



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**VERMICOMPOSTAGEM COMO TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS TROPICAS: UMA  
BREVE REVISÃO**

*Almir Mendes da Silva*

Recife, Pernambuco  
Março de 2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**VERMICOMPOSTAGEM COMO TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS TROPICAS: UMA  
BREVE REVISÃO**

*Almir Mendes da Silva*

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química como pré-requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**Orientador:** Prof. Dr. Ramom Rachide Nunes

Recife, Pernambuco  
Março de 2024

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

---

S586v

Silva, Almir Mendes da Silva

VERMICOMPOSTAGEM COMO TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DA  
AGROINDUSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS TROPICAS: UMA BREVE REVISÃO / Almir Mendes da Silva Silva. -  
2024.

37 f.

Orientadora: Ramom Rachide Nunes.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Licenciatura em Química,  
Recife, 2024.

1. vermicomposto. 2. vermicultura. 3. agricultura orgânica e de base ecológica. 4. resíduos orgânicos. 5. Eiseinia fetida.  
I. Nunes, Ramom Rachide, orient. II. Título



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**VERMICOMPOSTAGEM COMO TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS TROPICAS: UMA  
BREVE REVISÃO**

*Almir Mendes da Silva*

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química como pré-requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

( ) APROVADA em 01 de março de 2024.

**Banca examinadora:** Profa. Dra. Mônica Freire Belian (UFRPE)

Dra. Lidiane Macedo Alves de Lima (UFRPE)

**Orientador:** Prof. Dr. Ramom Rachide Nunes (UFRPE)

Recife, Pernambuco  
Março de 2024

*Quando acordei hoje de manhã, eu sabia quem eu era, mas acho que já mudei muitas vezes desde então.*

*Alice no País das Maravilhas*

*Dedico esta conquista a minha família e a todos  
que me ajudaram nesta caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Solange Mendes e Adeildo Francisco, que sempre estiveram ao meu lado nas horas mais difíceis e felizes na minha vida. Sempre me apoiando e aconselhando nas minhas decisões.

Ao meu irmão, Jonathan Mendes, que sempre tentou me ajudar da melhor forma afugentando os meus monstros. Desde quando eu era criança que tinha pesadelos no meio da noite, e ele deixava eu dormir com ele.

Às minhas queridas avós, Reginalda Francisca e Marluce Lucena, pelas vezes que me salvaram dos meus pais na hora da bronca e pelos discursos encorajadores a respeito da vida.

Aos meus queridos tios, Eugênia, Ricardo e Salete, que vibravam de alegria quando comento da minha trajetória e quando falo das expectativas para o futuro.

Aos meus amigos que conheci na graduação, especialmente, Matheus, Isabela, Isabelle, Mirian, Fernanda, Jonas, Bigode, Gabriel Fernandes, José Antonio e Maria Eduarda que desempenharam um papel crucial para o processo deixando-o mais leve.

À minha orientadora Maria José, que conheci cursando a melhor disciplina do curso inteiro, na qual me encantou e cativou pelo seu profissionalismo e sua dedicação com seus alunos. Sendo a responsável por me introduzir no meio acadêmico; logo após, tive a oportunidade de trabalhar e conhecer melhor a incrível profissional e pessoa que ela é. Sou muito grato pelas grandes oportunidades e ensinamentos proporcionados, tanto no âmbito profissional quanto pessoal.

Ao professor Elvis França, pela oportunidade de trabalho e acolhimento no CRCN onde me desenvolvi e levo uma bagagem para a vida profissional. Serei eternamente grato pelos conselhos, pois seu papel foi muito além apenas de orientador de projeto, mas sim de amigo me ajudando em dificuldades que a vida lançava.

Ao professor André Liesen, pelo acolhimento e pela oportunidade de trabalho em projetos que me proporcionou o aprofundamento na área da química orgânica, área responsável por querer ingressar no curso de química. Além disso, pelo profissional incrível na qual tenho como inspiração para a minha formação.

Ao professor Ramom Rachide, pela orientações sendo responsável por encerrar um ciclo na minha vida.

Aos colegas do Laboratório de Química Ambiental (LQA), em especial, André Luiz e Maria Paula que deixaram o processo de desenvolvimento e o trabalho árduo mais prazeroso.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Anatomia e morfologia das minhocas

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES**

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ILP** - Lavoura-pecuária

**ILF** - Lavoura-floresta

**IPF** - Pecuária-floresta

**ILPF** - Lavoura-pecuária-floresta

**ABC** - Programa de Agricultura de Baixo Carbono

**PNAE** - Programa Nacional de Alimentaco Escolar

**CTC** - Capacidade de troca catinica

**MO** - Matéria Orgânica

**PIB** - Produto Interno Bruto

**OMS** - Organizao Mundial da Saúde

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>15</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
3.1 DESAFIOS DA AGRICULTURA.....	16
3.2 PANORAMA GERAL DA AGRICULTURA NO BRASIL.....	18
3.3 DESAFIOS DA AGRICULTURA NO BRASIL: QUALIDADE E QUÍMICA DOS SOLOS.....	19
3.4 AGRICULTURA NA REGIÃO NORDESTE .....	21
3.5 AGRICULTURA FAMILIAR E DE BASE ECOLÓGICA .....	22
3.6 VERMICOMPOSTAGEM .....	23
3.6.1 A ciência das minhocas.....	25
3.6.2 Matéria-prima para a produção de vermicompostos.....	28
3.7 RESÍDUOS DE FRUTAS TRPICAIS .....	29
3.8 FRUTAS TROPICAIS BRASILEIRAS .....	30
3.8.1 Pitanga .....	31
3.8.2 Cajá .....	32
3.8.3 Acerola.....	32
3.9 SUPERANDO OS DESAFIOS DA AGRICULTURA NO PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE FRUTAS .....	33
3.10 PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E REGIONAL .....	35
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>36</b>

## RESUMO

Vermicompostagem é uma tecnologia ambiental aplicada no tratamento de resíduos orgânicos, convertendo-os em um insumo agrícola de com elevado potencial agrônômico, produzidos a partir da ação combinada de minhocas e dos micro-organismos que habitam em seus tratos digestórios. Neste processo, as minhocas alimentam-se dos resíduos orgânicos e excretam um material denominado de vermicomposto, rico em nutrientes e microrganismos benéficos para o sistema solo-planta. Os atributos químicos do vermicomposto melhoram a estrutura do solo, aumenta sua capacidade de retenção de água e promovem a atividade microbiana. Essa tecnologia ambiental apresenta diversas vantagens, pois é uma forma eficiente e sustentável de reciclar a matéria orgânica e os nutrientes, bem com mitiga os impactos ambientais causados pelos resíduos que vão para os aterros sanitários ou são abandonados no campo. Entre os resíduos que são motivo de preocupação ambiental, destacam-se aqueles provenientes da indústria de polpas, especificamente, as frutas tropicais: cajá, acerola e pitanga (principais frutas tropicais nativas brasileiras). Além disso, os subprodutos provenientes do processamento de frutas não são reaproveitados devido à sua falta de valor comercial e podem causar diversos problemas ambientais quando descartados de maneira inadequada. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a originalidade do projeto, assim como a possibilidade de vermicompostar os subprodutos do processamento das polpas das frutas, comparando este estudo com outros encontrados na literatura. Como resultado, não foram encontrados estudos em que os resíduos da acerola, cajá e pitanga são vermicompostados, conferindo originalidade à proposta. Além disso, estudos com frutas similares, reportados na literatura, indicam a possibilidade de vermicompostar os resíduos supracitados, produzindo um insumo de elevado potencial agrônômico, apto para uso em sistemas agrícolas orgânicos e de base ecológica.

**Palavras-chave:** vermicomposto, vermicultura, agricultura orgânica e de base ecológica, resíduos orgânicos, *Eisenia fetida*.

## ABSTRACT

Vermicomposting is an environmental technology applied to the treatment of organic waste, converting it into an agricultural input with high agronomic potential, produced from the combined action of earthworms and the microorganisms that live in their digestive tracts. In this process, earthworms feed on organic waste and excrete a material called vermicompost, rich in nutrients and microorganisms beneficial to the soil-plant system. The chemical attributes of vermicompost improve soil structure, increase its water retention capacity and promote microbial activity. This environmental technology has several advantages, as it is an efficient and sustainable way of recycling organic matter and nutrients, as well as mitigating the environmental impacts caused by waste that ends up in landfills or is abandoned in the field. Among the waste that is a cause for environmental concern, specifically tropical fruits: yellow mombin, Guarani cherry, and Brazilian cherry (main Brazilian native tropical fruits). Furthermore, by-products from fruit processing are not reused due to their lack of commercial value and can cause several environmental problems when disposed of inappropriately. Thus, this work aimed to carry out a bibliographical review on the originality of the project, as well as the possibility of vermicomposting the by-products of fruit pulp processing, comparing this study with others found in the literature. As a result, no studies were found in which yellow mombin, Guarani cherry, and Brazilian cherry waste are vermicomposted, giving originality to the proposal. Furthermore, studies with similar fruits, reported in the literature, indicate the possibility of vermicomposting the aforementioned residues, producing an input with high agronomic potential, suitable for use in organic and ecologically based agricultural systems.

**Keywords:** vermicompost, vermiculture, organic and ecologically based agriculture, organic waste, *Eisenia fetida*.

## 1 INTRODUÇÃO

A vermicompostagem é um processo de compostagem que utiliza minhocas para decompor a matéria orgânica, assim, transformando-a em um material, comumente, conhecido como vermicomposto. Esta técnica apresenta-se como uma forma eficiente e sustentável para reciclagem de resíduos orgânicos, tais como restos de alimentos, folhas, papelão, dentre outros. Para o processo de vermicompostagem, é necessário passar pela seleção das minhocas. A espécie mais comum utilizada é a *Eisenia foetida*, também conhecida como minhoca vermelha da Califórnia.

Além disso, a escolha do local, do material compostável e dos cuidados com o ambiente é de suma importância. Observa-se que o processo de vermicompostagem pode ser feito em pequenas caixas ou recipientes, dentro ou fora de casa. Os materiais compostáveis, como restos de frutas, vegetais, cascas de ovos, borras de café, papelão ou até folhas secas, são exemplos de materiais adequados para a prática. Diante disso, as minhocas precisam de condições adequadas de umidade, temperatura e aeração. Desse modo, dependendo das condições e do volume de resíduos o tempo de decomposição, pode levar de algumas semanas a alguns meses.

O vermicomposto, produto obtido a partir da transformação do material por meio do trato digestório das minhocas, apresenta alguns benefícios e aplicações. Estes benefícios são: formação de nutrientes, a melhora da estrutura do solo e estímulo ao crescimento das plantas. Percebe-se, também, que o vermicomposto é rico em nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes que contribuem para o desenvolvimento saudável das plantas, além de aumentar a capacidade de retenção de água e a aeração do solo. Por fim, o vermicomposto pode ser utilizado como fertilizante orgânico em jardins, hortas e plantas domésticas, bem como pode ser misturado ao solo, ou substrato, para melhorar a qualidade do meio de cultivo em vasos.

Nessa vertente, a vermicompostagem é uma prática ambientalmente amigável, pois não provoca danos ao ambiente podendo ser adotada em diferentes escalas, desde residências até níveis comerciais, auxiliando a mitigar a quantidade de resíduos orgânicos destinados aos aterros sanitários e campos. Assim, promove um ciclo sustentável, ou seja, criando um ciclo fechado onde os resíduos orgânicos são transformados em nutrientes para novas plantas e retomam para o ambiente.

Os resíduos provenientes das indústrias de polpa ganham destaque entre os possíveis poluentes ambientais. Embora o Brasil apresente desafios referente à

agricultura, a produção de polpas de frutas tropicais, destacando-se o cajá, a acerola e a pitanga, vêm se desenvolvendo e crescendo nas regiões Norte e Nordeste, cujo as quais apresentam elevados dados de produção. Esse crescimento pode estar atrelado ao consumo dessas polpas e pelo valor econômico no mercado nacional quanto internacional.

A polpa, sendo um dos produtos mais básicos do processamento das frutas, apresenta facilidade e praticidade na hora do consumo, além de proporcionar o consumo em diferentes lugares do Brasil, devido ao armazenamento a frio. Esse armazenamento permite que ela seja consumida mesmo não estando na época da safra. Por consequência, gerando-se quantidades significativas de resíduos, visto que as partes desejáveis, comumente polpa, são separadas das cascas, bagaço e sementes.

Diante disso, esses resíduos são potenciais poluentes por apresentarem elevados teores de matéria orgânica, além de serem muito ácidos, afetando drasticamente a qualidade do solo. Por fim, observa-se que não são devidamente reaproveitados, por conta do baixo valor comercial desses subprodutos. Assim, O presente trabalho tem como tema e objetivo analisar a aplicação da vermicompostagem como tecnologia ambiental para o tratamento de resíduos da indústria de polpa de frutas tropicais: cajá, acerola e pitanga.

## **2 METODOLOGIA**

O presente trabalho tem como tema e objetivo analisar a aplicação da vermicompostagem como tecnologia ambiental para o tratamento de resíduos da indústria de polpa de frutas tropicais: cajá, acerola e pitanga. A metodologia desse estudo, pode ser classificado como uma pesquisa bibliográfica, visto que a investigação foi norteada com base em uma revisão de materiais teóricos que foram divulgados em meio de canais impressos e digitais. Dentre eles, destaca-se os principais recursos utilizados: livros, periódicos, artigos científicos, monografias, dissertações e teses (Gerhardt; Silveira, 2009).

Para isso, o levantamento bibliográfico foi realizado utilizando as bases de dados: “SciELO”, “Google Scholar”, “Scimedirect”, “Web of Science” e periódicos da CAPES. Para a coleta de dados, um mecanismo de busca foi criado, utilizado-se como palavras-chave: “vermicompostagem” e “indústria de frutas”. Essa busca incluiu a seleção dos idiomas inglês e português como critério e publicações nos últimos cinco anos (2018 a 2023).

Como resultado, não foram encontrados estudos em que os resíduos da acerola, cajá e pitanga são vermicompostados, conferindo originalidade a essa revisão bibliográfica. Além disso, estudos com frutas similares, reportados na literatura, indicam a possibilidade de vermicompostar os resíduos supracitados, produzindo um insumo de elevado potencial agrônomo, apto para uso em sistemas agrícolas orgânicos e de base ecológica.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 DESAFIOS DA AGRICULTURA**

Com o avanço da agricultura no Brasil, em meados dos anos 60, iniciou-se um marco importante para o início de mudança nas fronteiras agrícolas nacionais. Este processo foi impulsionado pela inovação e a tecnologia, em parceria com grandes empresas estatais (e.g., EMBRAPA, os institutos de pesquisa e as universidades públicas). Diante disso, o avanço da agricultura levou a novos desafios para a sociedade, tais como a (A) recuperação e preservação dos recursos naturais, assim como (B) os seus usos mais eficientes e sustentáveis, além dos serviços ambientais e ecossistêmicos. (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

- (A) Recuperação e preservação dos recursos naturais: Para diminuir os impactos negativos sobre a agricultura e o meio ambiente, de modo geral, pensar na preservação das características mínimas-básicas dos biomas se torna uma tarefa imprescindível. Isso porque é necessário manter a prestação dos serviços ecossistêmicos para a ambiente, além de mitigar os impactos das mudanças climáticas. Nesse sentido, conhecer, regular e monitorar a importância dos recursos para a sociedade é de suma relevância, além de ser um parâmetro (quase métrico) da sustentabilidade do uso desses recursos, dando uma visão geracional, de como as atitudes das gerações atuais podem possibilitar a recuperação de áreas degradadas (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019)
- (B) Usos mais eficientes e sustentáveis dos recursos naturais, além dos serviços ambientais e ecossistêmicos: A necessidade de estimular o uso mais eficiente e sustentável dos recursos naturais, principalmente aqueles provenientes dos sistemas produtivos agropecuários é uma necessidade real e urgente. Implica, sobretudo, na redução do desperdício de recursos naturais, além de preservar elementos da flora e fauna nativa, responsáveis pelos serviços ecossistêmicos,

essenciais para o bom funcionamento do ambiente, mesmo em condições adversas. Nesta mesma vertente, a sustentabilidade provoca a redução, também, nas pressões negativas sobre o meio ambiente, por exemplo, reduzindo o uso de insumos químicos mais tóxicos, o uso de volumes adequados de água na irrigação, o manejo mínimo-necessário do solo, entre outros. Por fim, reconhecer a importância dos serviços ambientais e ecossistêmicos, se torna uma necessidade emergente na promoção de mudanças nos sistemas produtivos. Nesse sentido, a recuperação, a proteção e o uso sustentável dos recursos naturais requer mais que inovação tecnológicas, pois a perda da fertilidade natural dos solos, a escassez hídrica e restrições ambientais torna a ser uma questão econômica (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

Dessa forma, a agricultura brasileira vem utilizando e desenvolvendo, diversas ações que visam mitigar os impactos ambientais relacionados à sua atividade. Dentre elas, a adoção de novas tecnologias e alternativas de manejo, além da integração de sistemas diferentes em uma mesma área. Esses sistemas integrados, por exemplo, integração lavoura-pecuária (ILP), lavoura-floresta (ILF), pecuária-floresta (IPF) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF), maximizam a área manejada e aumentam a produção. Mesmo assim, o crescimento da produção agrícola se depara com desafios que precisam ser superados. Com o passar dos anos, é necessário ampliar a eficiência no aproveitamento da água, solo e biodiversidade, a fim de minimizar o impacto das mudanças climáticas, garantir a produtividade, além de recompor os recursos naturais (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

Outras alternativas também vêm sendo largamente utilizadas na agricultura, como o sistema de plantio direto, o uso de drones e a agricultura natural; além de outros já há muito tempo consolidados, como a agricultura orgânica e de base ecológica, os sistemas agroflorestais, entre outros. Por sua vez, na pecuária, destacam-se as práticas voltadas ao bem-estar animal (humanização das práticas pecuárias). É importante ressaltar, principalmente, que toda mudança nos sistemas produtivos envolvem uma série de adaptações não só no sistema agrícola (solo-planta, ambiente-sociedade), como também na visão e na percepção do ser-humano com o alimento e o ambiente em que vive. (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

Por fim, a agricultura vem avançando (mesmo que, aparentemente, a passos lentos) focada na sustentabilidade ambiental. Nota-se, na literatura científica – mas

também nas feiras livres e nas gôndolas dos supermercados – a lenta substituição (ou a maior oferta) de alimentos orgânicos ou sem fertilizantes químicos, assim como as carnes vindas de áreas recuperadas de pastagens degradadas. Essa ação pode ser intensificada com políticas e programas destinados ao incentivo ao uso de técnicas estabilizadoras do meio ambiente, como por exemplo, o Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), e o programa nacional de agricultura orgânica, o programa nacional de agricultura familiar e programa nacional de alimentação Escolar (PNAE) (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

### 3.2 PANORAMA GERAL DA AGRICULTURA NO BRASIL

Nos últimos 40 anos, a agricultura brasileira foi transformada pela inovação e pelo crescimento da produtividade. Essa evolução pode ser explicada a partir do melhoramento genético de plantas e animais, o manejo integrado de pragas, a mecanização e expansão da fronteira agrícola e, por fim, o desenvolvimento de cultivos diferentes em uma mesma área. Embora cada bioma tenha seu conjunto de características específicas, eles apresentam evidências de interdependência entre três dimensões: social, ambiental e econômica. O impacto sofrido em cada dimensão reflete de alguma forma em outra dimensão, assim, intervenções fragmentadas não serão tão eficientes. Dessa forma, é necessário considerar as interdependências entre as dimensões para alcançar um modelo de agricultura dinâmico, inclusivo e ambientalmente sustentável, além de um desenvolvimento do espaço rural nos biomas brasileiros (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

Diante disso, observando as ações feita pelo Brasil, não deixa dúvidas que a agricultura brasileira esteja caminhando para um sistema ambientalmente amigável e com preocupações sociais. Por exemplo, a produção tanto agroecológica quanto orgânica vem se desenvolvendo de forma rápida, além de serem desenvolvidas, majoritariamente, por pequenos estabelecimentos rurais. Por outro lado, no campo econômico, existem desafios a serem enfrentados: a logística, a sanidade, a gestão dos riscos e a inovação. Por exemplo, em algumas regiões do bioma Cerrado, apresenta uma carência na infraestrutura logística que reduz em até 30% os preços agrícolas, por consequência, elevando os preços dos insumos. Contudo, este cenário não se restringe apenas na questão da logística, pois são frequentes os danos decorrentes de eventos sanitários e climáticos. Ademais, devido a esses eventos, observa-se que as populações desfavorecidas são as que mais sofrem

severamente como observado com as frequentes secas no Nordeste. Logo, se aprimorar de medidas que enfatizem a gestão integrada de riscos agrícolas ou práticas mais adequadas para cada bioma, poderiam minimizar os danos (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

No âmbito ambiental, o desmatamento ainda é um grande destaque, apesar dos esforços para combatê-lo. Além disso, novos desafios são lançados, por exemplo, o uso da água e dos insumos químicos, o bem-estar dos animais e a relação da agricultura com o ambiente. Entretanto, além do pertinente desmatamento, os ciclos de seca no Nordeste e os transtornos causados pelas crises hídricas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, pode indicar que o uso de irrigação na agricultura, que é um grande vetor para ganhos de produtividade agrícolas, está comprometido. Por fim, no que tange o contexto social, existe ainda uma necessidade de superar a pobreza rural, mesmo com os avanços recentes, ou seja, o crescimento da produtividade não se encontra homogêneo, mas sim concentrado em uma pequena parcela dos agricultores brasileiros. Assim, observa-se que já conhece bem a dimensão e os determinantes da pobreza rural no Brasil, contudo necessita de uma atenção para a conjugação da pobreza rural com o esvaziamento do meio rural (Buainain, 2020; Vieira Filho *et al.*, 2019).

### 3.3 DESAFIOS DA AGRICULTURA NO BRASIL: QUALIDADE E QUÍMICA DOS SOLOS.

A princípio, o solo é um recurso natural que desempenha um importante papel no exercício de funções ambientais, ecológicas, econômicas e sociais, tais como a produção de alimentos, proteção ambiental, crescimento da vegetação, estocagem e ciclagem de nutrientes e a regularização do fluxo das águas subterrâneas. Desse modo, observa-se que o solo pode ser a base da sustentação de um habitat vegetal, isto por meio de fatores que interage com a sua formação: clima, relevo, organismos, dentre outros. Diante disso, é necessário a realização de estudos sobre a qualidade do solo com mais frequência. Essas avaliações podem ocasionar em evidências de fatores que proporciona a degradação do solo, além de aumentar a perda de produção em um determinado cultivo. Logo, o cuidado com o ambiente não pode ser deixado em segundo plano, visto que a busca para maximizar uma determinada produção é de interesse. Ainda neste contexto, para fazer estas avaliações, é preciso que exista um amplo e complexo conjunto de indicadores do solo, na qual podem ser químicos, físicos e biológicos. O estudo conjunto desses atributos

do solo é também de suma importância, pois com ele pode identificar prováveis causas da falta de sustentabilidade de cultivo e verificar a qualidade do solo (Silva *et al.*, 2020; Soares, 2021).

Nesta vertente, a qualidade do solo é um conceito que, para sua conceituação, depende e passa por fatores externos, ou seja, a qualidade do solo não pode ser mensurável diretamente, visto que apresenta diversas definições e sem determinações dos padrões de limites e regulamentação. Portanto, a medição pode ser deferida a partir de atributos: plantas, físicos, químicos e biológicos, além de diferentes usos e práticas de manejo. O estudo realizado sobre a qualidade do solo contribui para uma compreensão de limites que aquele determinado solo apresenta, conseqüentemente, pode levar a esclarecer quais seriam as medidas necessárias que possam recuperar em caso de uma possível degradação. Por fim, as propriedades medidas para dedução sobre a qualidade são comumente denominadas de indicadores, ou índices de qualidade. Estes indicadores são divididos em físicos, químicos e biológicos, contudo devem ser utilizados de maneira conjunta. Esses atributos podem ser modificados pelas práticas de manejo também, assim, ocasionando na perda de qualidade e a produtividade agrícola. Ademais, com os estudos das propriedades químicas, é possível facilitar a compreensão da fertilidade na qual apresenta na área, logo, proporcionando observar possíveis modificações decorrente do manejo adotado na área (Silva *et al.*, 2020; Soares, 2021)

Diante disso, os principais indicadores químicos usados na avaliação são: pH do solo, a capacidade de troca catiônica (CTC), a matéria orgânica (MO) e os níveis de nutrientes. Eles estão relacionados a forma e capacidade em que o solo consegue proporcionar um crescimento e desenvolvimento das plantas a partir de nutrientes fornecidos (Silva *et al.*, 2020; Soares, 2021).

Em grande parte, que apresenta o solo brasileiro, problemas de acidez são encontrados. Com isso o pH torna-se um parâmetro importante, principalmente, para os solos localizados em regiões tropicais. Como uma das principais conseqüências, pode ocorrer à presença de alumínio e manganês em quantidades excessivas para o cultivo, assim, tornando tóxico. Esse problema pode ser intensificado com a elevada saturação de alumínio ocasionando na deficiência de cálcio e magnésio, dentre outros. Por conseqüência, pouco desenvolve o sistema radicular das plantas, assim, gerando uma limitação na absorção de água e nutrientes. Em contrapartida, os solos brasileiros da região semiárida tendem a ter pH elevados, ou seja, alcalino, após sucessivos cultivos, tal fenômeno explicado devido a quantidade de bicarbonato presente na água usada na

irrigação. Portanto, o pH pode ocasionar diversos efeitos relevantes para as plantas, por exemplo, disponibilidade dos elementos essenciais à nutrição e atividade de microrganismos, entre outros (Silva *et al.*, 2020; Soares, 2021).

Ademais, observa-se que o cerrado apresenta elevados níveis de intemperismo físico e químico. Por conta disso, esse solo exibe baixa capacidade em troca catiônica (CTC) e, também, nos climas tropicais, essas perturbações ficam mais intensificadas. Além disso, a matéria orgânica do solo compreende como todo o material orgânica que seja oriunda da parte biológica, vivo ou morto, que se encontra neste solo. Essa matéria orgânica se encontra, mais comumente, nas camadas superficiais e quando vai se afastando da superfície, vai diminuindo assim como os ácidos que o compõe. Por fim, a capacidade de troca catiônica (CTC) é a quantidade de cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) que pode ser retido. Os nutrientes usados pelas plantas, e micróbios, são absorvidos na sua forma catiônica, ou seja, iônica. Diante disso, eles podem descrever a fertilidade do solo, assim, pode-se entender que a troca iônica representa uma capacidade de liberação de diversos nutrientes favorecendo a fertilidade por um longo período. (Silva, M. de O. *et al.*, 2020; Soares, 2021).

### 3.4 AGRICULTURA NA REGIÃO NORDESTE

As regiões áridas e semiáridas apresentam como grande característica, por exemplo, os solos com baixa fertilidade, má estrutura, alta salinidade, deficiência em água, temperaturas elevadas, dessecação, além de pouca capacidade de retenção de água. O semiárido brasileiro possui, aproximadamente, 980.134 km<sup>2</sup>, que representam cerca de 12% do país e 63% da região Nordeste, compartilhado pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, e o norte de Minas Gerais. Nesse sentido, a caatinga é o bioma mais predominante no semiárido brasileiro. Entretanto, devido às ações antrópica, vem se modificando. Esse bioma tem precipitação pluviométrica reduzida (300-1000 mm/ano) com chuvas concentradas em poucos meses durante o ano. Ademais, uma das principais práticas que geram renda e manutenção para quem reside na Caatinga é a pecuária, na qual é realizada de forma extensiva. O gado é criado no campo onde se alimenta da vegetação local. Todavia, o pastejo e pisoteio gerado pelos gados contribui diretamente no aumento da compactação do solo, desse modo, a permanência de plantas diminui modificando a abundância e diversidade na Caatinga. Vale ressaltar que o estado de aridez também favorece a alta vulnerabilidade à degradação

e desertificação ambiental, por consequência de ações agropecuárias intensas. Além que a diminuição da cobertura vegetal e o pastejo contínuo, aliados à erosão e compactação do solo, favorecem a desertificação (Cavalcanti; Brito; Oliveira, 2019; Filho *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

Nessa mesma vertente, as mudanças no clima local nessas regiões são evidentes que se torna ao mesmo tempo fatores limitantes à própria agricultura de subsistência e a atividades agrícolas no semiárido brasileiro, assim, comprometendo as condições socioeconômicas locais e regionais. Além disso, outro fator é a umidade que está relacionada à disponibilidade hídrica, evapotranspiração, geração de escoamento e processos de recarga de água subterrânea. Ela desempenha um importante papel nos processos de troca de energia entre a superfície terrestre e atmosférica no campo agrícola. Dessa forma, vale destacar que as disponibilidades de recursos hídricos por sua vez estão cada vez mais reduzidas em quantidade, e qualidade, nas regiões do Nordeste brasileiro, principalmente no semiárido brasileiro (Cavalcanti; Brito; Oliveira, 2019; Filho *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

### 3.5 AGRICULTURA FAMILIAR E DE BASE ECOLÓGICA

No Brasil, os agricultores familiares apresentam uma forma de trabalho e produção, situada em um espaço geográfico definido, na qual implica uma interação de atividade em grupo familiar. Este grupo pode estar conectado através de laços de parentesco, com a terra e com outros meios de produção, assim, como outros núcleos familiares, ou grupos sociais. A agricultura familiar se relaciona de forma intrínseca à segurança alimentar e nutricional da população. Todavia, ela apenas não só incentiva as economias locais, mas também o desenvolvimento rural contribuindo para uma relação mais sustentável, desse modo, estabelecendo vínculo harmônico da família com o ambiente de moradia e produção. Portanto, famílias que desenvolvem esse tipo de atividade é dependente de estabilidade no ambiente na qual trabalham, produzem o seu próprio sustento, além de buscar o bem-estar da sua família (Aquino; Alves; Vidal, 2020).

Diante disso, a partir dos anos 1990, a categoria agricultura familiar ganhou destaque social e político no Brasil, substituindo assim expressões como: pequenos produtores ou agricultores de subsistência. Desse modo, estudos acadêmicos sob o tema foi estimulado. Diante disso, a agricultura familiar, em destaque na região do Nordeste, apresenta uma forma predominante de produção no campo. Ainda hoje a agricultura

familiar continua como forma de produção e de trabalho. Ademais, vale salientar que a desigualdade na distribuição das áreas encontrada no Nordeste pode ser um fator que explica a situação de precariedade apresentadas por uma parcela dos agricultores familiares locais quando comparado a outros produtores, de outras regiões do país (Aquino; Alves; Vidal, 2020).

Uma forma de contornar esta situação e o abismo social que existe entre os diferentes “*Brasís*” é por meio do desenvolvimento e a aplicação de tecnologias no campo. Dentre estas, destaca-se a produção de insumos agrícolas de elevado potencial agronômico (Aquino; Alves; Vidal, 2020).

O desenvolvimento de uma agricultura forte passa pela produção de plantas mais saudáveis e com maior valor de prateleira, garantindo mais renda para o produtor rural e, assim, promovendo o desenvolvimento rural e socioeconômico no campo (Aquino; Alves; Vidal, 2020).

Para a produção de plantas mais fortes e bem adaptadas, são necessários insumos adequados, sejam eles orgânicos ou minerais. Na perspectiva da Química Ambiental e das boas práticas ecológicas e da agricultura sustentável, recomenda-se o uso de insumos orgânicos, produzidos a partir da transformação da matéria orgânica (MO) de resíduos agrícolas principalmente. Dentre as tecnologias de produção de insumos de elevado potencial agronômico, destaca-se a vermicompostagem. (Aquino; Alves; Vidal, 2020).

### 3.6 VERMICOMPOSTAGEM

A vermicompostagem é uma tecnologia ambiental que utiliza de minhocas para decompor resíduos orgânicos, transformando-os em um material de elevado potencial agronômico, rico em nutrientes, conhecido como vermicomposto ou húmus de minhoca (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Durante a vermicompostagem, as minhocas (geralmente da espécie *Eisenia fetida*) consomem os resíduos orgânicos (e.g., restos de alimentos, folhas, resíduos de poda, resíduos agrícolas etc.), alterando drasticamente a composição e estrutura química da matéria orgânica (MO). Durante a digestão desses resíduos, as minhocas excretam o vermicomposto, que é uma forma estabilizada da MO e enriquecida de nutrientes essenciais para as plantas (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Além da produção do fertilizante natural, a vermicompostagem apresenta outras vantagens ambientais. Por exemplo, reduz a quantidade de resíduos que vai para o campo ou para os aterros sanitários, evitando a disposição inadequada de passivos ambientais. Além disso, o vermicomposto resultante é uma alternativa sustentável aos fertilizantes minerais, contribuindo para a promoção da agricultura orgânica e sustentável. Assim, não apenas reduz os impactos ambientais, mas também oferece benefícios para o ambiente, melhorando a qualidade do solo e promovendo a saúde das plantas de maneira sustentável (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

A vermicompostagem é uma tecnologia que existe há mais de 40 anos no Brasil, geralmente praticada em pequenas propriedades rurais. Os primeiros estudos iniciaram em 1970, nos EUA, quando os professores Clive A. Edwards, E. Neuhauser e R. Hartenstein testaram adicionar minhocas à compostagem convencional, no intuito de acelerar a decomposição dos resíduos agrícolas. Este estudo foi, inicialmente, elaborado com a espécie de minhoca *Eisenia fetida*, também comumente conhecida como “minhoca vermelha da Califórnia”, como pelo próprio nome diz, faz referência à sua coloração vermelha e ao estado americano onde se iniciou os estudos de vermicompostagem. Nessa mesma vertente, o sucesso dessa tecnologia pode estar pautada às características de adaptação da minhoca dessa espécie aos variados ambientes e substratos. Entre elas, pode-se citar a rápida reprodução, na qual torna a criação simples (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

A vermicompostagem foi se difundindo de maneira rápida em todos os cinco continentes. Países que se destacam como produtores de vermicomposto são Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, China, Índia, Austrália, Holanda e o Brasil. Além destes, Cuba se destaca como maior produtor *per capita* e disseminador desta tecnologia, por questões econômicas inerentes ao país, devido à dificuldade de importação de adubos sintéticos, possuindo mais de 170 centros de produção de vermicomposto para o uso exclusivo na agricultura (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

No Brasil, como já mencionado, a vermicompostagem é utilizada em pequenas propriedades agrícolas ou em propriedades de agricultura familiar, na qual já existe um cultivo com as demais criações de animais, e.g., bovinos. Essas espécies fornecem o esterco para a alimentação das minhocas; assim, gera o vermicomposto que é utilizado como fertilizante orgânico. A prática de criação de minhocas (vermicultura) pode ser encarada como uma atividade zootécnico-econômica para produção de húmus, fonte de

proteínas barata e adição de renda extra aos produtores (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Além disso, existe uma expressão maior nas regiões Sul e Sudeste, uma vez que a disponibilidade de esterco bovino e de condições climáticas são mais favoráveis. Este fato pode ser explicado também por meio da semelhança que existe da região de origem das espécies introduzidas. Nas regiões mais quentes, entretanto, além da espécie vermelha da Califórnia, utiliza-se a criação da *Eudrilus eugeniae*, conhecida como a gigante africana. Todavia, o uso das minhocas para a decomposição e a estabilização dos resíduos orgânicos com o objetivo de obter vermicomposto não é restrito apenas a esta prática. A criação de minhocas vai além disso, por exemplo, pode ser utilizada na pesca como isca para peixes de água doce e salgada, na forma de farinha para formulação de rações para animais domésticos (peixes, aves, suínos etc.) e estabilização de resíduos agropecuários, agroindustriais, industriais e urbanos, dentre outros (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

### **3.6.1 A ciência das minhocas**

As minhocas pertencem ao Reino *Animalia*, Filo *Annelida*, Classe *Clitellata* e Subclasse *Oligochaeta*. Vale ressaltar que o filo *Annelida* abrange também as sanguessugas, a subclasse *Hirudinea* e a Classe *Polychaeta*, que é aquática. Ademais, os corpos das minhocas são formados por anéis, dessa forma, são conhecidas na literatura como anelídeos, contudo elas podem ser chamadas de oligoquetas ou oligoquetos por conta das cerdas apresentadas (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

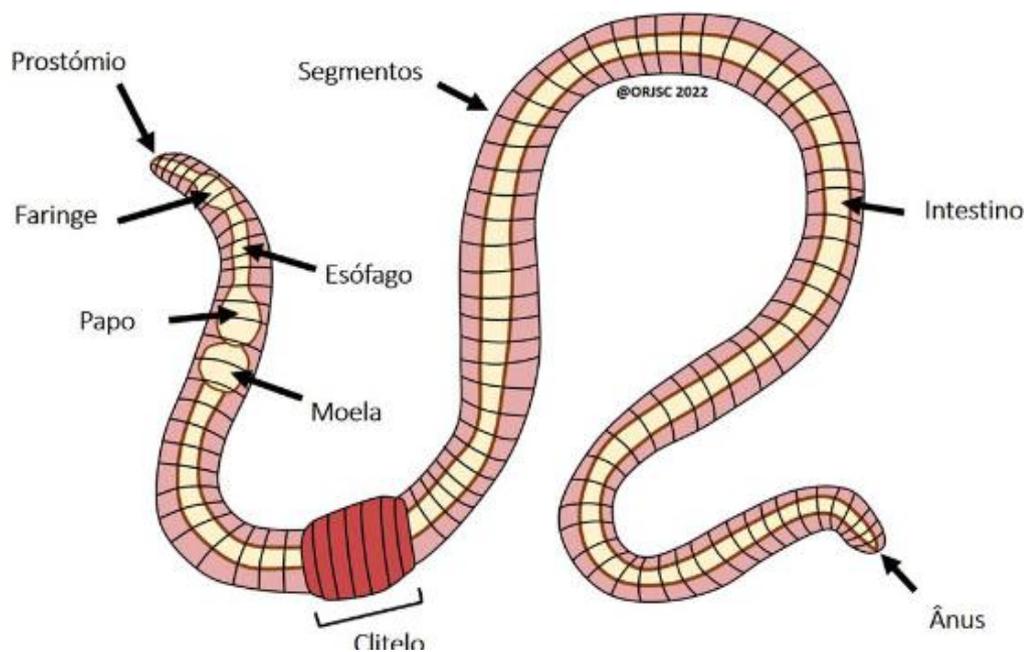
Diversas espécies de minhocas tanto aquáticas quanto terrestres são conhecidas no mundo atualmente. Entretanto, apenas 35 famílias agrupam a diversidade das espécies de minhocas, dentre essas apenas três são utilizadas para a vermipostagem: *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida* e *Eudrilus eugeniae*. Dessa forma, com a grande diversidade desses animais, existe variações em relação aos aspectos da coloração, do tamanho e da morfologia (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

De forma geral, as minhocas apresentam os seguintes aspectos biológicos: são classificadas como invertebrados com simetria bilateral, corpo formado por anéis, segmentação completa (interna e externamente), formato cilíndrico com afunilamento nas

extremidades e banhado por muco. Ademais, apresentam uma coloração avermelhada dorsalmente, por conta da proteína porfirina, que é rica em ferro, e possuem poucas cerdas que utilizam para a locomoção, principalmente. Por fim, são celomadas, desse modo, a cavidade interna é preenchida com líquido, onde estão localizados nos órgãos internos, e são hermafroditas incompletas, pois embora apresentem os dois sexos, necessitam de outro indivíduo para a reprodução (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Geralmente, o número de segmentos varia para cada espécie, entretanto são constantes, além de definirem a localização dos órgãos internos. O crescimento depende das condições ambientais, assim, ela ocorre através da multiplicação e aumento do tamanho das suas estruturas. Em sua parte anterior, encontra-se a boca, prostômio responsável por ingerir o solo e permite escavar túneis, por sua vez na parte posterior, observa-se o ânus. Por fim, apresentam um tubo digestivo que vai desde a boca até o ânus, além que a cavidade bucal possui músculos protrátil e retrátil permitindo projetar para o exterior. A faringe é um musculo que recebe secreções das glândulas salivares (Figura 1). (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

**Figura 1.** Anatomia e morfologia da minhoca



Fonte: Ribeiro *et al.*, (2022).

Com base na alimentação, as minhocas podem ser divididas em grupo: detritívoras e geófagas. As minhocas detritívoras se alimentam principalmente de raízes de plantas mortas e outros resíduos vegetais na superfície do solo, assim, havendo predominância de matéria orgânica no seu trato digestório. Por outro lado, as minhocas geófagas comem restos orgânicos dispersos entre as partículas minerais do solo, dessa forma, apresentam essencialmente partículas minerais no seu intestino. Por fim, elas liberam o fluido celômico, através de micróporos dorsais, pois para respirar precisam manter a pele húmida. Esse fluido serve para locomoção, regulação da transferência de através da epiderme das minhocas, além de desempenhar alta relevância na imunidade inata dos organismos (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Outros estudos surgem como abordagem de possíveis problemas proveniente da utilização inadequada dos dejetos derivado da criação de animais no preparo de vermicomposto. Nesse sentido, a vermicompostagem é pensada como uma solução econômica e ambiental sustentável, pois se implementada corretamente, o processo de transforma os resíduos orgânicos em fertilizante de alta qualidade e propulsiona uma produtividade. Durante esse processo, ocorre uma transformação biológica da matéria orgânica, ao longo da interação sinérgica entre as minhocas e a microflora presente no trato digestivo. A minhoca ingere e digere os resíduos orgânicos, resultando na formação de um material mais estabilizado e humificado. Ademais, pesquisas demonstram que hormônios vegetais e enzimas produzidas da microbiota encontrada no trato digestivo das minhocas contribui para a ampliação da disponibilidade de nutrientes (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Esta estratégia não propulsiona apenas a economia de custos e a geração de renda também contribuem para mitigar os impactos negativos ambientais promovendo assim a transformação dos resíduos orgânicos como auxiliares do solo por meio de práticas de manejo correto. Por fim, avaliando a vermicompostagem com uma visão ambiental, observa-se que os resíduos derivados dos animais geram preocupações por consequência de regulamentação ambiental atual. Além disso, com a decomposição da matéria orgânica, leva-se a produzir espécies químicas como íons amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e ácidos húmicos, na qual se relaciona diretamente à composição inicial do material orgânico. Vale ressaltar que a relação C/N pode indica uma predominância de material humificado e estabilizado no vermicomposto. Diante disso, quando existe uma diminuição da relação

C/N, pode ser atribuída à perda de carbono, processo este proveniente da oxidação do material orgânico resultado das complexas atividades biológicas. A redução de relação C/N é um indicador de estabilização do material (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Diante disso, quando as concentrações de metais pesados são encontradas baixas, pode-se indicar a qualidade do uso. Logo, esse resultado está inerente a atividade biológica das minhocas, na qual fornecem complexos estáveis entre os metais e a matéria orgânica devido à humificação. Esses metais podem ficar retidos nos tecidos das minhocas, dessa forma, reduzindo a sua presença no vermicomposto. Por fim, as glândulas calcíferas das minhocas podem desenvolver uma função de regularização do pH alcalino, através das suas atividades. Esse motivo está relacionado a concentração de cálcio no meio, assim, influenciando a acidez potencial hidrogeniônica. Dessa forma, devido a esta característica básica do vermicomposto, ela pode desempenhar um papel de neutralizar a acidez do solo, por intermédio da sua propriedade tamponante (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Por sua vez, no contexto brasileiro, pesquisas evidenciam a possibilidade econômica da vermicompostagem para controlar os resíduos, tanto restos vegetais quanto esterco. Essa técnica não é apenas válida para transformar os resíduos em recursos valiosos, assim como, reduzir impactos ambientais fornecendo insumos de qualidade para a agricultura, vinculando-se à economia (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

### **3.6.2 Matéria-prima para a produção de vermicompostos**

Diferentes estudos vêm testando a aplicação da vermicompostagem como tecnologia para o tratamento de resíduos orgânicos, agrícolas e domésticos, principalmente. A princípio, é necessário que o resíduo seja rico em carbono (matéria orgânica), além de possuir características químicas que permitam a adaptação das minhocas, como o pH, eletrocondutividade, e a ausência de elementos tóxicos (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Em geral, a motivação para estudos que visam a aplicação da vermicompostagem vem de demandas reais, de problemas envolvendo montantes indiscriminados de resíduos ou potencialmente tóxicos que carecem de atenção (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os resíduos de frutas tropicais nacionais ganham destaque, em especial: cajá, pitanga e acerola. Na literatura, não existem estudos sobre vermicompostagem desses resíduos, confirmando a originalidade dessa revisão (Dionísio, 2021; Oliveira; Santos, 2023; Ribeiro *et al.*, 2022; Tienen *et al.*, 2020).

### 3.7 RESÍDUOS DE FRUTAS TRPICAIS

No Brasil, com a grande extensão territorial, juntamente com condições adequadas de clima e do solo, faz com que o país ocupe a terceira posição de maior produtor mundial de frutas. Contudo, são geradas toneladas de resíduos durante o processamento de polpas, sucos e outros derivados, em que a grande maioria são descartados de forma imprópria no ambiente, resultando em poluição ambiental. Ademais, encontra-se em expansão a fruticultura pela sua vasta gama de espécies produzidas em várias regiões do Brasil, pela modernização da agricultura e da forma de industrialização colocam as frutas em destaque no agronegócio nacional. Diante disso, observa-se que nas últimas décadas houve um aumento na ingestão de frutas, incluindo o consumo in natura no Brasil, sendo ainda considerado baixo quando comparada pela recomendação da OMS. Este aumento está vinculado ao crescimento da preocupação do consumidor quanto à saúde e a alimentação, além da melhoria na renda média do brasileiro (Lima *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2019; Ricardino; Souza; Neto, 2020).

Alem disso, uma alternativa utilizada no aproveitamento e conservação de frutas durante a safra é a fabricação de polpas de frutas congeladas, que tem a vantagem de poder ser utilizados fora de época da safra. Nesse sentido, o mercado de polpas vem ganhando espaço e destaque no Brasil, visto que existe uma procura maior em produtos fáceis e rápidos para o preparo. No entanto, as formas de descarte dos resíduos geram preocupações devido ao aumento deste processo. Esses resíduos são potenciais poluentes por apresentarem elevados teores de matéria orgânica, além de serem muito ácidos, afetando drasticamente a qualidade do solo. Portanto, estudos que visam o reaproveitamento dos resíduos são de suma importância para redução do seu impacto ambiental (Lima *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2019; Ricardino; Souza; Neto, 2020).

Por fim, vale ressaltar que a agroindústria de polpas é responsável por cerca 5,9 Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, além de participar na transformação dos produtos, no beneficiamento e no processo de matéria-prima derivada da agropecuária. Ela também

auxilia com a inclusão do meio rural e para pequenos produtores na economia. Esses resíduos em grande maioria das vezes são das atividades agroindustriais decorrentes do processamento de frutas para a produção de polpas, desse modo, dependendo do tipo da fruta podem ser compostas por casca, caroço, sementes ou bagaço. Ademais, ocorre a perda de produtos agrícolas em diversas etapas da cadeia produtiva: na colheita, nos estágios de transporte e industrialização, e ainda na zona doméstica durante o preparo (Lima *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2019; Ricardino; Souza; Neto, 2020).

### 3.8 FRUTAS TROPICAIS BRASILEIRAS

Denomina-se frutas tropicais aquelas frutas que são cultivadas em locais quentes e úmidos. Assim, abrange uma vasta área que passa pelas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África, América, Caribe e Oceânia. Essas frutas apresentam um amplo valor nutricional e são necessárias, principalmente, como fontes alimentares, visto que elas contêm auto teor de vitaminas, fibras alimentares e minerais, assim, beneficiando à saúde. Nesse sentido, ao longo do tempo, espera-se um aumento na procura dessas frutas tropicais devido ao aumento da população mundial, além dessa conscientização sobre a saúde (Gorayeb *et al.*, 2019; Silva, 2022).

As frutas podem ser consideradas como fontes de vitaminas, minerais e carboidratos como glicose, frutose, sacarose, amido e fibras, mas possuem baixos valores de proteínas e gorduras. Uma das vitaminas mais encontradas são a vitamina C, já os minerais são o potássio e ferro. Esses compostos desempenham funções que auxiliam na regularização do nosso organismo, além de possuírem antioxidantes que por sua vez são essenciais para a proteção das células. Nesse mesmo sentido, o consumo de frutas leva ao fortalecimento do sistema imunológico, desse modo, garantido que o corpo humano tenha nutrientes fundamentais para desempenhar um bom funcionamento e prevenindo de possíveis doenças, tais como cardiovasculares, diabetes e indigestão, entre outras (Gorayeb *et al.*, 2019; Silva, 2022).

O Brasil consegue produzir uma grande diversidade de frutas tropicais e subtropicais tendo em vista que as condições climáticas e territoriais são altamente favoráveis à produção. Ademais, observa-se que existe produções regionais focadas apenas em determinados tipos de frutas. Por outro lado, as mudanças nos padrões de vida e de consumo, como a adoção de um estilo mais saudável, levam os consumidores

procurarem por produtos naturais levando um pensamento para o crescimento para sucos e polpas de frutas tropicais (Gorayeb *et al.*, 2019; Silva, 2022).

A polpa de frutas é um dos produtos alimentares mais básicos, obtidos a partir do processamento de frutas frescas. Esse processamento de polpa e suco são derivados de atividades agroindustriais que desempenham uma importante função no setor de produção de alimentos, gerando valores econômico às frutas. Assim, uma vantagem que pode ser citada é o consumo de frutas nativas de determinadas regiões do país, na qual algumas são muito apreciadas, além de que as polpas de frutas podem ser conservadas a frio por um período e também pode ser utilizadas na fabricação de sucos, sorvetes, doces, geleias e iogurtes (Gorayeb *et al.*, 2019; Silva, 2022).

Alem disso, um aumento no comércio de frutas no Brasil é notório, principalmente nas regiões mais tropicais como o Norte e Nordeste. Por exemplo, o consumo de cupuaçu, açaí, mangaba dentre outros, tem aumentado em regiões na qual essas frutas não são típicas devido aos seus sabores exóticos e agradáveis. Isso tudo graças ao congelamento de polpa na qual consegue atender aos desejos dos consumidores em diversas localidades permitindo uma expansão comercial das polpas. Por fim, essa comercialização de polpas congeladas ganha destaque para o consumo de frutas que são poucas conhecidas, principalmente do Cerrado, regiões Norte e Nordeste do Brasil com destaque para as polpas de pitanga, acerola e cajá (Gorayeb *et al.*, 2019; Silva, 2022).

### **3.8.1 Pitanga**

A pitanga é um fruto de origem do Brasil que se deriva da pitangueira (*Eugenia uniflora L.*), uma *Dicotyledonae*, *Mirtaceae*, que cresce em regiões de clima tropical e subtropical. Sua árvore pode ser decorativa e de fácil cultivo, assim, tornando-a muito comum em casas e jardins. Esta árvore frutífera é disseminada em diversas regiões do globo, esse fato pode ser explicado devido a sua adaptabilidade as diferentes condições climáticas e solo. Nesse sentido, um dos maiores plantios no Brasil está localizado no agreste de Pernambuco, podendo estimar uma produção anual de pitanga entre 1.300 e 1.700 ton/ano (Silva, 2006)

Ademais, a fruta é comercializada, principalmente, na forma de polpa, mas o mercado principal *in natura* são os centros de supermercados no Nordeste brasileiro, além de ser comercializada às margens de rodovias, feiras livres e quitandas. Ela é rica em cálcio, fósforo, antocianinas, flavonoides, carotenoides e vitaminas C, assim, por

conta dos seus atributos, a polpa da pitanga tem sido fortemente exportada para o mercado europeu (Silva, 2006)

Por fim, vale ressaltar que uma vantagem está relacionada ao aproveitamento desta espécie em sistemas de produção é a época de colheita. Observa-se que no Sul do Brasil ocorre a primeira safra em outubro/novembro e já a segunda em março/maio, na qual existe uma maior produtividade (Silva, 2006).

### **3.8.2 Cajá**

A *Spondias mombin* L. (cajazeiro) é uma espécie frutífera da família *Anacardiaceae* do gênero das *Spondias* encontrada nas regiões tropicais da América, da África e da Ásia. Por sua vez, no Brasil, encontra-se mais nos estados do Norte e Nordeste seu fruto é, comumente, conhecido por: cajá, cajá verdadeiro, cajá-mirim ou taperebá, dependendo da região. A fruta é bastante utilizada na produção de polpas, sucos, picolés, sorvetes, néctares e geleias, assim, desenvolvendo grandes valores comerciais. Embora a cajazeira não tenha um cultivo em larga escala comercial, existe um destaque em cada ano no agronegócio da região Nordeste. Este motivo pode estar atrelado ao consumo como fruta fresca e processamento de polpa. Por fim, a planta é de hábito arbóreo sua copa é ampla e irregular. Estes frutos são núcúlânios amarelos, de sabor agridoce, perfumados e apresentam carotenoides, açúcares, vitaminas A e C. Por outro lado, devido as variações climáticas e de relevo, seu período de frutificação é variado nas diferentes regiões do Brasil, mas é possível verificar a presença dos frutos nos meses de março, abril ou outubro com uma produção anual de 44 milhões de toneladas em 2019 embora que o consumo per capita do brasileiro seja de apenas 58 kg/ano (Moura, 2023; Silva, 2021; Silvino; Silva; Santos, 2017)

### **3.8.3 Acerola**

A aceroleira é uma frutífera nativa das ilhas do Caribe, América Central, Norte e da América do Sul. No Brasil, destaca-se o cultivo nos estados de Pernambuco, Paraíba, Bahia e Ceará, além das regiões Norte e Sudeste. Em 2017, a produção de acerola no Brasil foi de 61 mil toneladas sendo o maior produtor a região Nordeste (78,1%), com destaque de Pernambuco com 21.351 toneladas, seguindo do Ceará com 7.578 toneladas (12,4%) e Sergipe, com 5.427 toneladas (8,9%) de frutas. Diante disso, a aceroleira faz

parte da família *Malpigiaceae* do gênero *Malpighia*. Os nomes *Malpighia globra* L., *M. puniceifolia* L. e *M. emarginata* D.C são utilizados para designar a aceroleira. Ademais, ela é uma planta arbustiva em que seu crescimento é variado, isto é, pode ser prostrada, e apresentam uma copa aberta ou compacta, podendo chegar a 2,5-3,0m de altura já na fase adulta. Além disso, seus frutos são drupas tricarpeladas, com apicarpo (casca) fino, mesocarpo (polpa) carnosa e succulento e endocarpo, ou seja, apresenta três caroços triangulares, alongados e superfície reticulada, podendo ou não ter uma semente cada. Por fim, devido as seu conjunto de características, a aceroleira desenvolve-se bem tanto nos climas tropicais e subtropicais. Temperaturas elevadas favorecem o crescimento da aceroleira, por conda disso a vegetação, o florescimento e a frutificação da aceroleira ocorre geralmente na primavera e no verão, desde que haja disponibilidade de água no meio (Borges, 2022; Ritzinger; Ritzinger, 2011).

### 3.9 SUPERANDO OS DESAFIOS DA AGRICULTURA NO PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DE FRUTAS

Como observado anteriormente, os resíduos agroindustriais provenientes do processamento de frutas podem ocasionar diversos problemas ambientais, através do manejo e descarte inapropriado durante o processamento, além da distribuição, armazenamento e conservação das frutas, dentre outros. Portanto, gerenciar esses resíduos apropriadamente é fundamental para viabilizar um saneamento ambiental próspero, uma vez que eles podem gerar poluição ambiental e efeitos negativos prejudicando assim a saúde humana e animal quando não são tratados de forma adequada (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

Essas frutas apresentam alto grau de perecibilidade quando estão frescas, contudo o seu uso é diversificado. Ela pode ir desde o consumo in natura para sucos, polpas, geleias e doces, através de processos tecnológicos. Dessa forma, esse processamento produz quantidades significativas de resíduos, visto que as partes desejáveis, comumente polpa, são separadas das cascas, bagaço e sementes (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

Por fim, esses resíduos não são devidamente reaproveitados, por conta da sua falta de valor comercial desses subprodutos, mas vale salientar que os resíduos de frutas possuem quantidades relevantes de substâncias importantes para as funções fisiológicas, tais como vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes em sua composição. Esses subprodutos industriais de frutas podem ser fontes de fibra alimentar e, geralmente,

são produzidos em larga escala, mas são dispensados de forma inadequada. Essa situação causa o desperdício financeiro e de nutrientes em potenciais, uma vez que eles possuem uma qualidade nutricional para a saúde humana, por exemplo, fibra alimentar e compostos bioativos. Logo, uma forma de reverter esse cenário é por meio da biotransformação de resíduos em produtos de alto valor agregado (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

A compostagem, por exemplo, se apresenta como uma técnica de tratamento dos resíduos orgânicos realizada por meio da decomposição aeróbica da matéria orgânica. Esse processo só é possível por conta dos microrganismos que se utiliza do oxigênio para realização de funções vitais, desse modo, produzindo no final o composto orgânico, que na agricultura serve como adubo. Neste sentido, a compostagem é uma ferramenta que promove o desenvolvimento rural sustentável, visto que uma prática menos agressiva ao ambiente natural ou modificado, além de converter a matéria orgânica em húmus que retornar ao ambiente como adubo (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

Por fim, além da compostagem outra forma em destaque é a vermicompostagem, uma vez que é uma tecnologia que mostra eficiência na conversão de resíduos orgânicos, que possuem potencial em ser aplicado nos substratos derivados de resíduos de agrícolas das frutas. O processo de compostagem com minhocas, ou vermicompostagem, produz um adubo enriquecido com hormônios e outras substâncias mais rapidamente. Enquanto uma compostagem pode levar entre 45-60 dias para atingir o estágio final, o composto produzido pelas minhocas pode ficar pronto entre 25-30 dias. O vermicomposto é enriquecido e mais facilmente absorvido pelas plantas. Vale destacar que a vermicompostagem apresenta uma diversidade de resíduos que podem ser utilizados no minhocário e na composteira, por exemplos: restos de legumes, verduras, frutas, filtros e borra de café, cascas de ovos e saquinhos de chá, dentre outros (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

Portanto, para ter um bom conhecimento e uma boa sensibilidade a respeito da importância da gestão dos resíduos orgânicos, pode-se praticar a vermicompostagem. Com isto, é necessário realizar nos espaços formais e não-formais, uma vez que muitos casos ainda faltam informações e conhecimento, principalmente no meio rural. Logo, é de suma importância considerar a realidade de cada indivíduo no processo de educação ambiental, assim, o processo atrai a atenção dos participantes visando a busca da sensibilidade ambiental. Neste sentido, a educação ambiental proporciona as superações através de políticas públicas e promove um diálogo entre as pessoas que contribuem para

a redução do uso exorbitante e reeduca para um olhar de preservação do ambiente por meio da reciclagem dos resíduos, bem como a vermicompostagem da matéria orgânica, dessa forma, melhorando o solo (Marchetti *et al.*, 2020; Santos, 2018).

### 3.10 PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO E REGIONAL

Para que a sustentabilidade seja alcançada, é necessário alcançar diferentes dimensões, assim, não tendo apenas o desenvolvimento em apenas uma área. Dentre elas, a dimensão econômica prevalece, sendo ela a responsável pelo desenvolvimento dos países. Por outro lado, destaca-se que para promover uma agricultura sustentável é preciso dialogar com multidimensões: a dimensão ecológica, econômica, social, cultural, política e ética. Assim, em conjunto, proporciona melhores condições de vida, uma alimentação saudável, moradia digna, além de educação de qualidade. Ademais, a manutenção e recuperação dos recursos naturais, cuidando do solo, dos recursos hídricos e de toda a biodiversidade presente nas agroecossistemas. (Medeiros *et al.*, 2022; Pasqualotto, 2019).

Diante disso, a agricultura se torna sustentável quando existe uma preocupação em mitigar os efeitos nocivos ao ambiente; inclusão de comunidade próximas e busca da valorização e conservação da diversidade como forma de assegurar a igualdade no acesso às práticas, conhecimento e tecnologias agrícolas, assim, permitindo o controle dos recursos agrícolas no local (Medeiros *et al.*, 2022; Pasqualotto, 2019).

No Brasil, observa-se que existe um grande potencial para o desenvolvimento da agricultura sustentável a partir das famílias agricultoras realizada por meio da reforma agrária e da criação de novos empregos rurais e não rurais. Estas ações promovem uma valorização da agricultura familiar, bem como práticas agrícolas que se aliam com as necessidades ambientais, sociais e econômicas dos agroecossistemas. Nesse sentido, analisando os processos socioeconômicos no meio rural, é notório que existe uma relação com a agricultura familiar e desenvolvimento sustentável, pois ambos são responsáveis por garantir alimentos mais saudáveis para a sociedade e, simultaneamente, permitem sua permanência no campo com condições favoráveis, bem como de vida e conservação dos recursos naturais. Contudo, essa prática só pode ser desenvolvida por meio da utilização de diferentes tecnologias de produção, assim, as famílias agricultoras necessitam adaptar seus conhecimentos a realidade local. Ademais, muitas das vezes, uma prática bem-sucedida em determinado local não garante a eficiência para outro local, visto que ela dependa de algumas características físicas (Medeiros *et al.*, 2022; Pasqualotto, 2019).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base no exposto, o aproveitamento de resíduos orgânicos por meio da vermicompostagem é uma prática sustentável que oferece diversos benefícios para o sistema solo-planta. Com essa prática, promove-se a ciclagem de nutrientes no ecossistema, reduzindo a dependência de recursos externos, transformando os resíduos em fertilizante, diminuindo a necessidade de extração de minerais para a produção de novos adubos. Além disso, a vermicompostagem desempenha um papel integral no desenvolvimento agrário, oferecendo uma abordagem eficaz para a geração de renda adicional, visto que a produção de vermicomposto pode ser uma fonte adicional de renda para os agricultores familiares, seja vendendo o produto diretamente ou utilizando-o em suas próprias operações agrícolas para o aumento da produtividade. Portanto, em resumo, a vermicompostagem promove: a fertilização sustentável, melhoria da estrutura do solo, redução de resíduos orgânicos, aumento da resistência das plantas, geração de renda e conscientização sobre o manejo eficiente de resíduos.

## REFERÊNCIAS

- DE AQUINO, Joacir Rufino; ALVES, Maria Odete; DE FÁTIMA VIDAL, Maria. Agricultura familiar no Nordeste do Brasil: um retrato atualizado a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, p. 31-54, 2020.
- BORGES, A. L. Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola. 2022.
- BUAINAIN, Antônio Márcio et al. Desafios para agricultura nos biomas brasileiros. 2020.
- CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L.T de L.; OLIVEIRA, C.A.V. Tecnologia tradicional e tecnologia alternativa: qual resolvera o problemas dos pequenos agricultores na regioao semi-arida do Nordeste brasileiro: um estudo de caso. 2019.
- DIONÍSIO, Jair Alves. **Vermicompostagem**. Clube de Autores, 2021.
- TAVARES FILHO, Gilberto Saraiva et al. Qualidade do solo em áreas nativas e cultivadas na Chapada do Araripe no semiárido do nordeste brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e8809108975-e8809108975, 2020.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.
- GORAYEB, Teresa Cristina Castilho et al. Estudo das perdas e desperdício de frutas no Brasil. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.
- DE LIMA, Janaína Maria et al. Enriquecimento proteico de resíduos de frutas tropicais por cultivo semissólido. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e5311527791-e5311527791, 2022.
- MARCHETTI, Fábio et al. Caminhos da reforma agrária no Brasil e suas implicações para a agrobiodiversidade. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 284-311, 2020.
- MARTINS, Quesia Santos Amorim et al. Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 591-608, 2019.
- DE PAULA MEDEIROS, Fernanda et al. PÓS DE ROCHA:: UMA TECNOLOGIA QUE AUXILIA NOS PROCESSOS DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 3, p. 242-262, 2022.
- MOURA, Juliano Avelar et al. Ocupação do cajazinho (*Spondias mombin* L.) como componente florestal na paisagem de áreas urbanas. 2023.

OLIVEIRA, Rafael Lima; DE MENDONÇA SANTOS, Gilberto Marcos. Viabilidade econômica e ambiental da vermicompostagem como alternativa para o aproveitamento do esterco de equinos. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 9, n. 1, p. 87-119, 2023.

PASQUALOTTO, Nayara; KAUFMANN, Marielen Priscila; WIZNIEWSKY, José Geraldo. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável. 2019.

RIBEIRO, Ondina et al. As minhocas como engenheiras do solo e sentinelas da poluição. **Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos**, v. 11, p. 5-5, 2022.

RICARDINO, Isadora Ellen Feitoza; SOUZA, Maria Nathalya Costa; DA SILVA NETO, Irineu Ferreira. Vantagens e possibilidades do reaproveitamento de resíduos agroindustriais. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 8, p. 55-79, 2020.

RITZINGER, Rogério; RITZINGER, Cecília Helena Silvino Prata. Acerola. 2011.

SANTOS, Tatiane dos. A educação ambiental como ferramenta para a promoção do desenvolvimento rural sustentável na agricultura familiar. 2018.

DA SILVA, Jhon Lennon Bezerra et al. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100372, 2020.

DE OLIVEIRA SILVA, Michelangelo et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

SILVA, Tauany et al. O POTENCIAL DA COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTAS

BRASILEIRAS NO MERCADO EXTERNO: UMA REVISÃO. 2022.

SILVA, Silvanda de Melo. Pitanga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, 2006.

SILVA, Maria Elenice Pereira da. **Produção e utilização de biossorventes utilizando endocarpo do spondias mombin L.(CAJÁ) para o tratamento de efluentes: Estudo da viabilidade de proteção**. 2021. Dissertação de Mestrado.

SILVINO, Rayssa; SILVA, Graziela; DOS SANTOS, Orquídea Vasconcelos. Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (Spondias Mombin L.). **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 4, n. 2, p. 03-11, 2017.

SOARES, Deyvison de Asevedo. Dinâmica da matéria orgânica e qualidade do solo em sistemas de produção agropecuários. 2021.

VAN TIENEN, Yankha Myllena da Silva et al. Avaliação da compostagem e vermicompostagem para biodegradação da matéria orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 46833-48639, 2020.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro Organizador et al. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. 2019.