumentando a quantidade de RSU de 350 t/dia para cerca de 500 t/dia” (Gurjão; Neto; Paiva, 2020).

## **2.2 Resíduos Sólidos Orgânicos**

Os Resíduos Sólidos Orgânicos são resíduos de origem vegetal e/ou animal que são resultantes da atividade humana. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2023), metade dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil são resíduos orgânicos.

Centros urbanos, indústrias de papel, centrais de abastecimento, agricultura e a criação de animais são exemplos de grandes

geradores de resíduos orgânicos, que poderiam ser "compostados", desde que não contenham eventuais contaminantes que possam prejudicar a qualidade do produto final. A fração orgânica dos Resíduos Sólidos Domésticos (RSD) representa em peso de 45 a 60% do total coletado. É esta fração que disposta em aterros gera grandes volumes de chorume e gás metano, além de atrair vetores de doenças (Inácio; Miller, 2009).

Existem diversos métodos para o tratamento e destinação dos resíduos orgânicos, tais como: vermicompostagem (com minhocas), enterramento, biodigestão, incineração e compostagem (MMA, 2018). A partir de tratamentos adequados, os resíduos orgânicos são transformados em fonte de nutrientes que podem ser utilizados como adubo orgânico.

### **2.3 Compostagem**

A compostagem ocorre de forma natural nos ecossistemas, garantindo que haja o ciclo dos nutrientes.

A partir do momento que o homem descobriu a agricultura, passaram a desenvolver as primeiras civilizações, que incorporavam restos orgânicos ao solo, pois percebiam que com essa prática melhoravam a produtividade e as características de suas terras (Pereira, 2010).

De maneira geral, essa reciclagem de nutrientes se dá de maneira natural no meio ambiente, entretanto a partir da observação desse ciclo natural, o homem começou a desenvolver métodos mais eficientes, combinando determinados tipos de resíduos orgânicos para a obtenção de compostos específicos.

De acordo com Inácio e Miller (2009), a compostagem é um processo de degradação aeróbia que promove o aumento de temperatura dos resíduos orgânicos podendo chegar até 70°C. Esse modelo de compostagem também é conhecido como compostagem seca, que é desenvolvida em leiras e tem a degradação da matéria orgânica desenvolvida por fungos e bactérias.

Para o Ministério do Meio Ambiente (2018), a compostagem é uma atividade no qual se procura reproduzir condições ideais de umidade, oxigênio e nutrientes, para promover uma rápida degradação dos resíduos.

### 2.3.1 Fases da compostagem e fatores de influência

A compostagem é um processo de digestão aeróbia do material orgânico por microrganismos em condições favoráveis de temperatura, umidade, aeração e pH. A eficiência do processo baseia-se na perfeita interação desses fatores (Petrere; Cunha, 2021). Para que esse processo ocorra com alta eficiência é necessário ter o controle dos fatores físico-químicos e biológicos.

De acordo com Inácio (2015), a temperatura está diretamente relacionada a atividade microbiana, que por sua vez define as fases da compostagem. Fase Inicial ou de aquecimento = 1 a 3 dias; Fase Termófila  $\geq 50^{\circ}\text{C}$  por vários dias; Fase Mesófila =  $35$  a  $40^{\circ}\text{C}$  por alguns dias dependendo do material ou da carga microbiana; Maturação = temperatura ambiente por vários dias (Inácio, 2015).

A leira de compostagem é uma pilha de matéria orgânica que irá passar pelo processo de biodegradação. Na Fase Inicial ou de Aquecimento, bem como na Fase Termófila, ocorre o aumento da carga microbiana do material a ser compostado, dessa maneira, há o aumento da variação de temperatura da leira de compostagem, com os picos de temperatura gerados ocorre a diminuição da umidade da leira.

Há a necessidade de rigorosas aferições dos parâmetros: Temperatura e Umidade. A fase mesófila é caracterizada por ter uma estabilização das variações de temperatura, ou seja, há uma estabilização no crescimento microbiano. E a fase de maturação é caracterizada pela diminuição da atividade microbiológica e diminuição da variação de temperatura.

Nas fases inicial e termófila, a atividade microbiológica é realizada pelas bactérias termófilas. Em seguida, há um crescimento das bactérias mesófilas, assim iniciando a fase mesófila, por fim, a fase de maturação ocorre com baixa atividade microbiológica.

Dentre os microrganismos presentes na compostagem, as bactérias possuem uma atividade mais significativa na decomposição, principalmente, no início da compostagem em condições termofílicas, degradando carboidratos, proteínas primárias e açúcares” (Vilela, 2019).

Dessa maneira, com a grande atividade microbiológica tem-se o aumento da temperatura no interior da leira, após a degradação do material orgânico, que ocorre em grande parte nas três primeiras fases, sendo assim, a leira entra num processo de maturação.



Dois elementos são fundamentais para a atividade do microrganismo aeróbio, água e oxigênio, porém quando se tem muita água no material a ser compostado, todos os seus poros são preenchidos por água, dificultando a entrada e a circulação do oxigênio, criando um ambiente anaeróbio (Pereira, 2010).

Por isso, é necessário que haja o equilíbrio entre esses dois parâmetros para que o compostagem seja realizado de forma eficiente.

Para Inacio (2015), a mistura dos resíduos precisa ter entre 50 e 70% de umidade inicial, pois se a umidade for baixa ocorrerá a diminuição da atividade biológica e se for elevada não haverá a circulação de oxigênio no interior da leira. Naturalmente, as periferias das leiras são bem aeradas, enquanto na parte central há a necessidade de oxigênio requerido pela atividade dos microrganismos (Pereira, 2010).

Dessa maneira, é necessário que haja a introdução de ar dentro da leira, que pode ocorrer de forma manual, através do revolvimento, por exemplo, isto é, através da mistura dos resíduos da parte interna e externa da leira ou mecanizada.

Existem duas formas de aeração, a forçada, que ocorre pela introdução de ar através do auxílio de compressores e a passiva, permite que haja a troca de ar do interior da leira com o ambiente através da estrutura e da porosidade da parte periférica da leira, pois o ar entra pelas laterais e sai pela superfície, através de um fluxo ascendente de ar quente úmido (Inacio, 2015).

### **2.3.2 Aplicação da compostagem da casca do coco**

A compostagem é amplamente utilizada para cascas de verduras, frutas, folhas secas e resíduos orgânicos provenientes da agricultura. Entretanto, há alguns tipos de matéria orgânica, que são mais difíceis de degradar e que, geralmente, não são utilizados no processo de compostagem, como é o caso das cascas de coco. Esse é composto pelo epicarpo (camada superficial), endocarpo (camada interna) e mesocarpo, que é a parte constituída por fibras e conseqüentemente a mais volumosa.

De acordo com Gopal (2019), o consumo de água de coco começou a gerar grandes volumes de cascas de coco como resíduos que estão se tornando um problema ambiental e de saúde

O acúmulo das cascas de coco contribui um ambiente propício para abrigo de animais peçonhentos. Em vista disso, a compostagem desse resíduo tende a diminuir os impactos negativos causados pela grande produção de resíduos do coco para desenvolver a compostagem desse resíduo, inicialmente, é necessário desenvolver um pré-tratamento.

Os altos teores de lignina e fenólicos complexos os tornam muito recalcitrantes a decomposição natural, resultando em um enorme acúmulo de resíduos em áreas rurais e urbanas, causando poluição ambiental e fonte de risco para a saúde humana ao se tornarem criadores de mosquito e moscas causadores de doenças (Gopal, 2019).

A lignina é uma substância que confere rigidez aos vegetais. Dessa maneira, para desenvolver a compostagem desse resíduo seria necessário triturar as cascas e, em seguida, realizar uma hidrólise química para acelerar o processo de degradação.

De maneira geral, a hidrólise é a quebra de grandes moléculas, ou seja, é a transformação de grandes moléculas em fragmentos menores (moléculas menores), isso ocorre na presença de água.

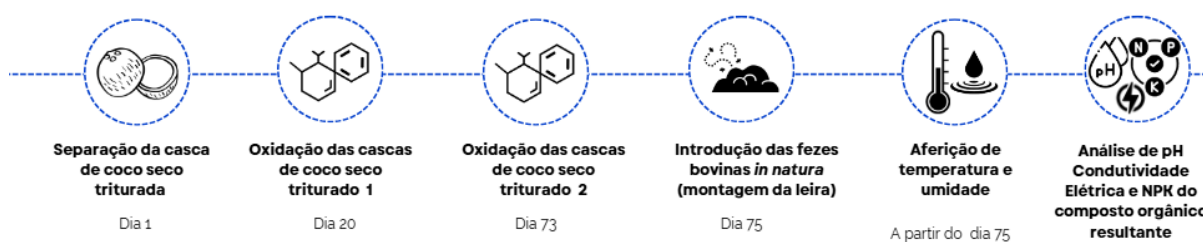
Os processos de hidrólise de celulose podem ser classificados em duas categorias distintas: ácido diluído (concentração do ácido menor do que 5% m/v), ou concentrado (concentração do ácido maior que do 5% m/v) e enzimático (Gurgel, 2010).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Montagem da Leira de Co-compostagem

O experimento foi realizado no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, em um período de 7 meses, entre setembro de 2023 à abril de 2024. Para a execução da atividade de co-compostagem da casca de coco seco foi utilizado a metodologia de Tecnologias para Biodegradação da Casca de Coco Seco e de Resíduos do Coqueiro desenvolvido pela EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, com adaptações. A Figura 2 apresenta a linha temporal dos processos da co-compostagem, desenvolvidos nessa pesquisa.

Figura 2: Linha temporal do processo de co-compostagem de coco seco e fezes bovinas *in natura*.

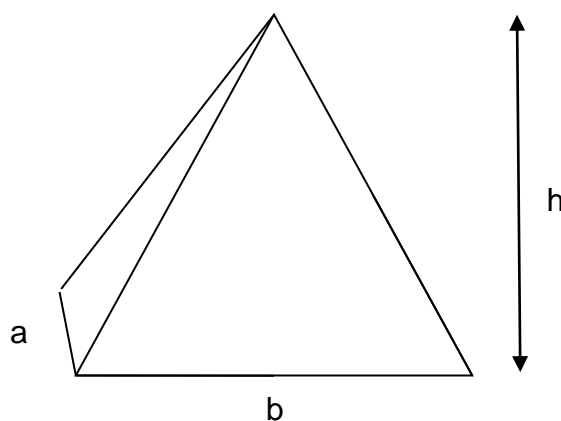


Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Inicialmente, foi realizado o cálculo de volume para o formato de uma pirâmide de base quadrada (Figura 3) utilizando a Equação 1.

$$V = \frac{(Ab \times h)}{3} \quad (1)$$

Figura 3: Formato de pirâmide de base quadrada



Fonte: Elaborada pela Elaborada pela autora (2023).

As dimensões utilizadas para o cálculo do volume da leira podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões da leira

Arestas	Tamanho (m)
b	3,60
a	3,50
Ab	12,65
h	1,20

Fonte: Elaborada pela Elaborada pela autora (2023).

A co-compostagem foi realizada através de leiras com aeração por revolvimento e para a sua montagem foi utilizado casca de coco seco triturado (por um triturador de cocos e galhos com potência de 15 cv. Foi realizado a hidrólise ácida com ácido sulfúrico P.A. e foram acrescentadas fezes bovinas *in natura* (coletado de uma fazenda da região) e incorporado à massa de coco seco triturado e hidrolisado.

A solução ácida foi produzida por meio da diluição de 3L de ácido sulfúrico em 1000L de água não-clorada para 10 toneladas de material seco, seguindo a metodologia de Nunes, Santos e Santos (2007). Vale salientar que a proporção real utilizada na co-compostagem da casca do coco foi de 80% de casca de coco e 20% de fezes bovinas *in natura*.

### 3.2 Monitoramento de temperatura e umidade na leira de co-compostagem

Para a verificação da temperatura foi utilizado um vergalhão de ferro de 8mm de diâmetro e 1,20m de comprimento conforme Nunes, Santos e Santos, (2007). Para realizar a verificação, cerca de 0,80m do vergalhão foi introduzido de forma diagonal no centro da leira por um tempo de 5 minutos.

Ao ser retirado, se o vergalhão estivesse muito quente, isto é, se fosse impossível segurá-lo com as mãos, era necessário fazer a aspersão de água. Quando a temperatura estava tolerável ao toque, não era preciso aspergir água nem revolver. E quando o vergalhão estivesse morno ou frio, necessitava-se realizar o revolvimento da leira, exceto no período de maturação, pois a temperatura da leira

ficaria a mesma do ambiente naturalmente. A Tabela 2 apresenta a estimativa de temperatura para cada caso.

Tabela 2: Percepção e temperatura estimada

Temperatura estimada	Percepção da temperatura do vergalhão
35°- 40°	Tolerável ao toque
> 50°	Intolerável ao toque
Temperatura ambiente	Frio

Fonte: Elaborada pela Elaborada pela autora (2023).

Para estimar a umidade da leira foi realizado o “teste da mão”, que consiste em pressionar o material manualmente e observar se a água verte ou não por entre os dedos, caso não verta, se faz necessário umedecer o material da leira com auxílio de um regador de 5L, em seguida, refazer o teste até o material ficar com a umidade correta, conforme apresentado por Nunes, Santos e Santos (2007).

Durante o tempo de desenvolvimento das fases Termófila e Mesófila, foram realizadas as verificações de variação de temperatura e umidade pelo menos duas vezes na semana. A partir da fase de maturação da leira, a verificação de umidade e temperatura foram realizadas apenas uma vez por semana. Durante o tempo de maturação ocorreram precipitações intensas de chuva na região e houve a diminuição da atividade microbiológica na leira.

### 3.3 Análises Físico-químicas realizadas

As análises de pH e condutividade elétrica foram realizadas nas amostras do composto resultante, de solo e em mistura de solo com composto em uma proporção de 3:1, de acordo com a metodologia de Dolinski et al. (2009) no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA) – UEPB Campus Campina Grande.

A verificações de temperatura e umidade foram realizadas tomando como base as aferições da metodologia de Nunes, Santos e Santos, (2007).

A análise de NPK foi realizada na amostra do composto resultante, com a metodologia de Meneghetti (2018) no Laboratório de Solos – UEPB Campus Lagoa Seca.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Montagem da leira de compostagem

Para calcular o volume da leira foi utilizado a Equação (1), resultando em volume de 5,062m<sup>3</sup>.

Considerando a proporção de 2 (coco triturado): 1 (fezes bovinas *in natura*), tem-se que 3,375m<sup>3</sup> foram de coco triturado e 1,687m<sup>3</sup> de fezes bovinas *in natura*. Foi utilizado um carrinho de mão com capacidade para 67L como medida.

Considerando a massa específica do coco triturado como:  $\rho_c = 0,1657\text{g/cm}^3 = 165,7\text{kg/m}^3$

Assim, tem-se pela Equação (2).

$$M_c = V \times \rho_c \quad (2)$$

$$M_c = 11,1\text{kg}$$

Isto é, para cada medida de carrinho-de-mão serão utilizados 11,1kg de coco triturado. Sabendo para a montagem da leira é necessário 3375L de coco triturado e a cada carrinho-de-mão obtém-se 11,1kg, logo tem-se que:

$$M_c = (3375\text{L} \times 11,1\text{kg}) / 67\text{L}$$

$$M_c = 559,1\text{kg de casca de coco seco triturado}$$

Dessa maneira, foram utilizados 50,5 carrinhos-de-mão de casca de coco seco triturado. De acordo com a Figura 4, pode-se verificar a formação da base quadrada da leira no dia 1.

Figura 4: Base da leira no dia 1 da montagem



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Para aplicação das fezes bovinas *in natura*, considerou-se 86% de umidade, de acordo com Oshiro *et al.* (2016).

$$\rho_F = 933\text{kg/m}^3 = 0,933\text{kg/L}$$

Utilizando a Equação (2).

$$M_F = 67\text{L} \times 0,933\text{kg/L}$$

$$M_F = 62,51\text{kg de fezes bovinas } in\ natura \text{ por carrinho de mão.}$$

Sendo necessário 1687L de fezes bovinas *in natura*, sabendo que a cada carrinho-de-mão com capacidade de 67L tem-se 62,51kg de fezes bovinas *in natura*, tem-se que.

$$M_F = (1687\text{L} \times 62,5\text{kg}) / 67\text{L}$$

$$M_F = 1573,69\text{kg}$$

Assim, deveriam ser utilizados 25,1 carrinhos-de-mão de fezes bovinas *in natura*.

Para a preparação da solução ácida de oxidação de 559,1kg de casca de coco triturado foram utilizados os seguintes volumes de água ( $V_A$ )

$$V_A = (0,559\text{t} \times 1000\text{L}) / 10\text{t}$$

$$V_A = 55,9L \text{ de água não clorada}$$

Considerando essa quantidade de água necessária para a hidrólise, tem-se que a quantidade de ácido ( $V_{ACIDO}$ ) utilizado que foram de:

$$V_{ACIDO} = (3L \times 56L) / 1000L$$

$$V_{ACIDO} = 0,168L = 168mL \text{ de Ácido Sulfúrico P.A.}$$

De acordo com a Figura 5 (A) observa-se a aspersão da solução nas cascas de coco seco triturados, na Figura 5 (B) pode-se observar que as cascas foram espalhadas para que a hidrólise pudesse ser realizada por igual, na Figura 5 (C) observa-se as cascas trituradas após a oxidação.

Figura 5: Aspersão de ácido nas cascas de coco seco trituradas.



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Entretanto, por conta da dificuldade de conseguir fezes bovinas *in natura*, no dia 73 da montagem da leira, foi realizado uma segunda hidrólise, com isso houve uma adequação nas quantidades de água e ácido utilizados, entretanto, foi utilizado a mesma concentração da anterior.

À vista disso, foram utilizados 0,100mL de ácido sulfúrico para 33L de água não clorada. Observa-se que na Figura 6 foi utilizado o regador de 5L para realizar a aspersão da solução na casca de coco triturado.



Figura 6: Segunda aspersão de ácido nas cascas de coco seco trituradas



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Após dois dias da segunda hidrólise, isto é, dia 75 da montagem da leira, foram coletados, um pouco mais de doze carrinhos-de-mão de fezes bovinas *in natura*, isto é, menos da metade da quantidade necessária a ser utilizada segundo a proporção de 2:1. Assim, essa adição de fezes bovinas *in natura* foi realizada na proporção 4:1, em seguida foi realizado a montagem da leira.

Dessa maneira, as dimensões reais da leira passaram a ser:

$$V = 4,21\text{m}^3$$

$$Ab = 11,48\text{m}^2$$

$$a = 3,5\text{m}$$

$$b = 3,28\text{m}$$

$$h = 1,10\text{m}$$

A partir disso, foi realizado o controle da temperatura e da umidade de pelo menos duas vezes por semana, assim como, foi observado as mudanças de fases da co-compostagem. Observa-se na Figura 7 a coleta das fezes bovinas *in natura*.

Figura 7: Coleta das fezes bovinas *in natura*



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Na Figura 8, observa-se a montagem da leira

Figura 8: Inserção das fezes bovinas *in natura* e montagem da leira



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Após a montagem, foi realizado o monitoramento da leira, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Monitoramento da leira.

Dia	Temperatura	Umidade (Aspersão de água)	Revolvimento
1	Frio com posterior aquecimento	Umidade ótima	Realizado
6	> 50°	Umidade ótima	Realizado
8	Alta temperatura – Intolerável ao toque	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
9	> 50°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Realizado
13	Alta temperatura – Intolerável ao toque	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
16	> 50°	Umidade ótima	Não realizado
19	> 50°	Umidade ótima	Não realizado
20	Alta temperatura – Intolerável ao toque	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	nas extremidades
24	> 50°	Umidade ótima	Não realizado
26	Alta temperatura – Intolerável ao toque	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
29	> 50°	Umidade ótima	Não realizado
33	> 50°	Umidade ótima	nas extremidades
36	> 50°	Umidade ótima	Não realizado
40	> 50°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Realizado
43	> 50°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
47	> 50°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
50	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Realizado
55	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Realizado
58	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Realizado
62	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
65	35° a 40°	Umidade ótima	Não realizado
68	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
71	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
73	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
76	35° a 40°	Umidade ótima	Realizado
79	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
82	35° a 40°	Umidade ótima	Não realizado
85	35° a 40°	Umidade ótima	nas extremidades
88	35° a 40°	Baixa umidade – Foi realizado aspersão de água	Não realizado
91	Temperatura Ambiente	Umidade ótima	Não realizado
100	Temperatura Ambiente	Umidade ótima	Não realizado
107	Temperatura Ambiente	Umidade ótima	Não realizado

**Umidade ótima** – durante “teste da mão” água acumulou, mas não escorreu dos dedos.

Fonte: Elaborada pela autora (2024)

As fases de co-compostagem observadas estão diretamente ligadas ao desenvolvimento microbiológico da leira. A utilização do fezes bovinas *in natura*, se dá justamente pela grande carga microbiológica existente, pois, pelo coco ser um material de difícil degradação, é necessário que além da hidrólise, haja um ambiente com elevado número de microrganismos para acelerar a degradação desse material.

No decorrer do processo de co-compostagem em que foram realizadas as aferições de temperatura e umidade, notou-se as variações ocorridas e, conseqüentemente, as transições de fases através das variações de temperatura. Visto que, a princípio foi adicionado uma grande carga microbiológica para formação da leira, percebe-se por meio das propriedades físicas avaliados a variabilidade do metabolismo dos microrganismos.

Na Tabela 4, pode-se observar as fases e as características observadas durante o processo de co-compostagem.

Tabela 4: Fases e características observadas durante o processo de co-compostagem.

<b>Fases</b>	<b>Características observadas</b>
Aquecimento	Aumento da variação de temperatura de 1 – 4 dias;
Termófila	5 – 49 dias de alta temperatura e formação de gases;
Mesófila	50 – 90 dias houve diminuição da variação de temperatura;
Maturação	Após o dia 91 houve temperatura ambiente e a presença de fungos, anelídeos e insetos

Fonte: Elaborada pela autora (2024)

Logo após a finalização da montagem da leira por meio da inserção de fezes bovinas *in natura*, foi observado a fase de aquecimento entre o primeiro e quarto dia, pois ocorreu o aumento crescente da variação de temperatura, como consequência da grande atividade microbiológica.

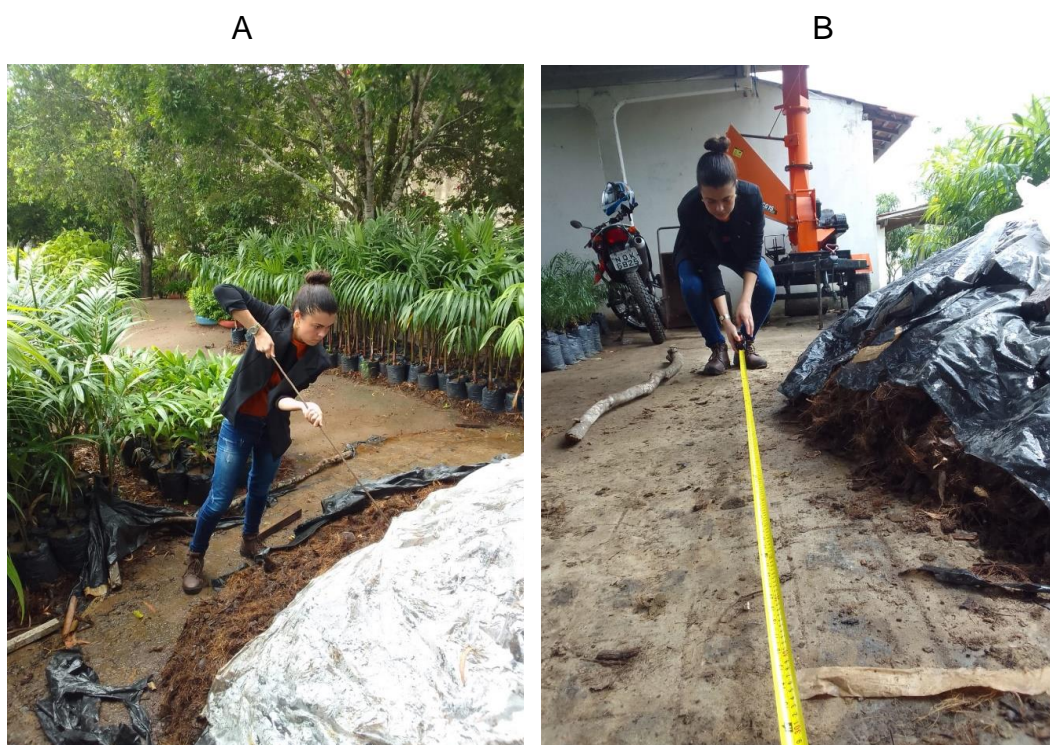
A partir do quinto dia, foi perceptível o grande aumento de temperatura, caracterizando a fase Termófila, dessa maneira foi possível observar o aumento de temperatura apenas ao tocar a parte externa da leira. Além disso, foi observado uma grande quantidade de larvas que saíram de dentro da leira, bem como uma grande produção de gás, a partir de percepção visual.

Pode-se considerar que as fezes bovinas *in natura* já estariam com a presença de ovos de moscas. E com a montagem da leira houve a formação de um ambiente propício para a eclosão desses ovos, com o aumento crescente da variação de temperatura dentro da leira, as larvas saíram do local.

No quinto dia, foi realizada a verificação das dimensões, bem como, o revolvimento da leira para verificar a umidade interna e liberar os gases.

Na Figura 9 (A) observa-se a aferição de temperatura, na Figura 9 (B) observa-se a verificação das dimensões da leira.

Figura 9: Aferição da temperatura e verificação do dimensionamento



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Nas Figuras 10 e 11 observa-se a liberação de gases da leira.

Figura 10: Liberação de gases



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Figura 11: Liberação de gases



Fonte: Elaborada pela autora (2023)

Na Figura 12, observa-se água vertendo, sem escorrer.

Figura 12: Verificação da umidade pelo “Teste da mão”



Fonte: Elaborada pela autora (2024)

A partir do dia 45 foi possível observar uma grande diminuição da produção de gases, conseqüentemente, uma estabilização da temperatura, isto é, a leira já estava na transição da fase Termófila para a Mesófila. Nessa fase foi realizado a maior quantidade de aeração e aspersão de água, assim como, foi possível observar que lascas do endocarpo do coco estavam no processo de degradação.

Ainda na fase Mesófila, no dia 73 do processo de co-compostagem, foi possível perceber que as extremidades da leira já estavam iniciando a fase de maturação, que é caracterizada por estar em temperatura ambiente e por ter a presença de anelídeos, nesse dia já foi possível coletar amostras do adubo de coco.

Foi notório que a partir do dia 91 a leira já estava em fase de maturação.

## 4.2 Análise do composto orgânico

O composto orgânico resultante da co-compostagem e uma amostra de solo da região foram analisadas pelo pH, condutividade elétrica e de NPK. Foram realizadas análises do solo da região para realizar uma comparação dos parâmetros. Na Tabela 5 observa-se os resultados das análises de pH e condutividade elétrica e na Tabela 6 os resultados de NPK do composto resultante.

Tabela 5: pH e condutividade elétrica das amostras do composto e terra.

AMOSTRA	pH	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (S/cm à 25°)
COMPOSTO	6,95	0,454m
TERRA	8,00	99,42μ
TERRA+COMPOSTO ORGÂNICO (3:1)	7,08	156,8μ

Fonte: Elaborada pela autora (2024)

Tabela 6: Resultados da análise de NPK do composto resultante.

Nitrogênio - Fosforo – Potássio (g/kg)		
N	P	K
15,75	2,63	16,60

Fonte: Elaborada pela autora (2024)

Os valores do produto da compostagem, pode ser comercializado, fazendo-se uma pequena correção para seguir o padrão de valores de NPK, para o 20-5-20, para adubos comerciais.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A co-compostagem da casca do coco seco juntamente com as fezes bovinas *in natura* é uma alternativa de tratamento, para diminuir o descarte inadequado desses resíduos.

As variáveis mais relevantes no processo de co-compostagem foram a temperatura, a aeração e a umidade, pois foram norteadoras para identificação e confirmação das fases da co-compostagem.

Obteve-se como produto final um adubo orgânico com pH próximo a neutralidade, boas concentrações de Nitrogênio e Potássio. Contudo, o adubo pode ser utilizado em plantio de diversas culturas, com pequenas correções das concentrações.

Para futuro estudos, sugere-se diminuir a granulometria do resíduo de coco seco, manter a proporção de 2:1 de casca de coco seco triturado e fezes bovinas secas e utilizar o ácido fosfórico no processo de hidrólise. A fim de obter melhorias no processo de co-compostagem, assim como, na concentração de fósforo no composto resultante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – São Paulo: ABRELPE, 2020. p. 14-38.

ABREN: Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos. **Regulação Nacional e Internacional de Waste-to-Energy**. WASTE EXPO BRASIL, 12-14 novembro de 2019. São Paulo – SP.

BRASIL. **Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **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. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. MMA, 2023.

BRAINER, M. S. C. P. XIMENES, L. F. **PRODUÇÃO DE COCO – SOERGUMENTO DAS ÁREAS TRADICIONAIS DO NORDESTE**. CADERNO SETORIAL ETENE, 2020.

DOLINSKI, M. A. et al. **pH, Condutividade Elétrica E Potássio Do Solo Após Três Anos De Aplicações De Nitrogênio E Potássio Em Ameixeira**, No Município De Araucária – PR. Scientia Agraria, Curitiba, v.10, n.5, p.371-376, 2009.

FERREIRA. R. S. **Desativação do Aterro Controlado do Jóquei X Transferência para o Aterro Sanitário de Brasília: Análises dos Principais Aspectos Sociais e Ambientais**. UNICEUB- DF., 2018.

GOPAL, M. et al. **Biochars produced from coconut palm biomass residues can aid regenerative agriculture by improving soil Properties and plant yield in humid tropics**. Shenyang Agricultural University. p -13, 2020.

GURGEL, L. V. A. **Hidrólise ácida de bagaço de cana-de-açúcar: estudo cinético de sacarificação de celulose para produção de etanol**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

GURJÃO, R. Í. L. NETO, C. L. A. PAIVA, W. **AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE – PB**. REALIZE EDITORA. E-BOOK IV CONAPESC: 2020.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO DEMOGRÁFICO 2022: POPULAÇÃO E DOMICÍLIOS: PRIMEIROS RESULTADOS / IBGE, COORDENAÇÃO TÉCNICA DO CENSO DEMOGRÁFICO**. RIO DE JANEIRO: IBGE, 2023. P. 71

INÁCIO, C. T., 2015. **COMPOSTAGEM - CURSO PRÁTICO E TEÓRICO**. RIO DE JANEIRO: EMBRAPA SOLOS, 2015. 8 P.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

MENEGHETTI, A. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise química de plantas, solo e fertilizantes** [Recurso eletrônico] / Adriana Maria Meneghetti.– Curitiba: EDUTFPR, 2018. 252 p.: il. ; 23 cm.

MENEZES, R. O. et al. **Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais - Eng Sanit Ambient**, v.24, n.2, mar/abr, 2019.

MIRANDAS, N. M., MATTOS, U. A. O. **Revisão dos Modelos e Metodologias de Coleta Seletiva no Brasil**. v.30. n.2. Uberlândia: Sociedade & Natureza, 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA abre consulta pública para alavancar a cadeia de reciclagem e reutilização de embalagens. 2020.

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. P. 34.

NOGUEIRA, V. F. B, DANTAS, J. S. **Impactos Ambientais em Região Semiárida: Análises e Abordagens**. 1.a Edição – Campina Grande: EPTEC, 2023.

NUNES, M. U. C. SANTOS, J. R. SANTOS, T. C. **Tecnologia para Biodegradação da Casca de Coco Seco e de outros Resíduos do Coqueiro**. Circular Técnica, 46. 1º Edição, 2007.

OSHIRO, C. R. *et al.* **DISPONIBILIDADE POTENCIAL DE ESTERCO DA BOVINOCULTURA LEITEIRA PARA ENERGIA EM COOPERATIVA**. ENGEMA, 2016.

PEREIRA, D. C. M. S. **Compostagem pelo método de aeração passiva: uma solução sustentável para resíduos orgânicos da indústria de celulose e papel**. 2010. 90 f.

PETRERE, V. G., CUNHA, T. J. F. Uva de mesa. EMBRAPA, 2021. **SNIR, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. Resíduos Sólidos Urbanos. SNIR. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: 09 de agosto de 2023.**

Rodrigues, Melquizedec Arcos; Ismail, Kamal Abdel Radi; Lino, Fátima Aparecida de Moraes. **ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE MANAUS – AM**. Revista Foco. Curitiba (PR). v.16. n.6. e2247. p.01-27, 2023.

**VILELA, N. M. S. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE COMPOSTAGEM POR LEIRAS ESTÁTICAS AERADAS E POR REVIRAMENTO NO TRATAMENTO DA FRAÇÃO ORGÂNICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2019. 111 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.**