

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**APLICAÇÃO DE MODELO DE MULTICRITÉRIO NA
PRODUÇÃO DE BIOINSUMO EM SISTEMA DE CULTIVO
ORGÂNICO NO DISTRITO FEDERAL**

JÚLIA MEDINA COELHO GALDINO

ORIENTADORA: CRISTIANE GOMES BARRETO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Mestrado Política e Gestão da Sustentabilidade

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

APLICAÇÃO DE MODELO DE MULTICRITÉRIO NA PRODUÇÃO DE BIOINSUMO EM SISTEMA DE CULTIVO ORGÂNICO NO DISTRITO FEDERAL

Júlia Medina Coelho Galdino

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Política e Gestão da Sustentabilidade.

APROVADA POR:

Profa. Dra. Cristiane Gomes Barreto - Orientadora - (PPGCDS)

Prof. Dr. Francisco Javier Contreras Pineda – Examinador Interno (PTARH/UNB)

Dr. Ilvan Medeiros Lustosa Júnior – Examinador Externo (IFB)

Brasília/DF, 25 de setembro de 2024.

FICHA CATALOGRÁFICA

GALDINO, JULIA MEDINA COELHO

Aplicação de Modelo de Multicritério na Produção de Bioinsumo em Sistema de Cultivo Orgânico no Distrito Federal

Dissertação (Mestrado – Mestrado Acadêmico em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, 2024

1. Produção Orgânica 2. Agricultura Familiar 3. Adubo Orgânico 4. AHP

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e meu anjo da guarda.

Aos meus pais, Cleto e Mariza, meus maiores apoiadores. É uma honra ser filha de vocês. Obrigada por tudo.

À minha irmã, Anna Clara, minha melhor amiga. Grata por ser minha super parceira desde o meu primeiro dia de vida aqui na Terra.

Ao meu amor, Luís Eduardo, por todo amor e companheirismo. Grata por tudo, por todo apoio e carinho e por me lembrar que está comigo sempre, mesmo que não fisicamente.

Aos meus familiares, por sempre estarem comigo e vibrarem por minhas conquistas.

À minha orientadora, Cristiane Gomes Barreto, por todo apoio e dedicação com a educação dos seus alunos.

À comunidade do pré-assentamento Chapadinha, que me permitiu ter a oportunidade de interagir e aprender mais com eles.

À Universidade de Brasília, instituição de ensino que me proporcionou alcançar novos horizontes.

Enfim, sou grata por todos que de alguma forma estiveram comigo durante minha trajetória na universidade!

RESUMO

As emissões dos gases de efeito estufa crescem continuamente em consequência do uso insustentável de energia, da terra e da mudança do uso da terra, dos padrões de consumo e produção. Os impactos provocados pela agricultura convencional colocam essa atividade como uma das principais responsáveis pela crise socioambiental. Fato este que ocorre em razão do modelo produtivo do agronegócio, relacionado ao intensivo de recursos. Diante disso, a produção orgânica e agroecológica, por pequenos produtores familiares, é considerada uma alternativa para o enfrentamento das crises socioambientais. No entanto, a dependência de insumos externos e com custos elevados, afeta a autonomia e a responsividade dos pequenos produtores familiares. Dessa forma, os bioinsumos se apresentam como uma alternativa para apoiar a autonomia desse setor. A produção de bioinsumos de compostos e adubos orgânicos é um processo sensível ao contexto, no qual vários recursos e técnicas podem ser empregados a depender de características locais. A decisão quanto ao processo de produção de bioinsumos é complexa, pois leva em consideração múltiplos critérios (econômicos, ambientais, técnicos, operacionais, entre outros) e, em ambientes coletivos, pode ser analisada por várias perspectivas. Na ausência de um método geral para ser utilizado em diferentes localidades, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver e aplicar um modelo de tomada de decisões para auxiliar na indicação dos recursos mais sustentáveis para a produção de bioinsumo de composto e adubo orgânico, testado em um sistema agrícola orgânico do Distrito Federal. O estudo desenvolveu e aplicou um modelo de tomada de decisões no sistema de agricultura orgânica no pré-assentamento Chapadinha - Distrito Federal. E com base nisso, foi possível identificar quais aspectos mais relevantes para a seleção da melhor alternativa para a produção de bioinsumos segundo os agricultores e agricultoras do pré-assentamento Chapadinha. Ademais, a partir dos critérios, os insumos que obtiveram melhor desempenho foram gliricídia, borra de café e o margaridão. Este resultado indica que a comunidade tem interesse em desenvolver mecanismos para resistir e persistir no ambiente instável, onde a busca por autonomia é essencial e referência para os produtores rurais.

Palavras-chaves: Produção Orgânica. Agricultura Familiar. Adubo orgânico. AHP.

ABSTRACT

The emissions of greenhouse gases continue to grow as a result of the unsustainable use of energy, land, and land use change, as well as consumption and production patterns. The impacts caused by modern agriculture make it one of the main contributors to the socio-environmental crisis. This is due to the resource-intensive production model of agribusiness, related to resource intensive. In light of this, organic and agroecological production by small family producers is considered an alternative for tackling the socio-environmental crisis. However, dependence on high-cost external inputs affects the autonomy and responsiveness of small family producers. In this way, bio-inputs present themselves as an alternative to support the autonomy of this sector. The production of compost and organic fertilizer bio-inputs is a context-sensitive process in which various resources and techniques can be used. Deciding on the bio-input production process is complex, as it takes into account multiple criteria (economic, environmental, technical, operational, among others) and, in collective environments, can be analyzed from various perspectives. In the absence of a general method to be used in different locations, the aim of this research is to develop and apply a decision-making model to help indicate the most sustainable resources and techniques for producing compost and organic fertilizer bio-inputs, to be tested and validated in an organic farming system in the Federal District. The study developed and applied a decision-making model in the organic farming system in the pre-settlement Chapadinha - Federal District. Based on this, it was possible to identify the most relevant aspects for selecting the best alternative for bioinput production according to the farmers in the pre-settlement Chapadinha. Furthermore, based on the criteria, the inputs that performed best were gliricidia, coffee grounds, and margaridão. This result indicates that the community is interested in developing mechanisms to resist and persist in the unstable environment, where the quest for autonomy is essential and serves as a reference for rural producers.

Keywords: Organic Production. Family Farming. Organic Fertilizer, AHP.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. Revisão Bibliográfica	5
3.1 PRODUÇÃO DE ORGÂNICOS E AGRICULTURA FAMILIAR	5
3.2 PRÉ-ASSENTAMENTO CHAPADINHA.....	8
3.3 BIOINSUMOS	10
3.4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS/PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS	13
3.6 MÉTODO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO	20
4. METODOLOGIA.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1. COLETA DE INFORMAÇÕES E DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS	32
5.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DECISÃO	33
5.3. APLICAÇÃO DO MODELO NO PRÉ-ASSENTAMENTO CHAPADINHA-DF.....	46
5.4 AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	50
5.5 COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS	83
6. CONCLUSÃO.....	96
SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

LISTA DE ABREVIACOES, SIGLAS E SÍMBOLOS

EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do DF
PLANAPO	Plano Nacional de Agroecologia e Produo Orgânica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PBN	Programa Nacional de Bioinsumos
C	Carbono
N	Nitrogênio
AHP	Análise Hierárquica de Processos
GEE	Gases de Efeito Estufa
PDAD	Pesquisa Domiciliar por Amostra de Domicílio nas áreas Rurais
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento a Agricultura Familiar
INCRA	Instituto Nacional de Colonizao e Reforma Agrária
PRONAT	Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais
CNAPO	Comissão Nacional de Agroecologia e Agricultura Orgânica
NDCs	Contribuies Nacionalmente Determinadas
MCDA	<i>Multi-criteria Decision Analysis</i>
CH ₄	Metano
N ₂ O	xido Nitroso
CO ₂	Dióxido de Carbono
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
MMA	Ministério do Meio Ambiente

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas, sobretudo por meio das emissões de gases de efeito estufa (GEE), causaram o aquecimento global. As emissões de GEE continuaram a elevar, com contribuições históricas e contínuas em razão ao uso insustentável da energia, uso da terra e da mudança do uso da terra, dos estilos de vida e dos padrões de consumo e produção entre as regiões, países e indivíduos (IPCC, 2023).

Os impactos da agricultura no meio ambiente colocam essa atividade como uma das principais promotoras da crise socioambiental (Campbell et al., 2017). Isso ocorre devido às mudanças no uso da terra, uso intensivo de água e energia, emissão de gases de efeito estufa, impactos na biodiversidade, entre outras consequências que pressionam os limites planetários para além daqueles aceitáveis para a manutenção da vida humana na Terra (Rockstrom et al., 2009).

Em que pese a importância da agricultura para a subsistência humana, o modelo produtivo do agronegócio produz impactos expressivos nos recursos naturais (Eloy et al., 2023). Alternativamente, a produção orgânica e agroecológica, promovida especialmente por pequenos produtores familiares, ganha relevância no enfrentamento das crises socioambientais do Antropoceno (Altieri et al., 2020).

A reprodução social da agricultura familiar depende, entretanto, de estratégias de resistências, dentre as quais se destaca a busca pela autonomia, o que vai lhes conferir meios de persistir num ambiente socioeconômico e político instável ou não favorável (Grisa et al., 2010). Um exemplo disso foi documentado por Lizot e colaboradores (2023) para agricultores familiares que foram negativamente afetados pelos efeitos da pandemia de Covid-19 no aumento dos custos de aquisição de insumos. Dessa forma, uma base auto organizada de recursos é a chave para permitir uma desejada autonomia para os pequenos produtores, reduzindo ou eliminando relações de dependência a insumos e recursos externos à unidade produtiva (Grisa et al., 2010).

Uma parcela dos agricultores familiares tem sistemas produtivos que dependem de insumos com custos elevados de manutenção para a operação, e que advêm do mercado. Embora usem estratégias para reduzir essa dependência de recursos de terceiros, a produção de

insumos geralmente não é autônoma (Buainain, 2003). Nesse contexto, os bioinsumos surgem como uma alternativa para incentivar o uso de insumos orgânicos e, ao mesmo tempo, favorecer uma maior autonomia na agricultura familiar e contribuir para a economia circular.

Os bioinsumos são caracterizados por insumos biológicos ou insumos que possuam na sua composição substâncias produzidas por organismos vivos (Vidal et al, 2023). Para a agricultura, os bioinsumos são bens ou serviços provenientes dos organismos vivos, ou dos procedimentos das alterações, usados na produção de outros bens e serviços nos sistemas de produção animal e vegetal, a partir da produção primária até o pós-colheita. Portanto, os bioinsumos podem ser os processos de produção, as sementes, biofertilizantes, compostos orgânicos, caldas naturais, inoculantes, conservantes, entre outros, mas também processos ligados aos próprios manejos realizados pelos agricultores, os quais melhoram as condições de produção e de controle de pragas e doenças (Brasil, 2020).

Embora a compostagem seja uma alternativa para gestão dos resíduos sólidos orgânicos e produção de bioinsumo, não há uma receita universal que se adeque às diferentes condições de custo, acesso, qualidade, quantidade, conhecimento técnico e outros critérios que podem influenciar a produção de determinado bioinsumo. Normalmente, as tomadas de decisão nas pequenas propriedades agrícolas, segundo Lizot et al. (2021), são focadas na gestão de custos, que por sua vez concentram-se nos custos operacionais diretos, o que não representa adequadamente a complexidade de critérios que podem apoiar as melhores decisões.

Dessa forma, a escolha do processo e dos insumos pode considerar critérios variados, a partir de metodologias de análise de multicritérios que facilitem as tomadas de decisão (*Multiple Criteria Decision Analysis - MCDA*). Esses métodos multicritérios para tomar decisão são ferramentas que possibilitam diminuir custos e riscos, e maximizar lucros e a sustentabilidade de um sistema a partir de uma escolha. Embora essas metodologias venham sendo empregadas em empreendimentos agrícolas de grande escala, ainda são pouco usadas para o contexto das pequenas propriedades e, em especial, para atividades coletivas ou comunitárias (Lizot et al., 2021).

Esta pesquisa tem como objetivo auxiliar no processo de seleção da melhor combinação de insumo e processo sustentáveis para produção de bioinsumo que tem a possibilidade de ser aplicado em outros assentamentos rurais ou pré-assentamentos. Com isso, pretende-se desenvolver e aplicar uma estrutura metodológica para determinar a melhor técnica de produção

de bioinsumo para adubação que se insere numa proposta de biofábrica a ser instalada no pré-assentamento Chapadinha, Lago Oeste (DF).

2. OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é desenvolver e aplicar um modelo de tomada de decisões para contribuir na produção de bioinsumo para em sistema de cultivo orgânico no pré-assentamento Chapadinha - Distrito Federal.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O estudo tem como objetivos específicos:

- Pesquisar e analisar as alternativas técnicas disponíveis para a produção de bioinsumos a serem utilizados na fertilização e nutrição.
- Desenvolver um modelo de tomada de decisão baseado em multicritérios para auxiliar na determinação da melhor técnica de produção do bioinsumo.
- Aplicar o modelo ao pré-assentamento Chapadinha (DF).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção será apresentada revisão teórica com informações e conceitos de bioinsumos, processos e metodologias para produção de bioinsumos com foco na adubação para fertilização e/ou nutrição. Além disso, referências sobre agricultura familiar e assentamentos rurais.

3.1 PRODUÇÃO DE ORGÂNICOS E AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura industrial trouxe diversos problemas econômicos, ambientais e sociais, impactos na saúde pública, na integridade ecossistêmica, na qualidade dos produtos e também dificuldades nos sustentos rurais tradicionais, acelerou o endividamento de agricultores e agricultoras. Essa agricultura com ênfase nos cultivos de exportação traz impactos como, por exemplo, escassez hídrica, degradação do solo e riscos econômicos, sociais e ecológicos potencialmente severos (Altieri, 2010).

Ademais, as atividades agropecuárias geram emissões diretas e indiretas de Gases de Efeito Estufa (GEE) por vários processos, entre eles o uso de fertilizantes nitrogenados que emitem N_2O do solo, queima de resíduos agrícolas que emitem CO_2 , CH_4 , N_2O , preparo convencional do solo e calagem, emitem dióxido de carbono CO_2 , uso de insumos como fertilizantes, herbicidas e fungicidas que para sua produção demandam grandes quantidades de energia, emitem CO_2 , entre outros (EMBRAPA, 2019).

E o agronegócio é responsável por parcela expressiva das emissões de GEE. Em 2019 a mudança no uso da terra e florestas, isto é, desmatamento, agropecuária e energia foram os três principais vetores. Nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) propostas no Acordo de Paris pelo Brasil, a NDC “Plano Nacional para Agricultura de Baixo-Carbono” se destacou. Essa NDC propõe diminuir entre 133,9 e 162,1 Mt CO_2 e as emissões do setor, por meio do aumento dos sistemas produtivos de baixo-carbono e da pecuária sustentável. Nessa perspectiva, o plano visa priorizar a recuperação das pastagens que foram degradadas, a integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, plantio direto, fixação biológica de nitrogênio e a elevação da eficiência agrícola (Viola et al., 2022).

O setor agrícola, devido às suas características, é vulnerável às mudanças climáticas. Nessa perspectiva, é preciso um esforço conjunto no desenvolvimento de novas tecnologias que permitam o incremento da produtividade e na implementação de ações que possibilitem a convergência entre a elevação da produção sustentável de alimentos e a redução dos gases de efeito estufa.

As variabilidades climáticas podem diminuir a produtividade agrícola, devido perderem a capacidade de planejar a produção. Aproximadamente 30% da produtividade dos alimentos são justificados pelas variações do clima e 70% são devidos aos insumos, fertilizantes, genética e práticas agrícolas. Portanto, com a imprevisibilidade sobre o clima, interfere na produtividade, independente da quantidade investida em tecnológica (Viola et al., 2019). Outrossim, os agricultores familiares, em razão do menor acesso a recursos financeiros e por dependerem da produção agrícola para subsistência, apresentam vulnerabilidade maior e menores condições de adaptações nas variabilidades climáticas (Almeida et al., 2023).

Para a adaptação e redução dos riscos climáticos serem mais eficientes, é preciso incluir melhorias de cultivares, gestão e armazenamento das águas nas fazendas agrícolas, conservação da umidade do solo, agroflorestas, adaptação fundamentada na comunidade, abordagens sustentáveis de manejo do solo, uso dos princípios e práticas agroecológicos, entre outras (IPCC, 2023). E a agricultura orgânica e sustentável é uma das alternativas para o desequilíbrio ambiental atual e melhoramento das cadeias produtivas (Almeida et al., 2023).

A agricultura orgânica surgiu com o inglês Sir Albert Howard, precursor da corrente do movimento orgânico. Esse, durante pesquisas na Índia, buscou confirmar a relação da estrutura orgânica do solo com a saúde e resistência do corpo humano às doenças. Uma das coisas defendidas por ele era a necessidade da utilização da matéria orgânica para aprimorar a produção e a vida do solo. Além disso, ao observar os Hindus, desenvolveu o método de compostagem Indor (Penteado, 2001).

A produção e comercialização de produtos orgânicos estão em expansão. De acordo com Gabriela Soto (2020), na primeira década deste século, esse setor teve um crescimento econômico de cerca de 20% ao ano. Em 2008, com a crise alimentar, o relator das Nações Unidas sobre o Direito à Alimentação, fez um discurso sobre a necessidade de reinvestimento no setor da agricultura e durante sua fala, questionou o valor que é investido nesse setor e recomendou que esse investimento seja direcionado à agroecologia.

Na América Latina, a agroecologia tem crescido e ganhado protagonismo nos fóruns internacionais. Essa prática é definida como uma forma alternativa de se produzir, a partir de um conjunto de ciências, técnicas e práticas usadas para se obter como resultado uma produção ecologicamente sustentável. A agroecologia representa, por meio de novos conhecimentos práticos, uma agricultura mais sustentável, visando ser um benefício para a humanidade e contribuir para o equilíbrio ecológico do planeta, proporcionar ferramentas para auto-sustentação e a segurança alimentar das comunidades rurais (Leff, 2002). Diante disso, a organização social da produção fundamentada no trabalho familiar possibilita o desenvolvimento de uma agricultura ambientalmente sustentável (Assis et al., 2005).

A agricultura baseada na produção familiar consiste na diversidade produtiva e uso dos conhecimentos da agroecologia, em que os saberes tradicionais, técnicas e práticas de cultivos associadas. Essa variedade na produção resulta na geração de resíduos com potencial para aproveitamento, por meio da sua transformação em adubo orgânico através da compostagem. E o processo permite a reutilização de nutrientes e a otimização dos resíduos gerados nos espaços de cultivo e ainda diminui os gastos com insumos externos (Barbosa et al., 2023).

A compostagem pode ser utilizada na agricultura familiar como uma mudança ecológica com possibilidade de valorizar o agricultor, com retorno financeiro, devido ao valor do composto orgânico resultado dessa prática e como uma oportunidade de sensibilizar os agricultores em relação ao meio ambiente. Além disso, os agricultores são familiarizados com essa técnica, no manuseio da terra, quando reutilizam resíduos para aprimorar as plantações e diminuem a quantidade de material que iria ser destinado ao lixo (Barbosa et al., 2020).

No Brasil, a legislação define, a partir da Lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003, como agricultura orgânica:

Art. 1º Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente.

A produção de alimentos orgânicos no DF em 2015 aproximou-se a área de 775 hectares, em que o mercado cresce 20% ao ano e movimentava cerca de R\$ 30 milhões para 40 mil consumidores. E a região devido às condições climáticas, ao perfil da população com alto poder aquisitivo, a infraestrutura boa e o tamanho territorial, possibilita a região ser um centro de produção agroecológica, com mercados de circuitos curtos (Sabourin et al., 2020).

3.2 PRÉ-ASSENTAMENTO CHAPADINHA

Os assentamentos rurais surgem como principal objeto da política de reforma agrária e são produto das relações conflituosas entre ações do Estado/governo e a pressão realizada pelos movimentos sociais rurais (Coelho et al., 2021). Nos assentamentos rurais, é necessário um empoderamento comunitário para além dos direitos comuns, das condições dignas de sobrevivência e das exigências ao Estado, é preciso ter educação para a cidadania, planejamento e execução dos projetos, iniciativas sociais, socialização e problematização das informações, abarcamento nas tomadas de decisões no processo. Nesse sentido, é imprescindível a participação da comunidade para pressionar, discutir e observar políticas que influenciem sobre a qualidade de vida (Costa, 2024).

No Brasil, o governo define o assentamento de reforma agrária como um conjunto de unidades agrícolas situadas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) em um imóvel rural. Além disso, estabelece que cada uma dessas unidades é de uma família de agricultor ou trabalhador rural sem possibilidade de adquirir um imóvel rural. O governo ainda estabelece que a família deve residir e explorar o lote, por meio de atividades produtivas variadas (Brasil, 2020).

Além disso, pesquisas brasileiras demonstram que as políticas públicas para o setor agrícola familiar, embora tenham ocorrido avanços importantes, são problemáticas em alguns aspectos e impactam negativamente a capacidade do subsetor para transição à sustentabilidade. Nesse contexto, programas de acesso a crédito, assistência e formação como o Programa Nacional de Fortalecimento a Agricultura Familiar (PRONAF) teve grande concentração de

contrato no Sul e Sudeste, quando comparado com o Norte e Nordeste. As políticas posteriores como, por exemplo, Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais (PRONAT) continuaram com o padrão de concentração dos créditos nos agricultores mais dotados em capital e recursos (Viola et al., 2022).

Outrossim, a propriedade da terra, alternativas de financiamento, acesso a informações e assistência técnica, nível de escolaridade, tamanho da família, idade do produtor, disponibilidade de água e solo interferem na adoção de sistemas agroflorestais na agricultura brasileira, o que poderia torná-la mais adaptada as mudanças climáticas. No entanto, o acesso desequilibrado desses recursos, como ocorre na maioria dos agricultores familiares que não recebem incentivos para adotar modelos de negócios sustentáveis e de baixo carbono. Portanto, embora seja um setor com potencial sustentável, o institucional não tem sido benéfico para isso. Mas ainda que o ambiente seja desfavorável, a agricultura familiar orgânica tem crescido no entorno das grandes e medias cidades brasileiras (Viola et al., 2022).

Segundo Pesquisa Domiciliar por Amostra de Domicílio nas Áreas Rurais (PDAD Rural) de 2022, a população rural do Distrito Federal é composta por 48,71% de mulheres e 51,29% de homens. Além disso, em relação à cor ou raça, 54,57% declaram-se parda, 30,08% branca, 12,19% preta, 2,67% amarela e 0,49% indígena. E no PDAD Rural foi constatado que 29,76% domicílios estavam em situação de insegurança alimentar nos três meses anteriores ao período de entrevista.

Nesse contexto, o pré-assentamento Chapadinha, localizado no Lago Oeste, em Sobradinho, conforme a Federação de Agricultores e Agricultoras da Agricultura Familiar (Fetraf), é o primeiro projeto da reforma agrária de base agroecológica no Distrito Federal. Nesse pré-assentamento, cada produtor obteve 10 hectares para ocupar a terra e, desde a aquisição, tem-se incentivado a adoção da produção orgânica (Muñoz et al., 2016).

No pré-assentamento Chapadinha atualmente são 53 cooperados, com produção de cerca de 2 hectares por cada um. Em média, metade do território são cultivadas as hortaliças e a outra metade produzem leguminosas e frutíferas.

De acordo com estudo realizado por Ramos (2021), o Cerrado engloba cerca de 200 milhões de hectares, 22% do território nacional e é o segundo maior bioma do país. Além disso, esse bioma é biodiverso, com onze tipos de vegetação nas formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata seca e Cerradão), campestre (Campo sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre) e savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda).

De 1985 a 2017, aproximadamente, 45% da vegetação do Cerrado foi transformada em monoculturas e pastagens e 55% de vegetação remanescente. O Cerrado sofreu intensas modificações pelas ações antrópicas como, por exemplo, expansão das atividades agropecuárias e crescimento populacional.

O Distrito Federal, localizado na região Centro-Oeste, tem a área totalmente inserida no bioma Cerrado. O DF abrange áreas de nascentes que abastecem uma parte das bacias hidrográficas do país, Bacia do Paraná, Bacia do São-Francisco e Bacia do Tocantins/Araguaia.

O pré-assentamento Chapadinha está estabelecido na DF-170, Região Administrativa de Sobradinho, norte do Distrito Federal e integra o Núcleo Rural do Lago Oeste. Foi criado com intuito de produzir alimentos de valor nutritivo alto para atender a alimentação dos moradores do DF. Além disso, a Chapadinha está situada na Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, na Bacia Hidrográfica do Rio Maranhão, nas unidades hidrográficas do Rio da Palma e Ribeirão da Contagem.

A Chapadinha também está na Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (Unidade de Conservação de âmbito Federal), da Cafuringa (Unidade de Conservação do âmbito Distrital), e no entorno do Parque Nacional de Brasília (Unidade de Conservação de proteção integral de âmbito Federal) (Ramos, 2021).

3.3 BIOINSUMOS

Na promoção da agricultura orgânica, a Comissão Nacional de Agroecologia e Agricultura Orgânica (CNAPO) fomentou o surgimento de alternativas aos agrotóxicos no Brasil e criou um programa Nacional para Redução de Pesticidas (PRONARA). Esse programa tinha como principal objetivo a necessidade de viabilizar o uso de métodos alternativos para produzir e o carecimento de incentivar a emancipação dos agricultores dos insumos externos e de empresas. Entretanto, devido à falta de apoio na Câmara, o programa não teve tanta força. Mesmo assim, o entendimento de permitir alternativas tecnológicas ganha protagonismo e surge por meio do tempo bioinsumos no Planapo 2 (2016-2019).

A produção agrícola tem investido fortemente no desenvolvimento de ferramentas e práticas para mitigar impactos negativos. Entre as principais estratégias adotadas estão a

agricultura de conservação, o uso de tecnologias de precisão, a gestão sustentável e a adaptação às mudanças climáticas. Dentro desse contexto, a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis tem ganhado destaque, especialmente com o uso de bioinsumos. Esses produtos não apenas auxiliam na produção de alimentos, mas também promovem uma prática agrícola mais sustentável (Zanetti et al., 2023).

O sistema agrícola deve se adaptar às mudanças e variabilidades climáticas, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e mitigando os impactos ambientais relacionados ao uso de agroquímicos e ao manejo da terra. Além disso, é fundamental melhorar a eficiência hídrica (Silveira, 2024).

Alternativas para uma produção agrícola mais sustentável têm sido desenvolvidas e promovidas globalmente. No Brasil, o setor agrícola desempenha um papel crucial na produção de alimentos e na condução de pesquisas que fomentam práticas de produção mais ecológicas e resilientes às adversidades climáticas (Bavaresco, 2024).

O Brasil se destaca internacionalmente pelo pioneirismo em estudos sobre o uso e o desenvolvimento de bioinsumos. Estes avanços não apenas representam uma inovação significativa, mas também são fundamentais para a bioeconomia e para facilitar a transição para uma matriz energética mais sustentável. Os bioinsumos, integrados na indústria de transformações, oferecem uma abordagem sustentável para a produção agrícola, trazendo os princípios da sustentabilidade para o ambiente produtivo (Bavaresco, 2024).

A agricultura orgânica e a agroecologia são fundamentadas na eliminação do uso de insumos químicos no seu desenvolvimento. No Brasil, desde 2018, foram criadas e implementadas políticas para incentivar o desenvolvimento de bioinsumos, para controle biológico e para fertilizantes biológicos (Goulet, 2021). Nesse contexto, os bioinsumos foram definidos pelo Decreto n 10.375, de 26 de maio de 2020 como:

Art. 2º Para os fins do disposto neste Decreto, considera-se bioinsumo o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (Brasil, 2020).

O decreto n 10.375 estabeleceu o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB) e teve como objetivo aumentar e consolidar o setor de bioinsumos no Brasil, de forma que estimule inovações que permitam diferentes possibilidades ao uso desses produtos, processos ou tecnologias de origem vegetal, animal ou microbiana (Vidal et al, 2021). No setor agrícola brasileiro, os bioinsumos avançaram nas questões de controle de pesticidas e doenças, nutrição das plantas e fertilidade dos solos. Além disso, os bioisumos representam uma maior autonomia nos territórios.

No Brasil, é estimado que o setor de bioinsumos movimentava cerca de R\$1 bilhão por ano e cresce a uma taxa anual acima de 10%. Entre 2015 e 2019, 40 novas empresas que produzem bioinsumos ingressaram nesse setor no País, somadas às que já operavam antes de 2015, totalizaram 72 biofábricas em 2019 (Vidal et al., 2021).

Ademais, o Brasil é um país rico em biodiversidade e geodiverso, portanto, possui uma variedade de espécies vegetais e ambientes, eventos e desenvolvimentos geológicos que formam as paisagens, entre outros. Entretanto, apesar dessas características, ainda é um país que, no sistema produtivo, depende dos insumos solúveis importados. A importação desses produtos faz o processo ficar mais caro, reduz os ganhos e a geração de renda (Vida et al., 2021).

Na maioria dos sistemas produtivos, são utilizados insumos que causam impactos ambientais e na saúde humana. Dos agrotóxicos operados em grande escala no Brasil, em um levantamento feito entre os anos de 2012 e 2016 com relação ao consumo dos herbicidas, fungicidas e inseticidas, foram identificados produtos cujos princípios ativos foram apontados como 15% extremamente tóxicos, 25% altamente tóxicos, 35% medianamente tóxicos e 25% pouco tóxicos, para seres humanos. Com isso, existe pressão da sociedade e dos países importadores por produtos isentos de resíduos e agrotóxicos (Vidal et al., 2021).

Os propulsores de bioinsumos acreditam que essa alternativa resolveria grande parte dos problemas e gerariam oportunidades em diferentes níveis em todo o país, sendo o recurso com potencial para o desenvolvimento local. Além disso, para o Secretário de Estado da Agricultura Familiar, representante dos pequenos produtores rurais, o desenvolvimento dos bioinsumos por meio das “biofábricas” poderia auxiliar na atividade econômica e na geração de empregos. Ademais, os bioinsumos são revelados como uma questão de soberania nacional para o país, onde será usado o estoque nacional de recursos biológicos para diminuir a dependência do Brasil a insumos importados (Goulet, 2021).

No Brasil, embora já existam 526 bioinsumos classificados e identificados, o uso destes ainda é reduzido. Isso pode ser em razão dos recursos financeiros limitados, não conhecimento da existência e alternativas para usar esses produtos. Nesse contexto, é preciso maiores incentivos e orientação pública para desenvolver bioinsumos com mais acessibilidade para os produtores rurais, principalmente para os que trabalham com a agricultura orgânica (Oliveira et al., 2023).

Além disso, segundo Mazaro (2022), apesar de no Brasil, universidades e institutos de pesquisa públicos e privados tenham desenvolvido estudos relacionados aos bioinsumos, existem alguns desafios relacionados, principalmente a investimentos.

A integração dos bioinsumos na agricultura é particularmente crucial diante do aumento das adversidades climáticas e da escassez de recursos naturais. Eles desempenham um papel fundamental ao melhorar a eficiência da absorção de nutrientes, fortalecer a resistência das plantas a estresses ambientais, controlar patógenos e contribuir para a vitalidade do solo (Zanetti et al., 2023).

A utilização de bioinsumos na produção de alimentos representa uma significativa expansão agrícola, no qual possibilita uma infinidade de combinações e consórcios de microrganismos para otimizar a produtividade. Além de harmonizar o ambiente produtivo com o meio ambiente, os bioinsumos fortalecem a capacidade do agroecossistema de enfrentar perturbações e reduzem suas vulnerabilidades. Sua aplicação também está alinhada com diversos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), como “ODS 1: Erradicação da Pobreza”, “ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável”, “ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico”, “ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis” e “ODS 6: Água Potável e Saneamento”, entre outros (Bavaresco, 2024).

3.4 MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS/PRODUÇÃO DE BIOINSUMOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.305/10 , instituída em 2010, teve como objetivo a redução na quantidade de rejeitos gerados e destinados aos aterros e lixões, por

meio da reutilização e descarte adequado dos resíduos. Além disso, essa política estabelece a compostagem como uma forma de destinação e tratamento dos resíduos orgânicos.

A compostagem é definida como um processo controlado que ocorre a decomposição microbiana, oxidação e oxigenação de matéria orgânica variada. Nessa técnica, há celeridade da decomposição dos resíduos orgânicos por meio dos microrganismos nas condições ideais de temperatura, umidade, aeração, pH, compostos orgânicos e nutrientes disponíveis.

A compostagem é um processo natural de baixo custo associado, no qual ocorre o tratamento dos resíduos orgânicos, através da atividade microbiana e o aumento da temperatura, tem-se a desinfecção dos resíduos e um produto agrícola rico em nutrientes. Esse composto resultante do processo de compostagem, é conhecido como adubo ou húmus com potencial para ser fertilizante orgânico natural (Santos et al., 2022).

Na preparação da compostagem, em um primeiro momento, é necessário que os resíduos sejam reduzidos para facilitar o processo de decomposição pelos microrganismos. Na montagem da pilha ou das leiras, os resíduos precisam ser montados em várias camadas, intercaladas entre baixa relação carbono/nitrogênio de aproximadamente 15 centímetros e relação carbono/nitrogênio adequada, com 5 centímetros, para obter valores de C/N aceitável e melhorar a qualidade da estrutura das pilhas ou leiras. Depois que estiver finalizada a montagem, a pilha ou leira deve ser revolvida a cada três dias para homogeneizar a massa, auxiliar a atividade microbiológica, favorecer a degradação e quebra de partículas. Outrossim, durante o processo a temperatura deve ser controlada para obter composto orgânico de qualidade (Oliveira et al., 2019).

Figura 1 - Montagem das pilhas ou leiras com materiais intercalados



Fonte: Oliveira et al., 2019

No Brasil, a técnica de compostagem é regulamentada por meio da Resolução CONAMA 481, de 3 de outubro de 2017, em que estabelece critérios e procedimentos para assegurar o controle e a qualidade ambiental da compostagem de resíduos orgânicos. Essa norma pretende proteger o meio ambiente, reestabelecer o ciclo da matéria orgânica e sua função de fertilizante natural dos solos. Ademais, a Instrução Normativa 61 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento, define regras sobre as exigências, tolerâncias, especificações, entre outros aspectos relacionados aos fertilizantes orgânicos e os biofertilizantes, a serem utilizados na agricultura.

Nesse contexto, o produto final da compostagem, quando utilizado na agricultura, tem potencial de melhorar as propriedades biológicas, químicas e físicas do solo, e é considerado um bioinsumo. Também pode ser fonte de nutrientes aos vegetais, com capacidade de substituir o adubo mineral por completo ou em partes, uma produtividade agrícola com qualidade sustentável (Abreu et al., 2009).

A compostagem é um método milenar, empregado inicialmente pelos chineses há mais de cinco mil anos. Esse procedimento pode ser feito industrialmente ou em usinas de compostagem, onde produzem ou recebem quantidades elevadas de resíduos. E também nas propriedades agroindustriais, nas quais os resíduos são separados na fonte e em pequenas escalas como, por exemplo, na compostagem doméstica ou vermicompostagem (Heberts et al., 2005). Portanto, existem diferentes técnicas de compostagem como, por exemplo, em leiras, termofílica, bokashi, vermicompostagem, entre outros e nessa seção serão diferenciadas.

Importante observar que os materiais apresentam diferentes tempos de decomposição, devido às diferenças na quantidade de elementos químicos como, por exemplo, o carbono (C) e o nitrogênio (N), em que a relação de C/N na compostagem deve ser de 30/1. Nessa perspectiva, entender a relação C/N representa o nível de resistência à decomposição. A proporção dos componentes de mistura deve ser de aproximadamente 70% material fibroso e 30% de esterco (Oliveira et al., 2019).

3.4.1 LEIRAS DE COMPOSTAGEM

A técnica de compostagem ao ar livre é caracterizada por pilhas sucessivas com aproximadamente 1 metro de altura e de 2 a 4 metros de comprimento de matéria orgânica seca, os resíduos que o nitrogênio é limitante e o carbono está em excesso com relação a C/N superior a 30:1. As dimensões são feitas para propiciar a manipulação e a homogeneização e aeração das pilhas. Além disso, essas leiras, devem possuir matéria seca e logo acima matéria orgânica, os resíduos de composição que o carbono é limitante e o nitrogênio está em excesso com relação a C/N abaixo de 30:1. Além disso, como é necessária a aeração, essas pilhas devem ser remexidas de forma periódica e, com 15 a 30 dias, é possível obter o composto (Heberts et al., 2005).

Durante a compostagem, alguns fatores são responsáveis por controlar esse processo como, por exemplo, a temperatura. Esse fator é determinante por diferentes temperaturas poderem representar o desenvolvimento de diferentes microrganismos. Em temperaturas baixas nas leiras, pode indicar uma redução da degradação, por ausência de aeração, umidade ou nutrientes. A temperatura deve estar entre 45 a 70°C, para eliminação de patógenos e ervas daninhas, e o ponto ótimo é situado em 60°C.

Outro fator preponderante durante o processo é o oxigênio, é necessária a manutenção da aeração para o progresso da atividade microbiana nas leiras. Essa aeração depende do tamanho das partículas, temperatura e umidade da matéria compostada. A oxigenação pode ser realizada através do processo de reviramento das pilhas ou aeração forçada, onde são inseridos tubos perfurados e instalados no interior das leiras. Com isso, permite evitar odores, propagação de moscas, quantidades de oxigênio ideais no interior das pilhas e retirar o calor em excesso produzido por vapor de água e possíveis gases provenientes da degradação da matéria orgânica. E também colabora para reduzir o tempo de compostagem. Na ausência do oxigênio, o processo se torna anaeróbico e tem como resultado uma acidificação e, conseqüentemente, um composto de baixa qualidade.

A umidade também é essencial para que a compostagem aconteça, pois este elemento possibilita reações químicas, captação de nutrientes dissolvidos na água, divisão celular, entre outros. Ademais, o rendimento do processo de compostagem está associado a eficiência dos

microrganismos em captar e metabolizar os nutrientes, carbono para oxidação metabólica e nitrogênio para síntese de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas, entre outros.

As leiras têm diferentes composições devido às variadas composições de matéria orgânica, com diversas organizações nas estruturas de carbono e nitrogênio. Entretanto, existe uma relação determinada de C/N igual a 30 para a eficiência do processo (Heberts et al., 2005).

Além desses fatores, a granulometria é imperativa para a compostagem ocorrer conforme o esperado. Com relação ao tamanho das partículas, a decomposição é acelerada quando a superfície de contato entre os microrganismos e nutrientes aumenta, portanto, com a matéria orgânica mais fracionada entre 20 a 50 mm.

Por fim, o pH consiste em um parâmetro fundamental para o desenvolvimento dos microrganismos, porém não é limitante para o processo, isso ocorre pela diversidade de microrganismos presentes nas leiras de compostagem, que atuam em diferentes faixas de pH (Heberts et al., 2005).

3.4.2 COMPOSTAGEM TERMOFÍLICA EM LEIRAS ESTÁTICAS COM AERAÇÃO PASSIVA

A compostagem termofílica é o processo de degradação microbiológica da matéria orgânica, dependente de oxigênio e gera calor, temperatura acima de 45°C, com picos acima de 70°C.

Nessa tecnologia, as leiras, os montes constituídos de resíduos e outros materiais onde a compostagem acontece, não necessitam de revolvimentos para sua operação. Além disso, a aeração é passiva, ou seja, se dá por convecção natural, onde o ar quente sai pelo topo da leira e o ar frio é absorvido pela base permeável da leira. Nesse sentido, esse método é diferente por não ser necessário utilizar materiais para aeração das leiras (MMA, 2017).

Este método é tradicional da compostagem, em que os resíduos são compostados de forma aeróbica usando a aeração passiva ou pequenas reviravoltas. Essa técnica é considerada uma maneira simples de fazer a compostagem, é um processo lento, de baixo custo operacional e de capital, principalmente, em comparação com a vermicompostagem e leiras. A aeração é

baseada sobretudo no movimento passivo do ar por meio da pilha, assim, degrada a matéria orgânica (Ayilara et al., 2020)

Nesse método, as leiras devem ter capacidade máxima de 8 toneladas, dimensão de no máximo 2 metros de largura para auxiliar na oxigenação e manejo e o comprimento deve ser de 7 metros (Abreu et al., 2015).

3.4.3 COMPOSTAGEM EM LEIRA ESTÁTICA AERADA

O processo de compostagem por Leiras Estáticas Aeradas (LEAs) tem sido mais utilizado no tratamento de resíduos orgânicos, pelo fato de ser o único processo que combina eliminação de patógenos com alto grau de estabilização do material orgânico e por ser uma técnica de baixo custo de operação (Paiva et al., 2013).

Nesse processo de compostagem em leira estática aerada a ventilação é natural, por exemplo, o oxigênio pode ser viabilizado por meio da passagem do vento em uma estrutura de madeira, denominada túnel de ventilação. Para que esse processo aconteça de forma eficiente, o material deve estar homogeneizado, para dissipação das temperaturas elevadas na fase ativa de degradação.

Na compostagem em leiras estática aerada através da estrutura de madeira, o túnel de ventilação consiste em uma estrutura em formato de trapézio de dimensão de 4 a 6 metros de comprimento, 0,40 a 0,50 metros de largura e 0,50 a 0,60 metros de altura com aberturas laterais e superior para ter aeração da massa que vai ser compostada (Teixeira et al., 2004).

3.4.4 BOKASHI

O custo alto dos insumos agrícolas e a pouca oferta dos fertilizantes nos sistemas de produção baseados na ecologia trouxe como consequência um aumento na busca por bioinsumos, especialmente os produzidos na própria propriedade. Nesse contexto, os adubos orgânicos fermentados, como, por exemplo, Bokashi, são uma alternativa para os produtores

orgânicos ou baseados na agroecologia usar para aprimorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Grinberg et al, 2022).

A técnica Bokashi é um dos métodos de compostagem, que o produto final, “Bokashi”, é resultado de um processo anaeróbico de matéria orgânica, “microorganismos efetivos”, melão e água. Essa técnica melhora a fertilidade do solo, promove o crescimento das plantas e pode aumentar a capacidade do solo de retenção da água (Lew et al., 2021). Esses microorganismos efetivos consistem em até 80 espécies diferentes das espécies primárias dos microorganismos como as populações de bactérias lácticas (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *L. fermentum*, *L. salivarius*, *L. delbrueckii*) e leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*), e bactérias fotossintéticas em quantidades menores (*Rhodobacter sphaeroides*, *R. capsulatus* e *Rhodopseudomonas palustris*), actinomicetos e fungos (Ginting, 2019).

O Bokashi é um adubo orgânico rico em nutrientes Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre, além dos macronutrientes. Além disso, esse adubo fornece às plantas os nutrientes de forma gradual, branda e racional. Para sua elaboração, é necessário ocorrer a fermentação, sobretudo de resíduos orgânicos vegetais. Para a formulação do Bokashi, não existe um padrão, devido ser proveniente da matéria orgânica, que pode variar conforme a região. O seu preparo consiste em uma mistura de 40% de matéria orgânica seca e moída, rica em nitrogênio, 50 a 60% de material rico em carboidrato, 15% de outros materiais vegetais, 3% de materiais de origem animal e 2% de minerais. A exemplo desses materiais tem-se:

Quadro 1 – Materiais Técnica Bokashi

Material	Exemplo
Matéria orgânica seca e moída	Torta de mamona, soja, girassol, algodão, outros
Material rico em carboidrato	Farelo de arroz, trigo, cevada e outros
Outros Materiais Vegetais	Palhas, cascas trituradas, resíduos da agroindústria, quirela de grãos, outros
Materiais de Origem Animal	Farinha de carne ou osso, farinha de peixe, casca de camarão e outros
Minerais	Pó de rocha, calcário, fosfato natural ou outros

(Fonte: Adaptado Grinberg et al., 2022)

Então, os ingredientes são homogeneizados a seco, introduz o fermento biológico, os microrganismos eficientes (EM), e a água para o material ficar úmido (Grinberg et al., 2022).

3.6 MÉTODO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO

Briozo e Musseti (2015) descrevem o uso de métodos multicritérios para tomar decisão como uma ferramenta de suporte para os gestores, para diminuir custos, maximizar lucro e diminuir os riscos de um possível erro decorrente de decisões. Além disso, para a eficiência no processo de tomada de decisão, é necessário iniciar com a declaração clara do problema para obter sucesso e estratégias viáveis e sustentáveis (Coban et al., 2018).

De acordo com Rangel e Gomes (2010), os métodos de Apoio Multicritério à Decisão são utilizados quando o objetivo é selecionar, ordenar, classificar ou descrever alternativas que

fazem parte de um processo decisório com múltiplos critérios quantitativos e qualitativos. Essas ferramentas ainda visam encontrar um número de alternativas, sob múltiplos critérios e objetivos em conflito, enquanto busca gerar soluções e uma hierarquização das alternativas conforme o grau de interesse do tomador de decisão.

Gomes e Costa (2015) descrevem as vantagens associadas a essa abordagem multicritério como a possibilidade da construção de uma base para uma comunicação entre os analistas e os decisores, que podem ter ponto de vistas diferentes. Além disso, esse método permite a compreensão das alternativas como um compromisso entre os objetivos em conflito.

Os métodos multicritérios para tomar decisão podem ser usados para diferentes escolhas, produtos agrícolas para plantar, modalidade de transporte, operações estratégicas de mercado, processo e design de produtos, entre outros.

Segundo Briozo e Musetti (2015), uso do método *Analytic Hierarchy Process* – AHP possibilita resolver problemas com critérios conflitantes, permite a participação de diversas pessoas. Ademais, esse método é eficaz por usar uma comparação par a par entre as variáveis, reduzir as subjetividades. Com isso, foi selecionado para esse estudo o método AHP para auxiliar nos objetivos do presente trabalho.

3.6.1 ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSOS (AHP)

Os métodos de apoio multicritério à tomada de decisão consistem em principalmente três fluxos, os métodos baseados em valor, os métodos de superação e os métodos baseados na distância. Esses métodos baseados em valor compreende a teoria do valor multiatributo, teoria da utilidade multiatributo e o processo de análise hierárquica de processos (AHP). No estudo com múltiplas partes interessadas, AHP tem sido a técnica escolhida, com cerca de 65% de aplicação em estudos (Coban et al., 2018).

O método multicritério *Analytic Hierarchy Process* – AHP, foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty na década de 1960 do século XX. Essa ferramenta possibilita comprovar a preferência dos tomadores de decisão, através do julgamento subjetivo dos participantes, em que se tem a quantificação numérica dos seus julgamentos com base na importância dos fatores analisados (Briozo et al., 2015).

O método AHP é de análise multicritério fundamentado em um processo de ponderação, em que diversos atributos essenciais, apresentados de acordo com a importância relativa. Esse procedimento é usado principalmente em situações que envolvem decisões financeiras associadas a atributos não financeiros, possibilita que análises qualitativas e subjetivas sejam operacionalizadas por meio de características numéricas (Ben, 2006).

O estudo realizado por Yu et al. (2021) identificou que desde quando o método foi criado, foi aplicado em diferentes áreas como ciências ambientais, gestão ambiental, engenharia de produção, avaliação energética e seleção. Além disso, realizou um levantamento bibliográfico que demonstrou a China como o país que mais produziu artigos no período de 1982 a 2018 na base de dados do *Web of Science*.

Nas análises ambientais, viabiliza a hierarquização das opiniões subjetivas sobre as categorias de valor, assim, promove um tratamento quantitativo que encaminhe a uma estimativa numérica da importância relativa de cada um dos direcionadores (Ben, 2006).

E a abordagem do problema de decisão na análise de multicritério de decisão, não visa apresentar aos decisores uma solução para o problema apresentado, mas busca dar suporte ao processo decisório, por orientações ou sugestão de ações.

De acordo com estudo feito por Muller et al (2021) na Análise Hierárquica de Processos, o problema complexo é analisado em níveis hierárquicos, o que possibilita avaliar e apontar a melhor alternativa para aproximar-se do objetivo geral, por diferentes critérios, com importância considerada. Além disso, as etapas do método AHP consistem em:

- Etapa 1: Definição do objetivo geral
- Etapa 2: Definição das alternativas
- Etapa 3: Definição dos critérios
- Etapa 4: Avaliação das alternativas em relação aos critérios
- Etapa 5: Avaliação da consideração feita sobre cada critério
- Etapa 6: Determinação da avaliação de cada alternativa

O método AHP é eficiente por adotar uma comparação par a par entre as variáveis. Nas análises ambientais, esse método apresenta desempenho favorável pela possibilidade de juntar em uma única avaliação um número grande de variáveis.

O processo desse método abrange a identificação de um problema de decisão que depois é individualizado em hierarquias de “subproblemas” menores e mais simples, com a

possibilidade de ser analisado de forma independente, com foco no problema da decisão. Os pesos são concedidos aos critérios com base na sua importância e às alternativas são avaliadas de acordo com essa importância equivalente.

A escala usada para os julgamentos aplicados para obter comparação dos resultados é conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Escala de Saaty

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância equivalente	Duas coisas contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância Moderada	Experiência e julgamento favorecem mais uma atividade em relação a outra.
5	Muito importante	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra.
7	Muito importante ou demonstra importância	Uma atividade é fortemente favorecida em detrimento da
9	Extremamente importante	A evidência que favorece uma atividade em detrimento da outra é do nível mais alto possível
2, 4, 6 e 8.	Valores intermediários	Utilizados como valores de consenso dos dois julgamentos

Fonte: Adaptado de Saaty e Sodenkamp

De acordo com Junior e Rodrigues (2012) o processo de decisão com base no método AHP pode ser descrito da seguinte forma em três estágios. No primeiro tem a estruturação da hierarquia de decisão, no segundo estágio ocorre a construção da matriz de comparação pareada, em que a matriz é construída, é feita verificações de consistência e definido o valor de importância de cada fator. Por fim, no terceiro estágio de priorização das alternativas e definição das classes de vulnerabilidade, é elaborada a priorização das alternativas e a classificação final.

Os problemas multicritérios envolvem objetivo, decisores, conjuntos de critérios de decisão, conjunto de alternativas, conjuntos de estados da natureza e consequências das decisões. A partir disso, nas decisões em grupo, as preferências de cada indivíduo pode ser combinada para uma decisão do grupo (Ben, 2006).

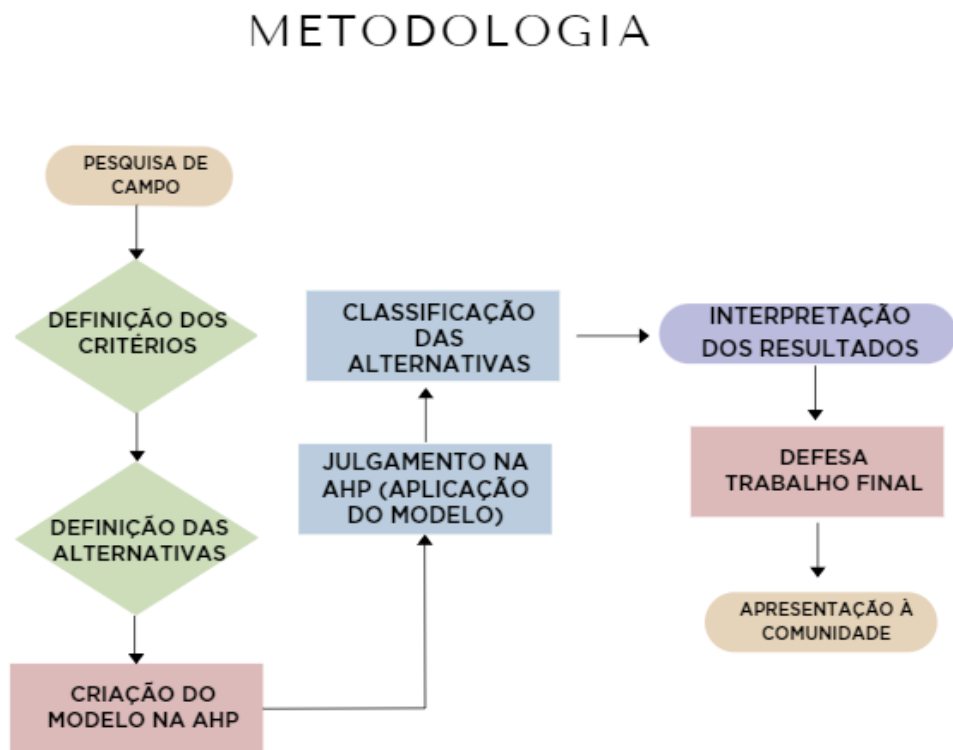
O uso da AHP reduz o estudo de sistemas extremamente complexos, a uma sequência de comparações aos pares de componentes devidamente identificados (Ben, 2006). Nesse estudo, para selecionar os critérios de decisão a serem utilizados para definir o melhor insumo para produção de bioinsumos, foi necessário consultar a comunidade Chapadinha para compreender o cenário e o interesse no processo de produção dos bioinsumos.

4. METODOLOGIA

Esse estudo tem como principal objetivo fornecer um suporte no processo de seleção de tecnologias e insumos sustentáveis para produção de bioinsumos em comunidades de assentamentos rurais, com intuito de colaborar para autonomia das comunidades rurais. Além disso, o trabalho tem como intuito aplicar o modelo ao pré-assentamento Chapadinha - Distrito Federal.

Nessa seção são apresentadas as etapas realizadas para criação do modelo, com base na metodologia multicritério de auxílio à tomada de decisão Analytic Hierarchy Process (AHP) conforme fluxograma apresentado abaixo:

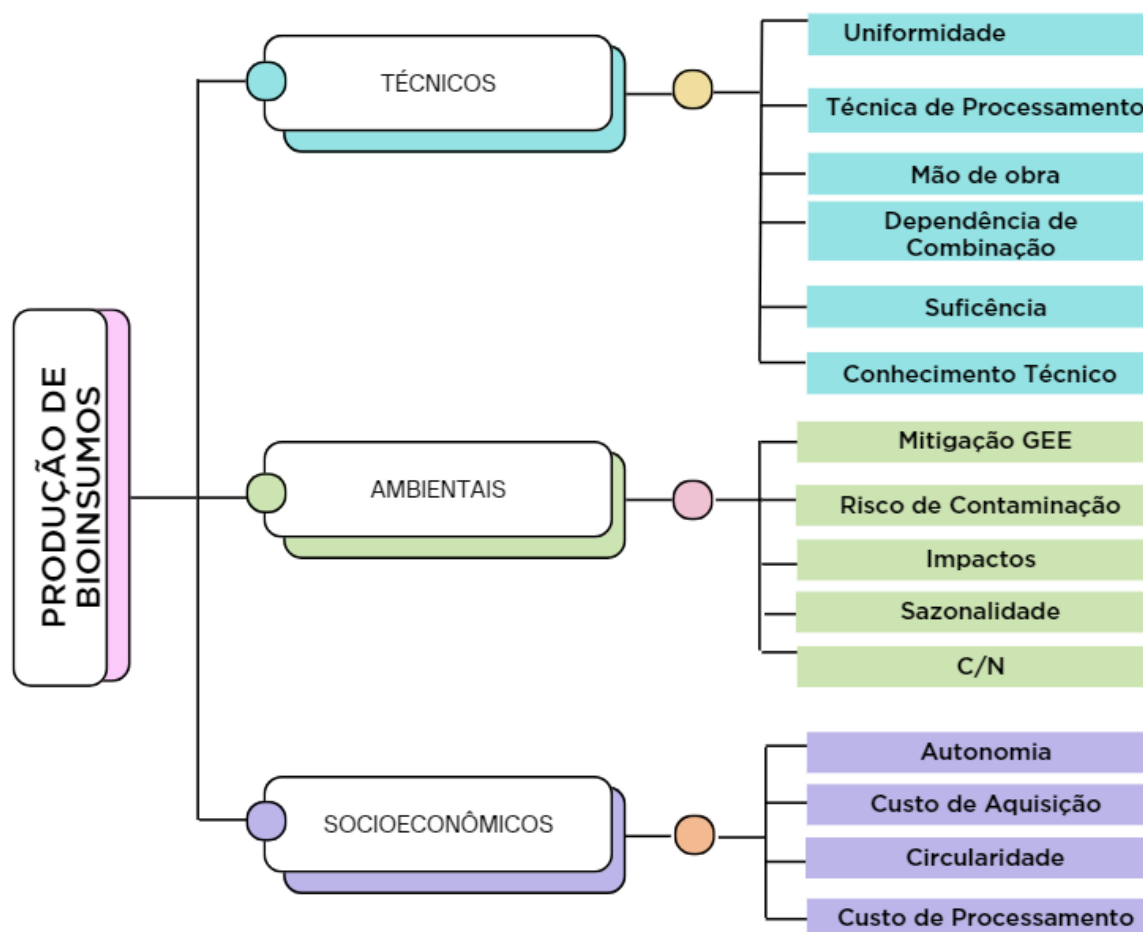
Figura 2 – Representação da Metodologia do presente estudo



Fonte: Elaborada pela autora

A primeira etapa do projeto consistiu na coleta de informações cujo objetivo era definir os insumos, alternativas técnicas e os critérios de decisão. Para isso, foram necessárias pesquisas de campo no pré-assentamento Chapadinha e participação em reuniões dos produtores e produtoras rurais, onde foram levantadas as necessidades, demandas, questões econômicas, ambientais, sociais e financeiras da comunidade. Dessa forma, foi possível organizar o modelo AHP, definido os critérios ponderados pela comunidade a serem avaliados com base na literatura. Na figura abaixo segue o fluxograma do modelo AHP construído no software.

Figura 3 – Fluxograma modelo AHP



Fonte: Elaborado pela autora

O modelo da AHP foi elaborado e inserido no software *AHP Online System - AHP-OS* (bpmsg.com), software online e gratuito. No software foi inserida as informações dos critérios ambientais, econômicos e sociais para produção dos bioinsumos. As etapas no software foram apresentadas nas figuras 2 e 3.

O programa pode ser utilizado em inglês, alemão, espanhol, português e turco. Além disso, exige a criação de um usuário para criar um projeto. Com o usuário feito, a primeira etapa é acessar a opção “Meus projetos AHP” sinalizado na figura 4.

Figura 4 - Representação *Software AHP-OS*

Sistema Online AHP - AHP-OS

Language: [English](#) [Deutsch](#) [Español](#) [Português](#) [Türkçe](#)

Donation (please "Send", not "Request"): paypal.me/ahpDonation

Tomada de decisão multicritério usando o processo analítico hierárquico

Esta **solução AHP gratuita** é uma ferramenta web de suporte no processo de tomada de decisão. Os programas podem ser úteis em seu trabalho diário para problemas de decisão simples e também apoiar complexos problemas de tomada de decisão. Participe de uma sessão de grupo e experimente [para exemplos práticos](#). Baixe o [quick reference guide](#) ou o [Manual AHP-OS](#). Para obter a funcionalidade completa, você precisa fazer o login. Por favor [faça seu cadastro](#) como novo usuário, se você ainda não tem uma conta. Seu acesso é gratuito!

1. [Meus projetos AHP](#)
2. [AHP Priority Calculator](#)
3. [AHP Hierarchies](#)
4. [Sessão do Grupo AHP](#)
5. [Group Consensus Cluster Analysis](#) (experimental)

Fonte: Elaborado pela autora

Em seguida, o programa redireciona para outra página para criar uma nova Hierarquia e solicita o texto da hierarquia que será elaborada. O presente estudo pretende estudar a melhor forma de produção de Bioinsumos com base em critérios técnicos, ambientais e socioeconômicos. Dessa forma o texto foi

“ Producao de Bioinsumo: Tecnico, Ambientais, SocaisEconomicos;
Tecnico: uniformidade, tecnicaProcessamento, maodeobra,
DependenciaCombinacao, Suficiencia, conhecimentoTecnico;
Ambientais: MitigacaoGEE, RiscoContaminacao, Impactos, Sazonalidade, CN;
SocaisEconomicos: Autonomia, CustoDeAquisicao, Circularidade,
CustoDeProcessamento;”

Figura 5 - Representação da construção do modelo no *Software AHP-OS*

Entrar/Editar Hierarquia

Entre ou edit seu texto na área de texto abaixo, depois clique em enviar. (See [examples](#))

```
AHP-Project: Crit-1, Crit-2, Crit-3;
```

Menu de entrada da Hierarquia

Enviar

Salvar/Atualizar

Download (.csv)

dec. comma

Resetar Prioridades

Resetar Tudo

Finalizar

Fonte: Elaborado pela autora

Após inserir o texto da hierarquia foi necessário salvar e finalizar. Então, as etapas de criação do modelo foram concluídas e as próximas foram relacionadas aos julgamentos na AHP no próprio software.

Desse modo, o próximo passo foi a definição do número de entrevistados. Para isso, foi estabelecido que seriam considerados os valores da razão de consistência (CR), do grau de consenso do grupo e da relação de homogeneidade, produzidos pelo software *AHP-OS online system*. Nesse sentido, para esse estudo, era preciso que o valor de CR estivesse dentro do padrão, menor que 0,1 e o grau de consenso e relação de homogeneidade altos.

Outrossim, para determinar a quantidade de colaboradores, foi observado o quórum em reuniões prévias de pesquisa de campo no pré-assentamento, em que o padrão era de 6 a 8 pessoas, que por várias razões, tempo, trabalho no campo, atividades para além da agricultura, não conseguiam comparecer nos encontros presenciais da comunidade. Dessa forma, foi definido que o número de entrevistados seriam de aproximadamente 6 pessoas.

Em seguida, a próxima etapa foi de julgamento dos critérios, momento que foi necessário ir ao pré-assentamento Chapadinha. Na ocasião, atuei como facilitadora utilizando o *software AHP-OS Online System* e os agricultores e agricultoras foram os julgadores/entrevistados. Entretanto, não foi preciso submeter ao comitê de ética, em razão do segundo o artigo nº1 da resolução CEP nº510/16, em que estabelece que não são registradas e nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP pesquisas de opinião pública com participantes não identificados, isto é:

“XIV – pesquisa de opinião pública: consulta verbal ou escrita de caráter pontual, realizada por meio de metodologia específica, através da qual o participante, é convidado a expressar sua preferência, avaliação ou o sentido que atribui a temas, atuação de pessoas e organizações, ou a produtos e serviços; sem possibilidade de identificação do participante;”

Após os julgamentos feitos na AHP, com os resultados analisados e interpretados, a última etapa consistiu na apresentação das conclusões obtidas por meio desse estudo para a comunidade Chapadinha. Para isso, será necessário elaborar um gráfico do desempenho dos insumos e a importância dos critérios técnicos, ambientais e socioeconômicos. O gráfico será representado pela legenda abaixo:

Quadro 3 - Legenda dos Gráficos de Desempenho dos Insumos

NÚMERO REPRESENTADO NO GRÁFICO	CRITÉRIO
1	Uniformidade
2	Técnica de Processamento
3	Mão de obra
4	Dependência de Combinação
5	Suficiência
6	Conhecimento Técnico
7	Mitigação dos Gases de Efeito Estufa
8	Risco de Contaminação
9	Impactos
10	Sazonalidade
11	C/N
12	Autonomia
13	Custo de Aquisição
14	Circularidade
15	Custo de Processamento

Os gráficos serão elaborados para evidenciar os seguintes aspectos:

- Quadrante Vermelho: indica os critérios que, se tiverem seu desempenho aprimorados, teriam um impacto significativo no desempenho final dos insumos, tornando-os estratégicos.
- Quadrante Amarelo: representa os critérios que têm uma prioridade média, seja por já apresentarem um bom desempenho ou por sua importância relativa ser menor.
- Quadrante Verde: destaca os critérios de baixa prioridade, pois, apesar de já terem um bom desempenho, possuem pouca relevância no impacto geral.

As alternativas a serem avaliadas foram definidas com base nas visitas ao pré-assentamento Chapadinha e na participação em reuniões dos agricultores e agricultoras. A partir desse levantamento, foram listados os potenciais insumos para produção de bioinsumo a serem analisados nesta pesquisa, para serem complementados e então discutidos e analisados a partir dos interesses dos produtores. Com isso as alternativas foram:

Quadro 4 - Insumos e suas origens

Insumo	Origem
Cama de Frango	Comprada
Borra de Café	Doação Câmara dos Deputados
Esterco Bovino/equino	Comprado
Margaridão	Cultivo próprio
Gliricídia	Cultivo próprio
Podas de Árvore	Doação SEAGRI
Capim-elefante	Cultivo próprio
Cana-de-açúcar	Cultivo próprio

Após o julgamento dos agricultores e a agricultoras no software e o levantamento das alternativas a serem avaliadas, foi feita uma revisão bibliográfica das alternativas para analisar os insumos de acordo com os critérios.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. COLETA DE INFORMAÇÕES E DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Na primeira etapa, onde foram feitas as pesquisas de campo no pré-assentamento Chapadinha, foi possível obter informações sobre a comunidade, as necessidades, limitações e, com isso, foram definidos a técnica de compostagem, os insumos e os critérios para serem avaliados no modelo da AHP.

Em relação às técnicas de compostagem, o método Bokashi, leiras, vermicompostagem, são alternativas para produção de bioinsumos que apresenta benefícios para melhorar a fertilidade do solo, crescimento das plantas, entre outros. Entretanto, a comunidade deu preferência à técnica que fosse de mais baixo custo e fácil acesso, que pudesse dar maior autonomia para os agricultores e agricultoras. Nesse contexto, a comunidade optou pelo método de compostagem tradicional, usando aeração passiva ou com pequenas reviravoltas, que, embora seja mais lento, é de baixo custo operacional e de capital.

Além disso, durante as pesquisas de campo e participação em reuniões, foi possível fazer um levantamento dos interesses da população, da disponibilidade financeira e de insumos. Com relação aos insumos de interesse da comunidade para produção de bioinsumo, a comunidade sugeriu as alternativas definidas no quadro 4.

Vale destacar que, para garantir um insumo mais homogêneo e reduzir os riscos de contaminação, a comunidade decidiu não utilizar resíduos orgânicos provenientes do lixo doméstico e de restaurantes.

Com base nisso, foi necessário optar por uma tecnologia que fosse compatível com os insumos escolhidos por eles e fosse mais acessível econômica, social e ambientalmente. Nessa perspectiva, a calculadora AHP foi construída com base na tecnologia compostagem em leiras com aeração por revolvimento.

Então, com essas etapas desenvolvidas, o modelo foi elaborado e inserido no software *AHP Online System - AHP-OS* (bpmsg.com), software online e gratuito.

5.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DECISÃO

A agricultura familiar valoriza a terra e se destaca na questão ambiental, pela preocupação com o meio ambiente e uso de técnicas alternativas para produzir e minimizar os danos à terra e os outros recursos naturais como, por exemplo, sistema orgânico de produção. A produção orgânica tem desafios como outra atividade, principalmente, logística e na comercialização dos produtos, pouca experiência e informação técnica, ausência de crédito específico para agricultura orgânica, problemas no controle de pragas e doenças, carência de assistência técnica (Shimada et al., 2018).

Com base nos desafios e pilares fundamentais da agricultura familiar e diálogos com a comunidade do pré-assentamento Chapadinha, foram definidos os critérios de decisão. Os critérios foram divididos entre técnicos, ambientais e socioeconômicos.

5.2.1 TÉCNICOS

Os critérios técnicos foram desenvolvidos conforme o procedimento adotado na produção de bioinsumo, a complexidade das técnicas, quantidade, as características físicas do insumo.

Para a definição dos critérios, foram adotados os valores de referência estabelecidos pela “Circular Técnica da Embrapa”, que recomenda uma aplicação de composto orgânico nos canteiros entre 3 a 7 kg/m². Optou-se por utilizar um valor médio de 5 kg/m².

No território de Chapadinha, a área total dos cooperados foi de 53.000 m². Com base nisso, para atender às necessidades dos agricultores e agricultoras da região, seria necessário um total de 265 toneladas de adubo orgânico. É importante notar que este cálculo assume que não haverá perdas no volume do adubo.

Dentro dos critérios técnicos, foram avaliados: uniformidade, técnica de manuseio/processamento, suficiência, mão-de-obra, dependência de combinação, suficiência e conhecimento técnico.

O critério “Uniformidade” foi determinado com base no interesse dos agricultores e agricultoras para obter um bioinsumo mais homogêneo, seja em características químicas e/ou físicas. Com isso, a uniformidade foi definida conforme a homogeneidade dos insumos, por exemplo, se são processados sempre da mesma forma e possuem as mesmas características e propriedades. Portanto, a escala para esse critério foi definida como:

Tabela 1 – Escala do Critério Uniformidade

Porcentagem	Definição
0%	Insumo não homogêneo.
33,3	Insumo não homogêneo, necessário passar por um processo de triagem.
66,6%	Insumo parcialmente homogêneo, características químicas e físicas variam segundo a origem e/ou processamento.
100%	Insumo homogêneo.

O critério “Técnica de Processamento/Manuseio” foi definido conforme a grau de complexidade do insumo para produção de bioinsumo, isto é, a quantidade ou complexidade dos equipamentos utilizados para produzir o bioinsumo a partir de cada insumo. Por exemplo, se o insumo exige uso de equipamentos como triturador ou se apenas o uso de uma peneira e uma pá para aerar.

Tabela 2 – Escala do Critério Técnica de Processamento/Manuseio

Porcentagem	Definição
0%	Grau de complexidade da técnica é alto, necessário passar por um processo de pré-tratamento e exige uso de equipamentos mais complexos.
33,3%	Grau de complexidade da técnica é alto, exige uso de equipamentos mais complexos.
66,6%	Grau de complexidade da técnica de processamento moderado exige equipamentos mais simples, podendo utilizar mais complexos para melhor eficiência.
100%	Grau de complexidade da técnica de processamento baixo, não utiliza equipamentos mais complexos na produção do bioinsumo.

O critério de “Suficiência” está relacionado com o volume suficiente para atender a demanda da comunidade. Portanto, é baseado na estimativa do insumo utilizado, considerando se é possível calcular com base nos dados de área disponível, biomassa e quantidade gerada, ou se é independente e constante ao longo do ano. Para os insumos que serão cultivados, foram considerados a biomassa de cada insumo e a área disponível para cultivo no pré-assentamento Chapadinha, que é de 2 hectares.

Tabela 3 – Escala do Critério Suficiência

Porcentagem	Definição
0%	Dados da quantidade do insumo não são constantes o suficiente para atender a demanda da comunidade e área de produção insuficiente.
33,3%	Dados da quantidade do insumo inconstantes e insuficientes, mas a área de produção seria suficiente.
66,6%	Dados da quantidade do insumo constantes o suficiente para atender a demanda da comunidade, mas área de produção é insuficiente.
100%	Dados de quantidade do insumo constantes, independente da área ou área suficiente.

O critério “Mão de Obra” foi definido segundo o nível de dependência do insumo em relação à mão de obra durante todo o processo, desde a preparação do insumo, durante todo o método da compostagem até o bioinsumo pronto. Então, foi feita a classificação do insumo com base na necessidade do uso de mão de obra intensiva ou moderada, ou nenhuma, conforme sua técnica de manuseio.

Tabela 4 – Escala do Critério Mão de Obra

Porcentagem	Definição
0%	O insumo necessita de mão de obra mais intensiva antes e durante todo o processo de compostagem, desde a preparação do insumo.
33,3%	O insumo necessita de mão de obra moderada durante todo o processo de compostagem e na sua preparação.
66,6%	O insumo necessita de mão de obra moderada durante todo o processo de compostagem.
100%	O insumo necessita de pouca mão de obra e apenas durante o processo de compostagem.

O critério “Conhecimento Técnico” refere-se ao conhecimento dos agricultores e agricultoras em relação às práticas de manejo do insumo na compostagem e de cultivo. Portanto, se a comunidade tem conhecimento no cultivo e na produção de bioinsumos com o insumo específico.

Tabela 5 – Escala do Critério Conhecimento Técnico

0%	Os agricultores e agricultoras não têm conhecimento/experiência das práticas de compostagem com o insumo.
33,3%	Os agricultores e agricultoras têm conhecimento sobre o insumo, sobre seu cultivo apenas. Mas não sobre as práticas de compostagem e manuseio do insumo.
66,6%	O insumo é comum entre os agricultores e agricultoras, mas não têm conhecimento/prática sobre o seu uso na produção de bioinsumo.
100%	O insumo é conhecido pelos agricultores e agricultoras, têm conhecimento sobre as qualidades e característica e propriedades e sobre a prática de produção de bioinsumo com o insumo em questão.

O critério “Dependência de Combinação com Outros Insumos” refere-se ao grau de necessidade de integrar o insumo em estudo com outros componentes para a produção do bioinsumo, devido à sua composição específica. Então, essa classificação foi feita segundo as propriedades dos insumos, onde o uso do insumo é não recomendado quando tem risco de produção de gases de efeito estufa e atração de pragas, por exemplo (Oliveira et al., 2023). Além disso, pode ser classificado como produção desafiadora quando tem altos níveis de carbono e tornaria o processo lento. Ademais, sua combinação pode ser apenas para otimizar o processo de produção de bioinsumo. Por fim, sua combinação pode não ser necessária, devido sua composição.

Tabela 6 – Escala do Critério Dependência de combinação

Porcentagem	Definição
0%	A produção do bioinsumo apenas com o insumo não é recomendada.
33,3%	A produção de bioinsumo apenas com o insumo é desafiadora.
66,6%	O insumo combinado com outros permite uma otimização do processo de produção de bioinsumo.
100%	O insumo não necessita de combinações na produção de bioinsumo.

5.2.2 CRITÉRIOS AMBIENTAIS

Os critérios ambientais foram elaborados segundo os impactos, composição química, características e propriedades físicas. Nesse contexto, os critérios foram mitigação dos gases de efeito estufa, risco de contaminação, impactos, sazonalidade e relação carbono/nitrogênio.

Os impactos das mudanças climáticas torna imprescindível transformações e mudanças. Nesse contexto, a mitigação de gases de efeito estufa (GEE) surge como a forma que o ser humano poderia reduzir as emissões de gases de efeito estufa e, com isso, consolidar as remoções sumidouros de carbono, tais como florestas e oceanos. Diante disso, o critério de mitigação de GEE foi estabelecido:

Tabela 7 – Escala do Critério Mitigação dos Gases de Efeito Estufa

Porcentagem	Definição
0%	O insumo não contribui direta e indiretamente no processo de mitigação dos gases de efeito estufa.
33,3%	O insumo contribui indiretamente no processo de mitigação dos gases de efeito estufa.
66,6%	O insumo auxilia no processo de mitigação dos gases de efeito estufa em poucas quantidades, mas emite em quantidades mínimas.
100%	O insumo auxilia no processo de mitigação dos gases de efeito estufa e não emite gases de efeito estufa

O critério “Risco de contaminação” é relacionado ao risco de contaminação apresentado a qualidade do bioinsumo a partir do insumo avaliado, determinado conforme as suas propriedades. Essa contaminação pode ser, por exemplo, por patógenos, transgênicos, sementes de ervas daninhas, microrganismos.

Tabela 8 – Escala do Critério Risco de Contaminação

Porcentagem	Definição
0%	O insumo apresenta alto risco de contaminação para a qualidade do bioinsumo produzido por ele.
33,3%	O insumo apresenta médio risco de contaminação para a qualidade do bioinsumo produzido por ele.
66,6%	O insumo apresenta baixo risco de contaminação para a qualidade do bioinsumo produzido por ele.
100%	O insumo apresenta nenhum risco para qualidade do bioinsumo produzido por ele.

A legislação brasileira define impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica. Nesse sentido, o critério impacto ambiental para este estudo foi considerado nos casos em que o insumo gera algum tipo de impacto ambiental ou estresse negativo no meio ambiente. Então, a escala obtida foi entre os possíveis impactos positivos e negativos como, por exemplo, impactos na biodiversidade, recuperação do solo, entre outros.

Tabela 9 – Escala do Critério Impacto Ambiental

Porcentagem	Definição
0%	O insumo causa impactos ambientais no território, apenas negativos e irreversíveis.
33,3%	O insumo causa apenas impactos ambientais negativos no território, mas são reversíveis.
66,6%	O insumo causa impactos ambientais no território, negativos e positivos.
100%	O insumo causa apenas impactos positivos.

Um dos fatores que influenciam na agricultura é a sazonalidade. Nesse contexto, a sazonalidade está relacionada à produção de um insumo que pode ocorrer em períodos de tempos específicos. Portanto, se estará disponível durante o ano todo ou apenas em um período específico. Nesse sentido, a sazonalidade foi definida como:

Tabela 10 – Escala do Critério Sazonalidade

Porcentagem	Definição
0%	Sem previsão exata sobre a disponibilidade do insumo.
33.3%	O insumo está disponível apenas em uma única estação.
66,6%	O insumo está disponível em mais de uma das estações do ano.
100%	O insumo está disponível em todas as estações/épocas do ano.

Para a compostagem ser efetiva, é necessário que o parâmetro Carbono/Nitrogênio seja próxima de 30/1. Nessa perspectiva, conforme a importância desses nutrientes para o processo, o critério C/N foi apresentado como:

Tabela 11 – Escala do Critério Carbono/Nitrogênio

Porcentagem	Definição
0%	C/N muito distante do valor de 30:1.
33,3%	C/N próximo de 50:1.
66,6%	C/N próximo do valor de 15:1.
100%	C/N próximo do valor de 25:1.

5.2.3 CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS

Os critérios socioeconômicos foram desenvolvidos baseados nos princípios da agricultura familiar, na sustentabilidade e nos valores econômicos das alternativas. Com isso essa categoria apresentou autonomia, custo de aquisição, circularidade e custo de processamento como os critérios.

A “Autonomia” é um conceito pilar da agricultura familiar, diante disso, esse critério foi criado a partir do nível de autonomia que o insumo possibilitaria aos agricultores e agricultoras familiares.

Tabela 12 – Escala do Critério Autonomia

Porcentagem	Definição
0%	O uso do insumo não traz autonomia para os agricultores e agricultoras familiares.
33,3%	O uso do insumo não traz autonomia suficiente para os agricultores e agricultoras familiares, dependendo sempre de suporte externo e do mercado externo.
66,6%	O uso do insumo traz autonomia para comunidade, mas não possibilita independência total.
100%	O uso do insumo traz autonomia para a comunidade, permite uma independência.

O “Custo de Aquisição” está relacionado com os custos relativos à compra dos insumos, portanto, ao valor econômico para obtenção da quantidade necessária de insumo. Sua classificação variou entre custo muito alto ao custo baixo ou inexistente.

Tabela 13 – Escala do Critério de Aquisição

Porcentagem	Definição
0%	Custo de aquisição muito alto, necessidade de adquirir todo ciclo do processo de produção de bioinsumo.
33,3%	Custo de aquisição alto, necessidade de adquirir mais de uma vez para atender a demanda de bioinsumo da comunidade Chapadinha.
66,6%	Custo de aquisição médio, associado ao custo das mudas com possibilidade de serem adquiridas por meio de doação.
100%	Não existe custo de aquisição associado ao insumo/custo pouco expressivo.

O critério “Custo de processamento” é apresentado está associado ao valor econômico do processamento. Nesse contexto, está relacionado ao custo dos equipamentos utilizados no preparo ou manuseio do próprio insumo na compostagem. Por exemplo, se existe a necessidade de utilizar muitos equipamentos complexos como trituradores ou mais simples, apenas para aerar a pilha.

Tabela 14 – Escala do Critério Custo de Processamento

Porcentagem	Definição
0%	Custo de processamento muito alto, insumo exige uso de equipamentos complexos.
33,3%	Custo de processamento alto, insumo exige uso de equipamentos complexos, mas de fácil aquisição.
66,6%	Custo de processamento médio, não necessariamente faz uso de equipamentos mais complexos.
100%	Custo de processamento baixo, insumo não necessita de equipamentos complexos na produção do bioinsumo.

A “circularidade” está relacionada com o conceito de economia circular, no modelo de produção que pretende a reutilizar os bens, materiais e serviços para estender o ciclo de vida dos recursos e reduzir os desperdícios. Diante disso, esse critério foi definido com base na especificidade de cada insumo, na sua influência na geração ou aproveitamento de resíduos.

Tabela 14 – Escala do Critério Circularidade

Porcentagem	Definição
0%	O insumo não contribui para circularidade das cadeias de produção e aumenta a produção de resíduos.
33,3%	O insumo não contribui para circularidade das cadeias de produção.
66,6%	Indiferente para a circularidade dos processos produtivos.
100%	O insumo contribui para circularidade das cadeias de produção da região e o corrobora com a economia circular.

5.3. APLICAÇÃO DO MODELO NO PRÉ-ASSENTAMENTO CHAPADINHA-DF

Com os critérios criados, a etapa seguinte consistiu na elaboração do modelo AHP, detalhado na metodologia, no software Sistema Online AHP – AHP-OS. Além disso, conforme o Art. 1 da Resolução CEP n 510/2016, que não registradas e avaliadas pelo sistema CEP/CONEP pesquisas de opinião pública com participantes não identificados que utilizam metodologia específica. Então, com modelo pronto, a etapa seguinte foi de julgamento da AHP com a comunidade do pré-assentamento Chapadinha.

Nas entrevistas feitas com a comunidade, em um primeiro momento foram apresentadas mais informações sobre o projeto e esclarecimentos sobre os critérios. Após as explicações, os colaboradores julgaram os critérios em pares e definiram na escala de 1 a 9 o grau de importância para o critério mais importante no software. Com base na priorização feita pelos

agricultores e agricultoras, o programa analisa a consistência dos julgamentos e gera a distribuição dos critérios segundo a prioridade representada na **figura 6**.

Com os julgamentos realizados, o programa determina o grau de consenso do grupo e relação de homogeneidade, classificados em muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto e varia de 0 a 100%. Além disso, o software determina a razão de consistência (CR) do grupo. Esse parâmetro é importante para definir se os julgamentos estão se repetindo e, portanto, que as respostas têm um grau de representatividade do grupo. Em amostras reduzidas, esse parâmetro sinaliza a necessidade de ampliar a amostra quando o grau de consenso é baixo.

Nesse estudo, foram entrevistadas 7 agricultores e agricultoras, entretanto, um dos 7 colaboradores apresentou julgamento muito discrepante em relação aos julgamentos do grupo, considerado um *outlier*. Nesse contexto, após análises dos resultados gerados pelo software, foi preciso eliminar o resultado que diminuiria o grau de consenso e a relação de homogeneidade da AHP.

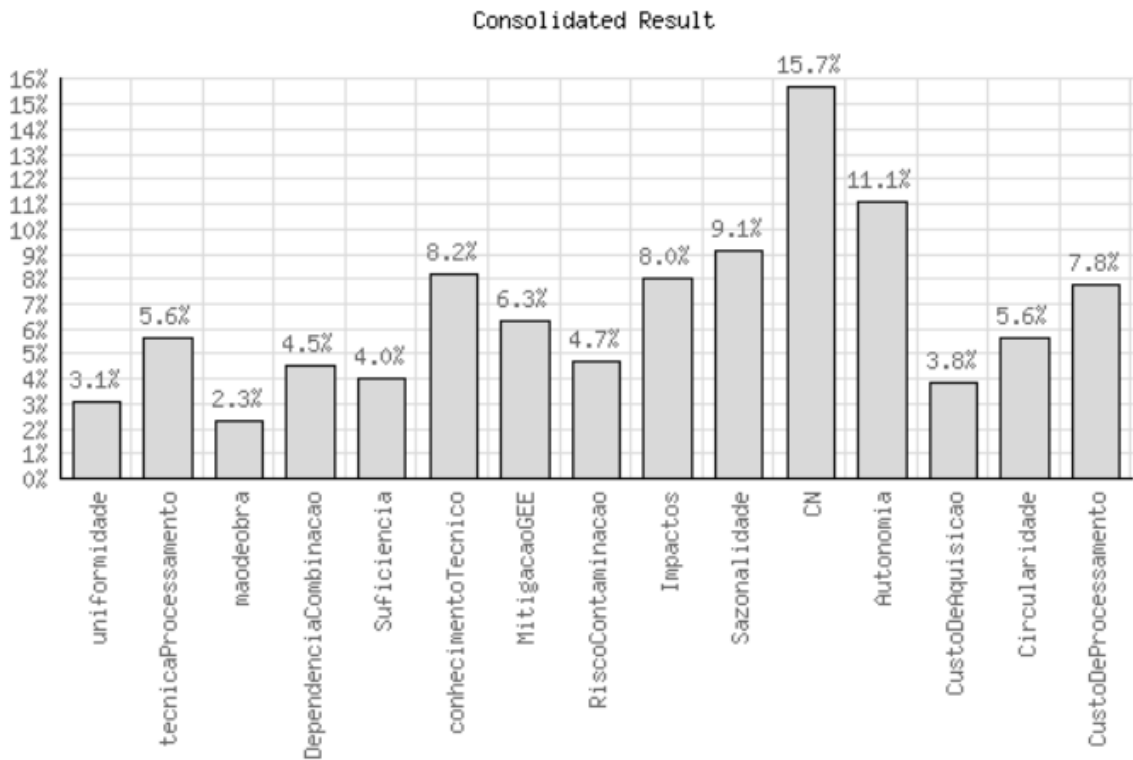
Então, com os 6 entrevistados, o estudo obteve grau de consenso de 78,3% e a relação de homogeneidade foi de 82,7%, estabelecido como alto. Ademais, o CR foi de 2,4%, o ideal é que seja abaixo de 0,1, portanto, está dentro do padrão.

Dessa forma, foi possível concluir que os 6 agricultores e agricultoras entrevistados foram o suficiente para compor a amostra. Ademais, para cada nó da hierarquia, o AHP-OS especifica a razão de consistência (CR) e o grau de consenso. A partir disso, os resultados foram:

Quadro 5 - Classificação de cada Nó da hierarquia

CRITÉRIO	CONSENSO DO GRUPO	CR	CLASSIFICAÇÃO
Produção de bioinusmo	73,1%	2%	Moderado
Técnico	78,7%	1,5%	Alto
Ambientais	86,8%	2,4%	Alto
Socioeconômicos	83,6%	1%	Alto

Figura 6 – Representação do Resultado no *Software AHP-OS*



Fonte: *Software AHP- OS*

A partir das respostas, foi possível concluir que os critérios C/N (Carbono e Nitrogênio), Autonomia, Sazonalidade, Conhecimento Técnico, Impactos e Custos de Processamento são os critérios prioritários no momento de tomar decisão na produção dos bioinsumos para comunidade Chapadinha. Em contrapartida, a mão de obra foi definido como o critério menos importante para os agricultores e agricultoras para considerar na produção de bioinsumos, peso menor. Diante disso, o software ainda indica o peso segundo as prioridades estabelecidas, os pesos relativos que, com isso, é formada a hierarquia de decisão apresentadas nas tabelas X, Y e Z abaixo.

Em relação aos critérios técnicos, o software calculou que o peso atribuído para essa categoria pela comunidade foi de 27,7%, desse modo, o peso relativo de cada critério foi obtido com base nisso. Já os critérios ambientais, a comunidade concedeu um peso maior de 43,9%,

então, os pesos relativos de cada critério dessa categoria apresentaram resultados diferentes. Por fim, os critérios socioeconômicos, teve o peso de 28,4 fornecido pelos agricultores e agricultoras, assim, os pesos relativos de cada critério foram distintos.

Quadro 6 - Critérios técnicos e os pesos associados

PRODUÇÃO DE BIOINSUMO	
CRITÉRIOS TÉCNICOS	Peso Relativo para cada critério com base no peso da categoria (global)
Uniformidade	3,1%
Técnica de Processamento	5,6%
Mão de Obra	2,3%
Dependência de Combinação	4,5%
Suficiência	4%
Conhecimento Técnico	8,2%

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados de análise do software AHP-OS

Quadro 7 - Critérios Ambientais e os pesos associados

PRODUÇÃO DE BIOINSUMO	
CRITÉRIOS AMBIENTAIS	Peso Relativo para cada critério com base no peso da categoria
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	6,3%
Risco de Contaminação	4,7%
Impactos	8%
Sazonalidade	9,1%
C/N	15,7%

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados de análise do software AHP-OS

Quadro 8 - Critérios Socioeconômicos e os pesos associados

PRODUÇÃO DE BIOINSUMO	
CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS	Peso Relativo para cada critério com base no peso da categoria
Autonomia	11,1%
Custo de Aquisição	3,8%
Circularidade	5,6%
Custo de Processamento	7,8%

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados de análise do software AHP-OS

Com base nos pesos atribuídos aos critérios pelos agricultores e agricultoras da comunidade Chapadinha, a próxima etapa envolveu a avaliação das alternativas para a produção de bioinsumos. Após essa análise, foram obtidos os resultados que refletem o desempenho de cada alternativa. A equação para cálculo de análise de desempenho foi igual a soma do peso relativo para cada critério (P) conforme obtido na análise do *software* AHP-OS multiplicado por desempenho de cada critério (D) para cada alternativa dividido por cem. Portanto:

$$\text{Desempenho da alternativa} = \frac{P_i \times D_i + P_j \times D_j + P_k \times D_k + (...)}{100}$$

Equação 1 – Desempenho da Alternativa

5.4 AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Em visitas ao pré-assentamento Chapadinha e participação em reuniões dos agricultores e agricultoras, foi feita uma pesquisa sobre potenciais interesses de insumos para produção de bioinsumos juntamente com a comunidade. A partir desse levantamento e com base no modelo construído na AHP as alternativas foram avaliadas de acordo com a literatura e a escala desenvolvida.

5.4.1. MARGARIDÃO

Na agricultura orgânica se utiliza os recursos locais para aumentar a eficiência agrícola. Nesse setor, o uso de pesticidas e fertilizantes sintéticos são evitados e, para manter a fertilidade do solo, dependem do controle biológico das pragas, adubação verde, rotação de culturas, adubação verde, compostos e reciclam resíduos. No solo, a matéria orgânica permite o armazenamento de nutrientes e de água, portanto, auxilia na estabilização do solo e influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos e o crescimento das plantas (Setyowati, et al., 2018).

A adubação orgânica é essencial para o desenvolvimento da agricultura sustentável, em que há a reciclagem de nutrientes provenientes da matéria orgânica. A matéria orgânica usada na compostagem é proveniente da decomposição de materiais vegetais, animais e micróbios, provenientes de diferentes fontes como, por exemplo, resíduos agrícolas. Além disso, há plantas de rápido crescimento como a titônia ou margaridão que, como fonte de biomassa, concede melhorias na fertilidade do solo e auxilia indiretamente no crescimento das plantas (Setyowati et al, 2018).

O margaridão (*Tithonia diversifolia*) é um arbusto perene de origem da América Central, uma espécie que pode se adaptar em diferentes ambientes, distribuída pelo mundo, especialmente nas zonas tropicais e subtropicais da América, África e Ásia. Além disso, essa espécie foi considerada invasora por estar presente em diferentes ecossistemas e associadas a desequilíbrios ecológicos (Sampaio et al., 2016).

O margaridão, *Tithonia diversifolia*, foi possivelmente introduzida pela África Ocidental como um planta para ser utilizada na ornamentação, uma planta daninha anual que cresce até 2,5 metros. Essa espécie possui alta adaptabilidade na maioria dos solos, tem concentrações altas de nutrientes, extrai quantidades altas de substâncias nutritivas do solo (Noel et al., 2013). Essa espécie é citada como uma espécie tolerante ao calor e à seca, floresce o ano todo e pode ser utilizada como, por exemplo, cerca viva e quebra-ventos (Radomski, 2018).

Na adubação verde, o seu uso é para restaurar a fertilidade do solo, aumentar a produtividade das culturas na técnica de ciclos curtos. E as altas concentrações foliares de nitrogênio, fósforo e potássio são disponibilizados para as plantas na decomposição.

Com relação ao seu manejo, em comparação às outras espécies de leguminosas, utilizadas na produção de biomassa, o margaridão tem o crescimento rápido e menos exigências no cultivo. Entretanto, embora a espécie tenha benefícios, é considerada uma espécie de planta invasora de maior preocupação em nível mundial (Radomski, 2018).

O margaridão é considerado uma planta invasora por seu potencial de conquista de novas áreas e a dificuldade em controlar a espécie. A produção de biomassa verde dessa espécie na região dos trópicos é de até 31,5 ha⁻¹, com cortes a cada 50 dias. Além disso, sua produtividade é de cerca de 4,80 toneladas de MS ha⁻¹ por corte, na idade de rebrota de 70 dias. E em um estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018), o parâmetro Carbono/Nitrogênio da espécie foi de 14,31.

Essa biomassa é utilizada como insumo, por exemplo, para compostagem, porém a proporção Carbono/Nitrogênio (C/N) resultante é mais baixa do que a recomendada. Além disso, o teor de umidade alto dessa biomassa pode inibir a circulação de oxigênio e pode causar diminuir os nutrientes presentes no composto produzido (Pelú et al., 2020).

Em um estudo realizado por Guimarães et al (2015), foi avaliado a qualidade nutricional do composto orgânico usando biomassa verde de folhas frescas de margaridão e outras espécies. Neste estudo, a biomassa proveniente do margaridão apresentou quantidades de macronutrientes, especialmente o Nitrogênio (N) e o Potássio (K).

A *Tithonia diversifolia* tem grande capacidade de rebrota, com crescimento lento até 60 dias, com taxa de crescimento de 1,0 cm/dia, 2,5 cm/dia de 60 a 100 dias e 3,5 cm/dia acima de 100 dias. A densidade de plantio e o arranjo no espaço influenciam na competição entre as plantas por luz, água e nutrientes. Em um estudo realizado por apud Silva et al (2018) obteve massa seca nos dias de rebrota de 14 a 28 Mega grama/hectares para os 100 e 145 dias (Val, 2019).

Na compostagem do margaridão é preciso separar as folhas, prontas para serem compostadas, e os ramos que deverão passar por um processo de trituração. Para isso, será necessária a utilização de uma tesoura da de jardinagem, para cortar as folhas, e serra de poda para os ramos mais grossos. Após essa etapa, os ramos mais grossos poderão ser triturados, para facilitar o processo de compostagem, para em seguida serem compostados.

Com o material todo para ser compostado, os equipamentos necessários são uma pá ou garfo para revirar a pilha e uma peneira para separar o composto pronto dos materiais que continuam no processo de decomposição. Nesse contexto, durante todo o processo de produção

do bioinsumo o margaridão faz uso de mão de obra, desde o seu cultivo, processo de pré-compostagem, na separação e corte das folhas e dos ramos mais grossos, manuseamento do triturador, até o processo de compostagem em si.

Além disso, na etapa de montagem da pilha ou das leiras de compostagem, os insumos necessitam ser dispostos em camadas, intercaladas, baixa relação carbono/nitrogênio e alta relação carbono/nitrogênio, para permitir valores de C/N aceitáveis e aumentar a qualidade das pilhas. Diante disso, na compostagem do margaridão, devido a sua baixa relação C/N, combinado de outro insumo, poderia ter a compostagem mais rápida e eficiente, sem riscos de resultados negativos.

Outrossim, no pré-assentamento, o margaridão é um insumo já cultivado no território pré-assentamento Chapadinha, os agricultores e agricultoras têm conhecimento sobre o insumo e a sua compostagem. Como o insumo é plantado, colhido e pré-processada da mesma forma, não tem variedade na composição. Diante disso, na uniformidade, homogeneidade do bioinsumo produzido a partir do processo de compostagem do insumo em específico, a *Tithonia diversifolia* é considerada uniforme e o bioinsumo produzido a partir dela também.

Em relação à capacidade da espécie para a produção de bioinsumos, a quantidade disponível está bem abaixo das expectativas da comunidade, que demandava 265 toneladas de adubo orgânico. Com base no estudo de Alves (2019), que relatou uma produção de 3,5 a 28000 por hectare, adotou-se uma média de 15000 quilogramas por hectare para os cálculos. Assim, para obter as 265 toneladas de *Tithonia diversifolia* (margaridão) necessárias, seriam precisos aproximadamente 17 hectares. No entanto, como a produção de margaridão mostrou-se insuficiente para atender a demanda, será necessário combinar este recurso com outros insumos externos para suprir as necessidades da comunidade. Dessa forma, o insumo apresentou o seguinte desempenho para os critérios técnicos:

Quadro 9 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	100
Técnica de Processamento	66,6
Mão de Obra	33,3
Dependência de Combinação	66,6
Suficiência	66,6
Conhecimento Técnico	100

Com relação às mudanças climáticas e seus impactos, transformações se tornaram obrigatórias em diversos setores, incluindo a agricultura. Para enfrentar esse desafio, é fundamental adotar medidas que visem a mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) e a redução das emissões desses gases. Entre as estratégias eficazes estão a diminuição da queima de combustíveis fósseis, a redução do desmatamento e das queimadas, o manejo adequado do solo e o aumento do sequestro de carbono.

O sequestro de carbono é um processo pelo qual as plantas capturam o dióxido de carbono da atmosfera por meio da fotossíntese (Assad et al., 2019). Nesse contexto, a *Tithonia diversifolia* pode desempenhar um papel importante na mitigação dos gases de efeito estufa, devido à sua capacidade de realizar fotossíntese e contribuir para a remoção de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera.

No meio ambiente, esse insumo gera impactos ambientais positivos e negativos. Dentre os impactos negativos, destaca-se o fato de ser uma espécie exótica e invasora, e poder alterar a biodiversidade nativa do ecossistema. Porém, pode trazer impactos positivos como, por exemplo, controle da erosão e serviços ecossistêmicos.

Embora o margaridão seja classificado como uma espécie invasora, não há risco de contaminação associado ao bioinsumo produzido a partir dessa planta. Além disso, devido à sua resistência e versatilidade, o margaridão apresenta crescimento contínuo ao longo do ano em muitas regiões.

Essa espécie tem a proporção Carbono/Nitrogênio (C/N) em sua composição mais baixa do que recomendada para o processo de compostagem e produção de bioinsumo, conforme estudo realizado por Partey et al. (2014) o valor é de 14,31. Assim, o desempenho da alternativa para os critérios ambientais é apresentado a seguir:

Quadro 10 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	66,6
Risco de Contaminação	100
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	66,6

Na agricultura familiar, a busca por autonomia permite que agricultores e agricultoras permaneçam em um ambiente socioeconômico e político adverso, reduz ou elimina a dependência de insumos externos.

No caso da produção desse bioinsumo, o margaridão poderia ser cultivado diretamente pelos agricultores, assim, dispensaria necessidade de aquisição externa após seu cultivo inicial. O custo de processamento do bioinsumo dependerá dos equipamentos utilizados na preparação do composto, enquanto o custo de aquisição estará relacionado ao preço das mudas ou sementes. Portanto, os valores estimados seriam médio para o processamento, tendo em vista que será preciso adquirir equipamentos para triturar, mexer as pilhas e peneirar o composto. Os valores de aquisição seriam baixos ou inexistentes, devido já existirem mudas de margaridão no território e a espécie é de fácil rebrotamento.

No conceito de economia circular, que visa a reutilização de bens, materiais ou serviços para prolongar o ciclo de vida dos materiais e minimizar desperdícios, a *Tithonia diversifolia* não contribuiria diretamente para a circularidade dos materiais. Porém, o margaridão também não aumenta a produção de resíduos, é um insumo que seria reaproveitado. Nesse sentido, o desempenho da alternativa em relação aos critérios socioeconômicos foi:

Quadro 11 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	100
Custo de Aquisição	100
Circularidade	33,3
Custo de Processamento	66,6

A partir das interpretações e análises realizadas, e com base no peso atribuído pelos agricultores e agricultoras, foi possível determinar o desempenho da *Tithonia diversifolia*. O resultado obtido para este insumo foi de 77,2%.

5.4.2 GLIRICÍDIA

A compostagem consiste na decomposição controlada de matéria orgânica que tem como produto um material estável e em condições melhores favorável para agricultura. A aquisição de esterco de fontes externas para a prática de compostagem, pode ser inviável economicamente, insustentável. Nesse sentido, uma das formas de reduzir o uso dos estercos é através do uso de leguminosas para inoculação das pilhas dos compostos orgânicos (Silva et al., 2013).

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é uma espécie das leguminosas inoculantes que produz biomassa em baixas concentrações hídricas e com capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera (Ribeiro et al., 2010). A gliricídia é uma árvore que pode crescer 15 metros de altura e encontrada no México e na América Central. É uma árvore leguminosa de origem das florestas tropicais do México e América Central e também é cultivada em algumas áreas da América Central, África, Índia e algumas partes da Ásia.

A *Gliricidia sepium* é conhecida como uma árvore multifuncional devido a sua capacidade de adaptação em vários tipos de solo como, por exemplo, alcalino, ácido, arenoso, argiloso e calcário. Entretanto, prospera melhor em solos bem drenados e férteis, com acidez quase neutra e de textura média (Alamu et al., 2023).

Além disso, essa leguminosa, com capacidade para produzir biomassa com baixa disponibilidade hídrica, se apresenta como uma alternativa para reduzir a utilização de esterco no processo de compostagem. E também é usada como restaurador de solo por fixar nitrogênio e ter tolerância a solos com baixa fertilidade (Galante et al., 2023).

A gliricidia é definida como uma espécie invasora não agressiva, por necessitar de muita luz, essa espécie dificilmente invadiria espaços de comunidades vegetais densas. As árvores leguminosas com crescimento rápido são valorizadas para os agricultores e podem aprimorar a produtividade do solo. Nesse contexto, agricultores com menores recursos se beneficiam economicamente no uso da leguminosa no aumento da produtividade das colheitas, em razão da redução da demanda por fertilizantes minerais que, geralmente, são de alto custo.

Essa espécie é utilizada em diversas práticas agroflorestais para aprimorar o rendimento e a composição nutricional de culturas alimentícias. As árvores e as folhas da gliricídia são usadas como cobertura, melhoram a fertilidade do solo e o rendimento de grãos como, por exemplo, de milho. Quando consorciadas, pode ter grande impacto na fixação de componentes de nitrogênio no solo, auxilia no sequestro de carbono no solo, diminui os impactos negativos dos metais pesados e propicia o desenvolvimento melhor das culturas.

Além desses benefícios, a gliricídia possui propriedades anti-inflamatórias em suas folhas e contribui para um ambiente mais sustentável ao diminuir a necessidade de produtos químicos que liberam gases de efeito estufa na atmosfera no setor agrícola (Alamu et al., 2023).

O uso da dessa espécie em sistemas agroflorestais é destacado por sua notável adaptabilidade a diversos tipos de solo e sua resistência a altos níveis de estresse salino. A capacidade da gliricídia de se regenerar rapidamente após condições adversas é evidenciada pela produção de novas folhas cerca de duas semanas após a perda completa da folhagem devido a estresse salino severo.

Além de suas qualidades adaptativas, as árvores leguminosas de crescimento rápido, como a *Gliricidia sepium*, são de grande valor para os agricultores tropicais, uma vez que melhoram a produtividade do solo sem a necessidade de insumos agrônômicos extensivos. As folhas e a biomassa da espécie, quando usadas de várias formas, podem desempenhar um papel

importante na melhoria da fertilidade do solo. Esse benefício é demonstrado através dos parâmetros como, por exemplo, o aumento do carbono total, a elevação dos níveis de nitrogênio e o aumento da disponibilidade de fósforo, entre outros indicadores (Alamu et al., 2023)

No pré-assentamento Chapadinha, a gliricídia, assim como o margaridão, seria cultivada diretamente pelos agricultores e agricultoras, colhida, processada do mesmo modo em todo ciclo de produção do bioinsumo. A partir dessa informação, foi feita a avaliação do insumo em relação ao critério “Uniformidade”, cuja composição foi classificada como uniforme.

Para produzir bioinsumo a partir da *Gliricidia sepium*, o processo inicial envolve o uso de tesouras de jardinagem e serras de poda para separar as folhas dos ramos. As folhas e ramos devem então ser triturados: as folhas podem ser picadas com um picador de folhas, enquanto os ramos mais grossos necessitam de um triturador especializado. Após a trituração, o material está pronto para a compostagem.

Durante a compostagem, são necessários equipamentos adicionais, como uma pá ou garfo para misturar e aerar a pilha, e uma peneira para separar o composto pronto dos materiais ainda em decomposição. Portanto, para produzir bioinsumo a partir da gliricídia, será necessário fazer uso da mão de obra durante todo o processo, desde a preparação do insumo.

As leguminosas demonstram um significativo potencial para uso na compostagem, com destaque para a gliricídia. Isso se deve à sua capacidade de gerar uma grande quantidade de biomassa mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica e à sua habilidade de fixar nitrogênio atmosférico. Quando utilizada como adubo verde, a gliricídia pode promover melhorias nos atributos químicos e físicos do solo. Portanto, é razoável supor que ela possui um alto potencial para aplicação na compostagem, contribuindo assim para a qualidade do solo e a sustentabilidade dos processos agrícolas. A relação carbono/nitrogênio dessa espécie é de 22 (Silva et al., 2013).

Essa espécie é particularmente rica em nutrientes, especialmente nitrogênio. Para otimizar o processo de compostagem, recomenda-se misturar este material com uma fonte rica em carbono. Essa combinação é essencial para equilibrar a relação carbono/nitrogênio (C/N), resultando em uma compostagem mais eficiente.

Em relação à suficiência desse insumo, foi necessário calcular a área requerida utilizando a taxa de produção de massa seca de 1,99 megagramas por hectare (Mg/ha), conforme encontrado no estudo de Chaves et al. (2022). O cálculo indicou que seriam necessários aproximadamente 133 hectares para atender à demanda de 265 toneladas.

Portanto, com a área atualmente disponível, a produção de gliricídia é insuficiente para suprir as necessidades da comunidade de Chapadinha. Será necessário expandir a área de cultivo ou combinar com outro insumo para aumentar a produção e atender à demanda. Assim, o desempenho da alternativa em relação aos critérios técnicos foi:

Quadro 12 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	100
Técnica de Processamento	66,6
Mão de Obra	33,3
Dependência de Combinação	100
Suficiência	66,6
Conhecimento Técnico	66,6

Assim como a *Tithonia diversifolia*, a gliricídia pode desempenhar um papel significativo na mitigação dos gases de efeito estufa. Isso ocorre devido à sua capacidade de realizar fotossíntese, o que contribui para a remoção de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e ajuda a enfrentar os desafios das mudanças climáticas.

Além disso, não existe risco de contaminação ao bioinsumo produzido a partir dessa espécie. Os impactos associados a essa espécie são positivos e negativos, a *Gliricidia sepium* é considerada invasora por ser de outro habitat, mas é apresentada como não agressiva por dificilmente invadir espaços de comunidades vegetais densas (Alamu et al., 2023). Em contrapartida, a gliricídia é rica em nutrientes, traz melhorias para o solo, tem alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico no solo, conseqüentemente, aumenta a fertilidade do solo.

No Brasil, a *Gliricidia sepium* não apresenta variação sazonal, pode ser cultivada e se desenvolve o ano todo devido às condições climáticas favoráveis no país. Dessa forma, esse insumo apresentou o seguinte desempenho em relação aos critérios ambientais:

Quadro 13 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	66,6
Risco de Contaminação	100
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	100

A autonomia na agricultura familiar abrange um conceito amplo que inclui desde a capacidade dos pequenos produtores tomarem decisões de forma independente até a gestão sustentável e autossuficiente de suas atividades. A produção de bioinsumos a partir da *Gliricidia sepium*, por exemplo, pode aumentar a autonomia dos agricultores e agricultoras, o que permite a eliminação da necessidade de adquirir insumos externos e possibilita um controle e otimização seus próprios recursos.

Assim como ocorre com o margaridão, o custo de processamento do bioinsumo derivado da *Gliricidia sepium* está relacionado aos equipamentos utilizados na preparação do composto. Por outro lado, o custo de aquisição será determinado pelo preço das mudas ou sementes. Assim, os valores são de custo médio para o processamento e baixo para a aquisição, tendo em vista que as mudas seriam doadas e não necessariamente o triturador é de uso obrigatório.

Além disso, no âmbito da economia circular, que o foco é a reutilização de bens, materiais e serviços para estender o ciclo de vida dos recursos e minimizar desperdícios, a *Gliricidia sepium* também não desempenha um papel direto na promoção da circularidade dos materiais, pois seria plantada para produzir o bioinsumo, acrescentando uma nova cadeia e não complementando alguma já existente. Assim, a alternativa obteve o seguinte desempenho para os critérios socioeconômicos:

Quadro 14 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	100
Custo de Aquisição	100
Circularidade	33,3
Custo de Processamento	66,6

A partir dos resultados apresentados, o desempenho obtido pelo insumo foi de 81,20%.

5.4.3 CAMA DE FRANGO

A produção de frangos gera resíduos que precisam ser tratados e destinados de forma correta, para evitar impactos no meio ambiente. Os resíduos gerados nesse setor durante todo o processo são cama, poeira, odor, água de lavagem e carcaças de aves e esterco. Nesse sentido, a compostagem é um método econômico e ambientalmente correto para dar a destinação correta para algum desses resíduos (Santos et al., 2017).

A cama de frango é definida como um material absorvente, usado para proteger as aves que estão confinadas. Esse insumo consiste em uma mistura de substratos absorventes como, por exemplo, subprodutos de madeira, casca de arroz, amendoim e café, sabugo de milho, com excrementos, secreções, as penas e descamações das peles das aves, e ração desperdiçada. Esse tipo de resíduo é evidenciado devido à sua grande quantidade gerada e ao seu potencial de reutilização no setor agrícola, em razão das suas características físicas, químicas e ao conteúdo de nutrientes (Fioreze et al., 2018).

Portanto, a cama de frango consiste em uma mistura de excrementos de frango, resíduos de ração, fragmentos de madeiras e penas que são retiradas dos aviários. A compostagem da

cama de frango antes de ser utilizada como fertilizante é indicada para controlar a propagação de patógenos, melhorar o armazenamento e o manuseio e diminuir o odor.

De acordo com Tiquia e Tam (2000), embora a compostagem seja uma técnica eficaz e de baixo custo para estabilizar matéria orgânica, ela pode alterar a natureza dos resíduos e afetar algumas propriedades como, por exemplo, o uso da cama de frango como corretivo do solo.

O processo de compostagem necessita de uma relação de carbono e nitrogênio equilibrada, excesso de nitrogênio na composição permite uma aceleração na atividade microbiana, elevação na temperatura do composto. Para compostar a cama de frango, rica em nitrogênio, é necessário misturar com outros insumos. Silva et al. (2018) realizou um estudo em que definiu a cama de frango com valor de carbono/nitrogênio de 16/1.

Ademais, a produção desse insumo depende de variáveis, como a origem e a quantidade de excrementos, o que resulta em uma falta de uniformidade no insumo. E como a cama de frango é adquirida já pronta para ser compostada, a técnica de processamento envolve o uso de equipamentos específicos, como reviradores de compostagem, pás e peneiras para a separação e peneiramento do composto final.

A mão de obra utilizada para realizar a compostagem do insumo seria durante o processo apenas, não seria preciso preparar o composto.

No pré-assentamento Chapadinha, a comunidade já realiza compostagem utilizando a cama de frango, portanto, já existe conhecimento técnico e prática. Em relação à suficiência, esse insumo seria adquirido de forma externa em todo ciclo, portanto, não dependeria da área disponível no território para sua produção ou de algum limite de volume de eventual doação. Com isso, o desempenho desse insumo para os critérios técnicos é apresentado a seguir:

Quadro 15 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	66,6
Técnica de Processamento	100
Mão de Obra	66,6
Dependência de Combinação	0
Suficiência	100
Conhecimento Técnico	100

A cama de frango não contribui diretamente para a mitigação dos gases de efeito estufa. Entretanto, o seu uso adequado no setor agrícola possibilita uma gestão mais sustentável dos resíduos e sua utilização no solo pode auxiliar plantas a capturarem mais dióxido de carbono da atmosfera.

A compostagem da cama de frango representa uma alternativa de baixo custo e sanitariamente eficiente para a eliminação de patógenos e resíduos de antibióticos, além de oferecer um fertilizante nutritivo para o solo (Fioreze et al., 2018). Este insumo, originado do setor avícola, é rico em nutrientes, mas pode também conter patógenos e metais pesados. Portanto, existem riscos associados à contaminação na produção de bioinsumos a partir da cama de frango.

No meio ambiente, os impactos da cama de frango são tanto positivos quanto negativos. A produção de bioinsumo permite reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterros e promove a circularidade de um resíduo rico em nutrientes e beneficia a fertilização do solo. Porém, existe o potencial de contaminação por patógenos, sementes, transgênicos e metais pesados, o que representa um desafio significativo e deve ser cuidadosamente gerido para minimizar impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública.

A cama de frango rica em nitrogênio possui relação C/N de 16/1, é facilmente encontrada em todas as épocas do ano, entretanto, pode ter variação de preço conforme o mercado. Portanto, essa alternativa obteve o seguinte desempenho para os critérios ambientais:

Quadro 16 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	33,3
Risco de Contaminação	0
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	66,6

Embora a cama de frango não exija um preparo prévio para a compostagem, ela é um insumo que precisa ser adquirido de fontes externas. Neste cenário, os agricultores e

agricultoras dependeriam de investimentos ou recursos para obter a cama de frango e produzir o bioinsumo, o que implica que esse processo não promoveria a autonomia da comunidade.

Apesar de a produção de bioinsumo a partir da cama de frango ainda depender de fontes externas para sua aquisição, a produção própria do composto poderia oferecer uma maior autonomia. Com a capacidade de produzir o composto internamente, a comunidade não precisaria mais recorrer a recursos externos, o que permitiria fortalecer sua independência na gestão de insumos.

A cama de frango é um resíduo gerado em excesso no setor avícola e possui um significativo potencial de reutilização na agricultura. A valorização deste resíduo contribui para a circularidade dos materiais, promovendo práticas de economia circular ao transformar resíduos em recursos úteis para a fertilização do solo.

Na comunidade Chapadinha, a aquisição da cama de frango seria em todo momento que ocorresse o processo, assim o custo é alto. Já o custo de processamento, está relacionado aos equipamentos exigidos na produção de bioinsumo, ou seja, de valor baixo. Dessa forma, o insumo apresentou o seguinte desempenho para os critérios socioeconômicos.

Quadro 17 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	33,3
Custo de Aquisição	0
Circularidade	100
Custo de Processamento	100

Com todos os critérios, ambientais, socioeconômicos e técnicos analisados, o resultado de desempenho final da cama de frango foi de 65,48%.

5.4.4 BORRA DE CAFÉ

A legislação brasileira destaca a importância do reaproveitamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem, alternativa para valorizar e reutilizar materiais orgânicos como, por exemplo, a borra de café, gerada após o café quente coado e indissolúvel. Diante disso, os agricultores e agricultoras do pré-assentamento incluíram dentre as alternativas para produção de bioinsumo a borra de café doada pela Câmara dos Deputados.

O café produz cerca de 33 milhões de toneladas de resíduos na produção mundialmente e a matéria orgânica pode poluir os solos e os recursos hídricos, devido aos rejeitos líquidos ou águas residuárias gerados no proveito do produto. As substâncias que fazem parte da matéria orgânica da borra do café passíveis de emissão de poluente são os polifenóis, taninos e cafeína.

Os resíduos das borras de café possuem alto teor de carbono (82%) e nitrogênio (13%), qualidade para fertilizar o solo através da compostagem (Lins et al., 2024). Além disso, esse resíduo não possui variação na composição, portanto, é uniforme/homogêneo.

A Câmara dos Deputados, de acordo com o Plano de Logística 2024-2026, tem como objetivo, na gestão de resíduos, monitorar a quantidade de resíduos orgânicos destinados à compostagem. Neste plano, é especificado que, desde novembro de 2021, todos os resíduos orgânicos de restaurantes e lanchonetes são enviados para compostagem. A partir de 2022, todos os resíduos orgânicos são direcionados para compostagem, evitando o envio para o aterro sanitário.

Apesar disso, não foram encontrados dados sobre a quantidade de borra de café produzida na Câmara dos Deputados. Nesse sentido, foi necessário estabelecer um contato com o órgão, a Coordenação de Logística de Materiais que informou sobre o consumo de café em pó, cerca de 4,6 quilogramas por mês

Para compostagem, a borra de café requer apenas uma pá para revirar e aerar o composto, o que significa que a mão de obra é necessária principalmente durante o processo de compostagem. Embora a borra de café seja um insumo de fácil manuseio, não é possível utilizar exclusivamente este material para a compostagem devido à sua composição e quantidade limitada de nutrientes.

No Plano de Logística 2024-2026 da Câmara dos Deputados (2024), é informado que, desde 2022, todos os resíduos orgânicos gerados pela instituição são destinados à compostagem.

Além disso, toda borra de café é separada na copa de forma para ser utilizada na compostagem no viveiro de plantas da Câmara.

Nesse sentido, sua quantidade foi mensurada conforme o consumo mensal e constante de cerca de 4,6 quilogramas mensais ou 55,2 quilogramas por ano. Apesar de ser constante, é insuficiente para atender a demanda da comunidade da Chapadinha de 265 toneladas de bioinsumos.

Na comunidade de Chapadinha, os agricultores e agricultoras já têm experiência com a compostagem de borra de café e possuem o conhecimento técnico necessário para a produção de bioinsumos a partir deste material. Portanto, apesar dos desafios relacionados à uniformidade e disponibilidade, a experiência local pode contribuir para a gestão eficiente desse insumo. Assim, essa alternativa teve o desempenho abaixo para os critérios técnicos:

Quadro 18 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	100
Técnica de Processamento	100
Mão de Obra	66,6
Dependência de Combinação	100
Suficiência	33,3
Conhecimento Técnico	100

A borra de café, assim como a cama de frango, não contribui diretamente para a mitigação dos gases de efeito estufa. E os seus impactos ambientais são tanto negativos quanto positivos. Por um lado, a borra de café pode aumentar a vida útil dos aterros sanitários e promover a economia circular. No entanto, a borra de café fornecida pela Câmara dos Deputados pode não ser isenta de contaminantes, pois, dependendo da triagem e das condições de armazenamento, pode conter materiais tóxicos para o meio ambiente.

Além disso, com relação à sazonalidade, em um contato prévio com a Câmara dos Deputados foi informado que o consumo é mensal.

Segundo estudo realizado por Oliveira et al. (2019) o C/N da borra de café é 22. Com isso, esse insumo apresentou o seguinte desempenho em relação aos critérios ambientais:

Quadro 19 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	33,3
Risco de Contaminação	66,6
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	100

A compostagem representa uma alternativa eficaz para o gerenciamento adequado dos resíduos orgânicos, o que contribui significativamente para a redução da quantidade de resíduos enviados aos aterros sanitários (Lins et al., 2024). Ao transformar resíduos orgânicos em composto de alta qualidade, esse processo não apenas diminui a carga sobre os aterros, mas também promove a economia circular ao reintegrar nutrientes ao solo e reduzir a necessidade de insumos externos. Dessa forma, a compostagem desempenha um papel fundamental na sustentabilidade ambiental e na gestão eficiente dos recursos.

Como seria um resíduo doado, não teria custo de aquisição, apenas de processamento da pá para revirar a pilha, baixo custo. Entretanto, a borra de café, apesar de ser doação da Câmara dos Deputados, seria um insumo originado de fonte externa, o que diminui a autonomia dos agricultores e agricultoras familiares.

Apesar de a produção de bioinsumo a partir da borra de café ainda depender de doações de fontes externas, assim como ocorre com a cama de frango, a produção própria de composto permitiria maior autonomia para a comunidade. Isso se deve ao fato de que, com a produção interna, a comunidade dependeria menos de recursos externos e os agricultores e agricultoras seriam capazes de produzir o composto de forma independente. Dessa forma, esse insumo obteve o seguinte desempenho nos critérios socioeconômicos:

Quadro 19 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	33,3
Custo de Aquisição	100
Circularidade	100
Custo de Processamento	100

A partir da análise e interpretação de todos os critérios, o resultado de desempenho final da borra de café foi de 80,52%

5.4.5 CAPIM-ELEFANTE

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) é uma gramínea perene conhecida por seu elevado potencial de produção de matéria seca e sua adaptabilidade a diversas condições climáticas. Em muitas regiões, a produção de capim-elefante é concentrada no período estival, devido às baixas precipitações e temperaturas durante outras estações do ano. Estudos demonstram que, ao longo da estação, o valor nutritivo do capim-elefante tende a diminuir, especialmente quando o cultivo é iniciado na primavera ou no verão (Olivo et al., 2007).

Apesar de seu valor agrícola, o capim-elefante pode ter um impacto significativo sobre os sistemas naturais. Quando cultivado em grande escala, pode representar um risco para a biodiversidade, pois tende a se espalhar e substituir as espécies nativas. Essas mudanças podem dificultar a restauração dos ecossistemas ao seu estado original, levando ao desaparecimento de outras espécies e ao possível surgimento de híbridos com espécies nativas. Diante disso, essas alterações nos ecossistemas fazem necessário que o cultivo do capim-elefante seja realizado de maneira controlada para mitigar esses impactos (Souza, 2014).

Um estudo conduzido por Silva et al. (2013) revelou que o capim-elefante possui uma relação carbono/nitrogênio (C/N) de 70, o que pode influenciar a decomposição e a qualidade do composto produzido a partir desta planta.

Cultivado em todo o Brasil, o capim-elefante é amplamente utilizado na alimentação de animais devido ao seu elevado potencial de produção de massa seca, sua alta aceitabilidade e qualidade nutricional. Sua eficiência fotossintética contribui para a grande capacidade de acumulação de matéria seca, tornando-o uma opção valiosa para a alimentação animal (Leal et al., 2011).

No Centro-Oeste do Brasil, existe uma abundância na oferta de forragem para os animais no período chuvoso, entretanto, no período seco as pastagens tropicais têm o crescimento reduzido. O capim-elefante ou BRS Capiáçu destaca-se por ser mais produtivo que as demais espécies (Retore et al., 2020).

Segundo estudo feito por Lopes (2004) são necessárias cerca de 5 a 6 toneladas de mudas para constituição de 1 hectare de capim-elefante.

O capim-elefante, assim como a gliricídia e o margaridão, pode ser cultivado na região de Chapadinha. Se cultivado de maneira semelhante, o capim-elefante teria a capacidade de produzir um composto uniforme.

Os equipamentos necessários para a compostagem utilizando capim-elefante incluem uma pá para revirar a pilha de compostagem, um triturador para reduzir o tamanho das partículas e uma peneira para obter um composto de textura uniforme. Além disso, será necessária mão de obra tanto para o preparo inicial quanto para o monitoramento contínuo durante o processo de compostagem.

A compostagem utilizando exclusivamente capim-elefante pode ser difícil devido à sua alta relação carbono/nitrogênio, que é de 70. Esse desequilíbrio resulta em um processo de compostagem mais lento e exige uma atenção mais rigorosa para garantir uma decomposição eficaz.

Em termos de suficiência, a área necessária para suprir a demanda de bioinsumos da comunidade foi calculada conforme o valor médio é de 5,5 toneladas/hectare do estudo de Lopes (2004), com isso o resultado foi de 48,18 hectares. Assim, a área disponível é insuficiente para produzir bioinsumos a partir do capim-elefante e atender plenamente às necessidades da comunidade. Com isso, o desempenho da espécie para os critérios técnicos foi:

Quadro 20 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	100
Técnica de Processamento	66,6
Mão de Obra	33,3
Dependência de Combinação	33,3
Suficiência	66,6
Conhecimento Técnico	100

O capim-elefante apresenta alta eficiência fotossintética (Leal et al., 2011). Assim, tal como o margaridão e a gliricídia, este insumo também desempenha um papel na mitigação dos gases de efeito estufa e contribui para a redução das emissões de dióxido de carbono.

Os impactos ambientais associados ao capim-elefante são tanto positivos quanto negativos. Por um lado, essa espécie pode representar um risco para a biodiversidade, pois seu cultivo extensivo pode levar à substituição de espécies nativas e à degradação dos habitats naturais. Por outro lado, o capim-elefante oferece benefícios significativos, como a melhoria da qualidade do solo e a prevenção da erosão. Além disso, embora apresente impactos negativos, não existe risco de contaminação associado ao bioinsumo produzido a partir dessa gramínea.

O capim-elefante, é uma gramínea perene, com capacidade de adaptação a diversas condições climáticas, com possibilidade de produzir de 14,5 toneladas de massa seca por hectare aos 56 dias de rebrota. Entretanto, em algumas regiões, cerca de 70 a 80% da sua produção concentra-se nas épocas de chuvas. Em muitas regiões, a produção de capim-elefante é concentrada no período estival, devido às baixas precipitações e temperaturas durante outras estações do ano.

Conforme o estudo conduzido por Silva et al. (2013) a relação carbono/nitrogênio (C/N) da espécie é de 70/1. Nesse sentido, a alternativa apresentou o seguinte desempenho para os critérios ambientais:

Quadro 21 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	66,6
Risco de Contaminação	100
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	33,3

Um dos pilares da agricultura familiar é a autonomia, que possibilita aos agricultores e agricultoras decidir com liberdade e gerir seus recursos sem depender de fontes externas. A produção de bioinsumos baseada no capim-elefante permite uma maior autonomia, reduz a necessidade de aquisição de recursos externos e aprimora os seus próprios recursos.

Apesar da autonomia, o capim-elefante não permitiria a circularidade de materiais do território, visto que seria cultivado pelos agricultores e agricultoras para produzir o bioinsumo.

No estudo conduzido por Lopes (2004), foram estabelecidos parâmetros como a quantidade de mudas por hectare, o método de plantio, a qualidade das mudas e outras características relevantes. O custo de aquisição para a produção do bioinsumo a partir do capim-elefante está diretamente relacionado ao valor das mudas, que podem ser doadas, resultando em um custo reduzido.

Além disso, o processamento do capim-elefante é de custo médio, pois não requer equipamentos complexos. Embora o uso de um triturador facilite o manuseio e aumente a eficiência na produção do bioinsumo, ele não é indispensável para o processo. Então, a alternativa obteve o seguinte desempenho para os critérios socioeconômicos:

Quadro 22 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	100
Custo de Aquisição	100
Circularidade	33,3
Custo de Processamento	66,6

O desempenho final do capim-elefante foi de 70,46%.

5.4.6 PODA DE ÁRVORES

A arborização das cidades e a gestão adequada são essenciais na governança urbana, impacta positivamente o clima local. Além disso, é necessário ter controle dos resíduos gerados nesse setor para uma otimização do seu potencial para o meio ambiente. Esses resíduos são classificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como “Classe II-A”, composto de 50% de carbono, 44% oxigênio, 6% de hidrogênio e 1% de nitrogênio (Galvão et al., 2019).

As árvores desempenham um papel essencial na atenuação do clima e da poluição sonora, além de contribuírem significativamente para a qualidade de vida nas áreas urbanas. Muitas árvores nas cidades foram plantadas antes do desenvolvimento dos centros urbanos, o que pode gerar conflitos à medida que as áreas ao seu redor se transformam. Nessas situações, é essencial adotar uma abordagem técnica para identificar e propor soluções eficazes (Nobre et al., 2021).

Em 2021 Nobre et al., conduziu uma pesquisa para classificar as árvores da Praça Getúlio Vargas, tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Nesta pesquisa foi possível identificar que algumas espécies estavam infectadas por insetos como, por exemplo, cupins.

No Distrito Federal, a manutenção da vegetação em áreas públicas é gerenciada pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital de Brasília (NOVACAP). Após a coleta, o material é processado e triturado para facilitar o manuseio. Nas áreas urbanas, esse material triturado é usado principalmente na instalação e manutenção dos canteiros distribuídos por toda a cidade. Nas áreas rurais, o material tem se destacado como cobertura morta, prática para proteger o solo e prolongar sua umidade e, conseqüentemente, promover um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas (SEAGRI, 2017).

A quantidade de resíduos de podas no Distrito Federal é grande, mas tem variações anuais alteradas pela mudança de locais da prática e velocidade da recomposição de partes aéreas das espécies arbóreas ou arbustivas que passam pela poda. Entretanto, a Secretaria de Agricultura do Distrito Federal não tem controle sobre a distribuição (Oliveira et al., 2023).

Embora seja um insumo que a comunidade Chapadinha já tenha conhecimento, não é uniforme, sua qualidade pode variar conforme a manutenção da vegetação nos centros urbanos. E os equipamentos necessários para realizar a compostagem com o insumo são uma pá para revirar as pilhas e uma peneira para o composto manter a textura uniforme. Ademais, a mão de obra seria necessária durante o processo de compostagem, para manusear a pá e a peneira.

Além disso, Oliveira et al. (2019), realizou um levantamento sobre os valores dos parâmetros de Carbono/Nitrogênio de alguns insumos frequentemente utilizados na compostagem. Abaixo segue a relação C/N de alguns dos insumos escolhidos pela comunidade Chapadinha.

Quadro 23 - Parâmetros C/N

INSUMOS	PARÂMETRO C/N
Borra de café	22/1
Esterco Bovino	20/1
Esterco Equino	24/1
Podas de Árvores	50/1

Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado de Oliveira et al. (2019).

O resíduo de poda de árvore é rico em carbono, a compostagem operada com apenas este insumo pode ser mais lenta, de forma que é recomendado misturar o insumo com outros materiais para aumentar a eficiência do processo.

Em relação à suficiência, não foi possível encontrar dados totais de podas do Distrito Federal, entretanto, por meio de um contato com o órgão NOVACAP, foi informado que são feitas poda de cerca de 8000 unidades, mas não há informação em toneladas ou m³. Dessa forma, o desempenho da alternativa, de acordo com os critérios técnicos foi:

Quadro 24 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	66,6
Técnica de Processamento	66,6
Mão de Obra	33,3
Dependência de Combinação	33,3
Suficiência	0
Conhecimento Técnico	100

As árvores são importantes para o clima e auxiliam na qualidade de vida nos centros urbanos. No ciclo de vida, elas desempenham um papel importante na mitigação dos gases de efeito estufa (GEE). No entanto, os resíduos das podas das árvores não contribuem diretamente para a mitigação dos GEE.

Nos centros urbanos, a manutenção das áreas com árvores é realizada mensalmente, o que resulta na geração contínua de resíduos de poda. Isso torna essencial a reutilização desses resíduos para outras atividades, o que permite um aproveitamento eficiente e sustentável dos insumos disponíveis.

O reuso dos resíduos de poda na produção de bioinsumos ajuda a prolongar a vida útil dos aterros sanitários e promove a economia circular. No entanto, como destacado no estudo de Nobre et al. (2021), as podas de árvores provenientes de centros urbanos podem conter insetos que têm o potencial de causar desequilíbrios no meio ambiente. Portanto, o insumo gera impactos positivos e negativos e apresenta risco de contaminação ao bioinsumo.

A relação carbono/nitrogênio é desequilibrada equivalente a 50/1, ou seja, as podas têm na sua composição quantidades elevadas de carbono. Assim, o desempenho para os critérios ambientais é apresentado abaixo:

Quadro 25 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	33,3
Risco de Contaminação	66,6
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	33,3

Embora o resíduo de poda, já triturado e doado pela Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural do Distrito Federal, não apresente custos de aquisição, tenha baixo custo de processamento e contribua para a circularidade dos resíduos, sua utilização ainda dependeria de uma fonte externa. Isso resultaria na falta de autonomia para os agricultores e agricultoras da região, que não teriam controle total sobre a produção de bioinsumos. Com isso, o desempenho da alternativa, com base nos critérios socioeconômicos é apresentado no quadro abaixo:

Quadro 26 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	33,3
Custo de Aquisição	100
Circularidade	100
Custo de Processamento	66,6

Após a avaliação dos critérios, as podas de árvores obtiveram o desempenho de 59,94%.

5.4.7 ESTERCO BOVINO E EQUINO

O valor econômico dos fertilizantes minerais altos faz o uso de resíduos orgânicos na agricultura ser uma alternativa econômica atraente, devido à possibilidade de favorecer a ciclagem de nutrientes como, por exemplo, o carbono. Ademais, a evolução nos custos dos fertilizantes minerais e o desenvolvimento da poluição ambiental fizeram os resíduos orgânicos serem uma opção favorável, contribuem para aprimorar a estrutura do solo e fornecem nutrientes essenciais para as plantas, conseqüentemente, reduz os gastos com a produção de mudas. Além disso, a aplicação de resíduos orgânicos ajuda a diminuir o volume de rejeitos, que muitas vezes são armazenados inadequadamente e causam degradação ambiental, convertendo-os em fertilizantes úteis para o campo (Carneiro et al., 2020).

Na agricultura brasileira, os agricultores consumiram aproximadamente 36,6 milhões de toneladas de fertilizantes químicos em 2020, 70% da composição desses insumos é importada. Nesse contexto, os biofertilizantes se apresentam como alternativa promissora e sustentável (Oliveira et al., 2023).

Os esterco são sendo utilizados com mais frequência, tanto para composição do substrato no período de início de crescimento das mudas no viveiro, quanto para aprimorar as condições do solo para as mudas crescerem no solo. Isso ocorre devido ao potencial do esterco de melhorar características químicas e físicas do solo.

Na pecuária, setor que mais contribui para degradação do meio ambiente, as emissões atribuídas são originadas dos produtivos que envolvem o segmento e a atividade em si. Dentre os gases emitidos destaca-se o metano (CH₄), proveniente da fermentação entérica, das fezes, e o óxido nitroso (N₂O), das fezes e urina e de possíveis fertilizantes nitrogenados usados nas pastagens (Santos, 2012).

O esterco equino, assim como o bovino, necessita de um manejo apropriado para permitir segurança das pessoas que trabalham com o resíduo e a mitigação dos gases de efeito estufa (Oliveira et al., 2023).

Conforme estudo realizado por Oliveira et al. (2019), o esterco bovino tem a relação de carbono/nitrogênio de 20/1. Em relação aos equipamentos necessários no processo de compostagem, é preciso de um trator ou carro de mão para transportar o esterco para o local da compostagem, uma pá ou garfo para revirar as pilhas de compostagem.

Além disso, Oliveira et al. (2019) destacam que o esterco equino possui uma relação C/N de 24. Na compostagem, esse insumo requer equipamentos específicos para revirar a pilha e garantir a homogeneidade do composto, tais como uma pá e uma peneira

Na agricultura, os equipamentos necessários no processo de produção de bioinsumos utilizando esses insumos são apenas uma pá ou garfo para revirar as pilhas de compostagem. Além disso, é preciso uma peneira para manter o composto uniforme. Portanto, o esterco equino e bovino são materiais de fácil manuseio, a mão de obra para produção de bioinsumos a partir deles é menos intensiva.

No território da Chapadinha, os agricultores e agricultoras realizam compostagem utilizando esse insumo. Embora seja um insumo de fácil manipulação e manuseio, as características químicas e físicas podem variar conforme a sua origem, isso influencia na sua uniformidade.

E como a sua forma de aquisição é através do mercado externo, a comunidade não dependeria da área disponível no território para sua produção. Nesse sentido, a sua suficiência está relacionada com a quantidade de insumo adquirida/comprada.

Abaixo segue a representação dos critérios técnicos obtidos pela alternativa:

Quadro 27 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	66,6
Técnica de Processamento	100
Mão de Obra	66,6
Dependência de Combinação	0
Suficiência	100
Conhecimento Técnico	100

Os produtores recorrem a outras fontes de adubo orgânico, proveniente de bovinos, caprinos ovinos e a cama de frango, porém hesitam em usar o esterco equino. Isso ocorre devido alguns autores destacarem que esse esterco contém uma concentração maior de esporos da bactéria anaeróbica *Clostridium tetani*, em comparação com outros tipos de esterco animal (Oliveira et al., 2023).

Os esterco são usados com frequência para aprimorar as condições do solo e para composição do substrato no início de crescimento das mudas. Existe um grande potencial de aprimoramento das características químicas e físicas do solo (Santos, 2012). Entretanto, o setor pecuária é o que mais contribui para degradação do meio ambiente.

A produção de bioinsumo com o esterco promove maior acúmulo de resíduos ricos em nutrientes e melhora a fertilização do solo. Porém, existe um potencial de contaminação de patógenos e geração de gases de efeito estufa, que deve ser cuidadosamente gerido para minimizar impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública (Oliveira et al., 2023).

Em relação carbono/nitrogênio do esterco bovino é 20/1 e o equino é 24/1. Esses insumos são encontrados em todas as épocas do ano, mas pode ter alteração de preço conforme o mercado.

Assim, é possível observar tanto os impactos ambientais positivos quanto os negativos do uso de esterco. Com isso, a representação dos critérios ambientais foi:

Quadro 28 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	33,3
Risco de Contaminação	0
Impactos	66,6
Sazonalidade	100
C/N	100

Por ser um resíduo de origem externa, a aquisição do material é necessária em todas as etapas do processo de produção de bioinsumos. Isso resulta em altos custos de aquisição e limita a autonomia dos agricultores, que precisam comprar continuamente o insumo de fontes externas, dependendo do preço de mercado e da disponibilidade. Além disso, o uso desse insumo é indiferente para circularidade dos processos produtivos. E o custo de processamento é relativamente baixo, pois o insumo já chega pronto para o uso. Diante disso, a representação dos critérios socioeconômicos foi de:

Quadro 29 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	33,3
Custo de Aquisição	0
Circularidade	66,6
Custo de Processamento	100

Portanto, com base nos critérios avaliados, o resultado de desempenho obtido por essa alternativa foi de 68,85%.

5.4.8 CANA-DE-AÇÚCAR

O Brasil é grande produtor de cana-de-açúcar e a sua produção cresceu nas últimas décadas, para atender as demandas globais de bioenergia e diminuir a dependência do uso do petróleo e mitigar as mudanças climáticas. Entretanto, existem consequências relacionadas ao crescimento que coloca em pauta a sustentabilidade da produção da cana-de-açúcar, desconhecidos, principalmente, sobre os impactos ambientais dos insumos agrícolas e da produção (Bordonal et al., 2018).

Durante o processo produtivo da cana-de-açúcar são geradas quantidades consideráveis de subprodutos como, por exemplo, lama de prensagem, bagaço, resíduos da cana que podem ser utilizados para produção de melaço, álcool e uma parcela é descartada.

Apesar dos benefícios como matéria-prima sustentável para a produção de biocombustíveis, há ressalvas relacionadas aos potenciais impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar e da conseqüente modificações no uso da terra, interrompimento no fornecimento dos alimentos, emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) provenientes dos insumos agrícolas e das operações agrícolas, uso excessivo da água e eutrofização, alterações na biodiversidade do solo, entre outros (Bordonal et al., 2018).

A cana-de-açúcar tem em sua composição cerca de 30% de caldo, os demais são biomassa (palha e bagaço) e compostos inorgânicos. O bagaço recém moído é um material complexo, predominantemente constituído de celulose, hemicelulose e lignina, o que contribui para seu potencial energético.

A compostagem feita a partir da cana-de-açúcar é feita com o bagaço, que tem composição Carbono/Nitrogênio (C/N) de 180,83 (Silva et al., 2002). O bagaço é um material fibroso sólido produzido na saída da moenda, após extração do caldo, é possível obter cerca de 275kg de bagaço por tonelada de cana e a composição física do bagaço varia pouco (Carvalho et al., 2019).

O processo de compostagem apenas com bagaço de cana-de-açúcar apresenta desafios significativos devido aos elevados níveis de carbono presentes no material em relação ao nitrogênio. Este fator pode dificultar o processo de decomposição e exige uma gestão cuidadosa para garantir a eficácia da compostagem.

Para produzir o bioinsumo de qualidade, em todos os casos, isto é, com todos os insumos elencados, é fundamental revirar as pilhas de compostagem com uma pá. Além disso, é preciso de uma peneira, para auxiliar na uniformidade do produto final. Portanto, na cana-de-açúcar, a mão de obra é essencial durante todo o processo de compostagem, desde o preparo inicial até a fase final.

Portanto, a produção de bioinsumos a partir do bagaço da cana-de-açúcar demanda o uso de diversos equipamentos e técnicas específicas. Inicialmente, é preciso de um triturador para reduzir o tamanho das partículas, facilitar a decomposição e promover a homogeneização.

No território do pré-assentamento Chapadinha, agricultores e agricultoras já realizaram compostagem com o bagaço da cana-de-açúcar, portanto, existe conhecimento e prática para produção de bioinsumo com este insumo. E o cultivo contínuo e uniforme da cana-de-açúcar no território da comunidade do pré-assentamento Chapadinha garantiria a produção de um composto homogêneo.

Em relação à suficiência, e considerando uma média de 13 mudas por hectare (Embrapa, 2022), para atender a demanda da comunidade de 265 toneladas, seriam necessários aproximadamente 21 hectares. Como o território detém apenas 2 hectares para produzir o insumo, é insuficiente para atender a comunidade e as suas expectativas.

Dessa forma, a cana-de-açúcar obteve o seguinte desempenho nos critérios técnicos:

Quadro 30 – Representação dos Critérios Técnicos

CRITÉRIOS TÉCNICOS	DESEMPENHO
Uniformidade	100
Técnica de Processamento	33,3
Mão de Obra	33,3
Dependência de Combinação	33,3
Suficiência	66,6
Conhecimento Técnico	100

O cultivo da cana-de-açúcar, com um manejo adequado, pode permitir a mitigação dos gases de efeito estufa, por meio da fotossíntese, em que atua como sumidouro de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera. O CO₂ é devolvido e permite a elevação do estoque de carbono no solo (Souza, 2016).

Embora seja um insumo que contribua positivamente para o meio ambiente, há potenciais impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar e das mudanças no uso da terra, dos insumos e das operações agrícolas, alterações na biodiversidade do solo, entre outros.

A sazonalidade, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) a época adequada para plantio da cana-de-açúcar é ideal para o seu desenvolvimento. Este insumo necessita de alta disponibilidade hídrica, temperaturas elevadas e alto índice de radiação solar. Além disso, a EMBRAPA sinaliza que pode ser plantada em três épocas diferentes, sistema de ano e meio, sistema de ano e plantio inverno. No sistema ano e meio, a cana-de-açúcar é plantada no período de janeiro a março, período com boas condições de temperatura e umidade (Embrapa, 2022).

Com base nisso, a avaliação dos critérios ambientais da cana-de-açúcar foi:

Quadro 31 – Representação dos Critérios Ambientais

CRITÉRIOS AMBIENTAIS	DESEMPENHO
Mitigação dos Gases de Efeito Estufa	66,6
Risco de Contaminação	100
Impactos	66,6
Sazonalidade	66,6
C/N	0

A utilização do bagaço, um resíduo proveniente do processo de moagem da cana-de-açúcar, contribuiria para a economia circular. Tendo em vista que essa pretende a reutilização de bens, materiais e serviços para aumentar o ciclo de vida dos recursos e diminuir desperdícios, garantindo o uso do resíduo como recurso na produção de bioinsumo, especialmente se esse reuso não estiver previsto em qualquer outra cadeia produtiva.

Além disso, o uso da cana-de-açúcar na produção de bioinsumo possibilitaria uma maior autonomia, prescindiria de obrigatoriedade de aquisição externa depois do seu cultivo inicial, assim como o margaridão, a gliricídia e o capim elefante.

Conquanto o bioinsumo a partir da cana-de-açúcar permite autonomia para os agricultores e agricultoras, o seu custo de processamento seria alto, porque é necessário uso de equipamentos complexos como, por exemplo, triturador. Já o custo de aquisição seria médio, devido existir a possibilidade de adquirir mudas por doações.

Dessa forma, a cana-de-açúcar apresentou o seguinte desempenho para os critérios socioeconômicos:

Quadro 32 – Representação dos Critérios Socioeconômicos

CRITÉRIO SOCIOECONÔMICOS	DESEMPENHO
Autonomia	100
Custo de Aquisição	66,6
Circularidade	100
Custo de Processamento	33,3

O desempenho da cana-de-açúcar, conforme os critérios técnicos, ambientais e sociais estabelecidos, foi de 60,21%.

5.5 COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS

Segundo IPCC (2023), na adaptação para reduzir os riscos climáticos, incluem melhorias de cultivares, gestão e armazenamento de água nas fazendas agrícolas, conservação da umidade do solo, irrigação, agroflorestas, diversificação agrícola, abordagens sustentáveis de manejo do solo, uso dos princípios e práticas agroecológicas, entre outros. Nesse sentido, a produção de bioinsumos a partir do uso ou reuso de resíduos orgânicos é uma alternativa eficaz e sustentável. E o uso de bioinsumos fortalece a capacidade do agrossistema de responder a perturbações e diminuir vulnerabilidades (Bavaresco, 2024).

Nesse contexto, um dos objetivos desse estudo foi a criação de um modelo baseado no *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido no *software AHP-OS*, a partir de critérios técnicos, ambientais e socioeconômicos para auxiliar na decisão das alternativas para produção de bioinsumos.

A partir do modelo elaborado, foi possível identificar os aspectos mais relevantes para a seleção da melhor alternativa para a produzir os bioinsumos. Isso também permitiu a aplicação no pré-assentamento Chapadinha, para obter conhecimentos sobre seleção da alternativa para produzir bioinsumos com base na perspectiva dos agricultores e agricultoras da região.

Em vista disso, para a comunidade do pré-assentamento Chapadinha, os prioritários são a relação carbono/nitrogênio (C/N), que na compostagem a relação C/N deve ser 30/1 (Oliveira et al., 2019), a autonomia proporcionada pelo insumo aos agricultores e agricultoras e o conhecimento técnico da comunidade nos critérios ambientais, socioeconômicos e técnicos, respectivamente.

Outrossim, a comunidade do pré-assentamento determinou a suficiência como um dos critérios técnicos importantes na escolha do insumo para produzir o bioinsumo, referente à quantidade de insumo disponível para atender à demanda local. Para os insumos que seriam cultivados, como margaridão, cana-de-açúcar, gliricídia e capim-elefante, foi necessário considerar a área disponível no território para seu cultivo. No entanto, para aqueles de origem externa, como a cama de frango e o esterco bovino e equino, a suficiência depende exclusivamente do volume adquirido, portanto, comprado pelos agricultores e agricultoras.

No que tange a suficiência, a borra de café, por sua vez, depende exclusivamente do volume de resíduo gerado pela Câmara dos Deputados e se mostrou insuficiente, ainda que seja um valor constante. Para as podas de árvores, não foi possível mensurar o volume disponível em toneladas, o que impediu a avaliação para aferir seria suficiente ou insuficiente para atender à demanda.

O custo de aquisição, um dos critérios socioeconômicos, dos três insumos com melhor desempenho são baixos ou até inexistentes, já que as mudas e os resíduos seriam doados à comunidade de Chapadinha. Em termos de custo de processamento, a borra de café sobressai, pois não requer equipamentos complexos, uma pá e uma peneira são suficientes para todo o processo. Já a *Tithonia diversifolia* e a *Gliricidia sepium*, podem precisar de ferramentas adicionais, como um triturador, para garantir maior eficiência no processamento.

Um dos critérios técnicos considerados para avaliar as alternativas foi a demanda por mão de obra, em que foi analisada a dependência do insumo tanto no preparo inicial quanto durante o processo de compostagem. Nesse contexto, a cama de frango, o esterco bovino e equino se destacam como excelentes opções para a produção de bioinsumos na comunidade de Chapadinha, assim como a borra de café. Relatos indicaram que a maioria da mão de obra na comunidade da Chapadinha é composta por mulheres com idade mais avançada. Assim, insumos que exigem pouco manuseio são especialmente adequados, uma vez que facilitam o trabalho e promovem a participação ativa dessas mulheres na produção de bioinsumos.

Outros critérios relevantes, como impacto ambiental, sazonalidade, mitigação de gases de efeito estufa (GEE), dependência de combinação e custo de processamento, foram considerados para análise do desempenho das alternativas. Em relação à mitigação de GEE, todos os insumos ou resíduos analisados contribuem indiretamente, uma vez que promovem o aumento da produção vegetal.

Entretanto, alguns desses insumos oferecem benefícios adicionais antes mesmo de serem utilizados como bioinsumos, por meio da captura de dióxido de carbono da atmosfera. Como exemplos destacam-se a cana-de-açúcar, o margaridão, a gliricídia e o capim-elefante, que desempenham papéis significativos na redução dos níveis de CO₂ atmosférico.

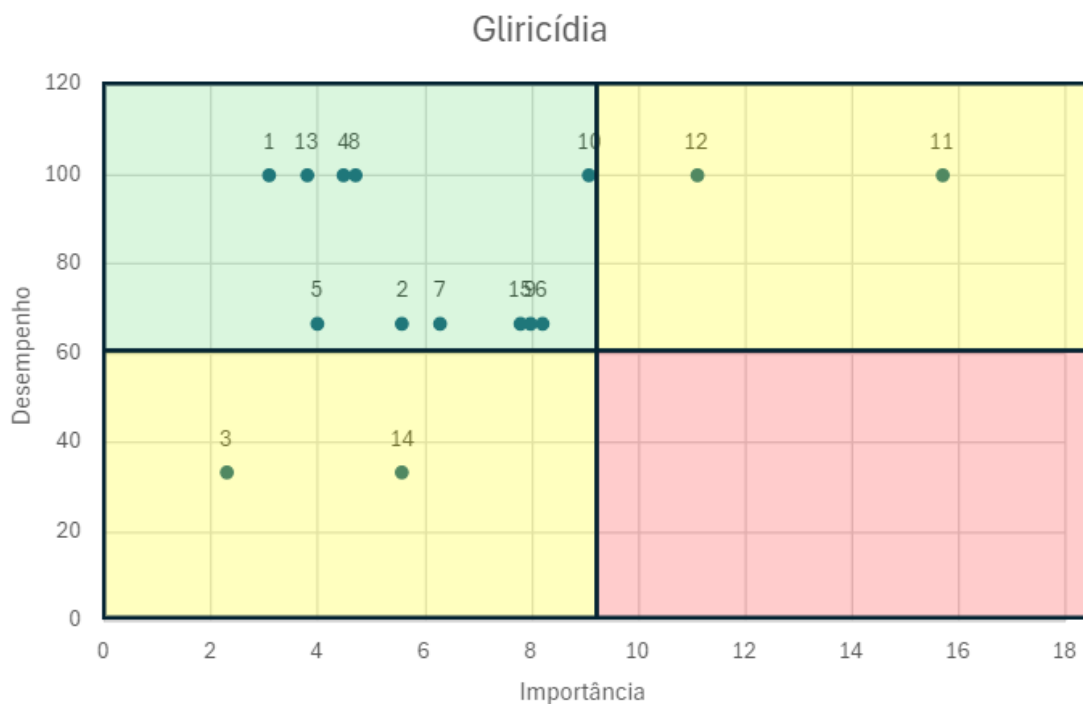
No critério de impacto ambiental, todos os insumos apresentaram impactos positivos e negativos atrelados ao seu uso, por exemplo, permitem controle da erosão, melhorias no solo, porém podem alterar a biodiversidade do meio ambiente. Entretanto, na sazonalidade, nem todos os insumos podem ser encontrados o ano todo e em todas as estações, como a cana-de-açúcar.

A seguir, apresenta-se os gráficos que ilustram o desempenho dos insumos avaliados com base nos critérios técnicos, ambientais e socioeconômicos. Cada número nos gráficos representa um critério específico, conforme detalhado na metodologia no quadro 3.

O gráfico abaixo demonstra que o desempenho da alternativa gliricídia para produzir bioinsumos. A *Gliricidia sepium* é uma espécie das leguminosas inoculantes que é capaz de produzir biomassa em concentrações hídricas baixas e tem a capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera (Ribeiro et al., 2010). A relação Carbono/Nitrogênio desse insumo é 22/1, que está próxima do ideal para o processo de compostagem, que é 30/1. Essa espécie é usada em várias práticas agroflorestais para melhorar o rendimento e a composição nutricional das culturas alimentícias. As árvores e as folhas são usadas como cobertura, melhoram a fertilidade do solo e o rendimento dos grãos (Alamu et al., 2023). Além disso, a Gliricidia apresentou um bom desempenho em termos de custo de aquisição, sendo baixo ou inexistente, uma vez que as mudas poderiam ser doadas.

Este insumo não obteve um desempenho baixo nos critérios considerados mais importantes pela comunidade, assim se destacou como a melhor alternativa entre as avaliadas. Apesar da falta de conhecimento técnico da comunidade sobre a compostagem com gliricídia, ela se apresenta como uma alternativa que pode oferecer maior autonomia para agricultores e agricultoras.

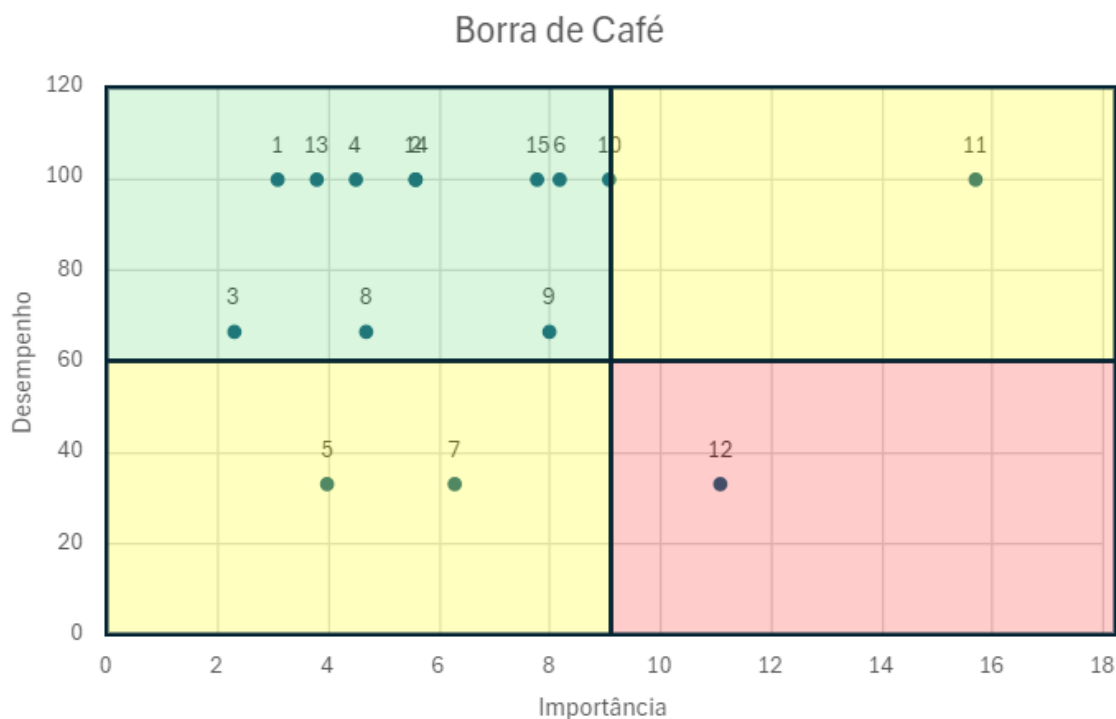
Gráfico 1 - Desempenho da Gliricídia em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Autoria própria

O gráfico abaixo apresenta o desempenho da borra de café. Este insumo não obteve um desempenho muito baixo nos critérios considerados mais importantes pela comunidade. Entretanto, por ser de origem externa, não permitiria independência da comunidade por inteiro, a autonomia seria menor. Além disso, a quantidade de insumo é variável, depende do consumo na Câmara dos Deputados.

Gráfico 2 – Desempenho Borra de Café em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Aatoria própria

O gráfico 3 indica o desempenho do margaridão, uma espécie conhecida e utilizada pelos agricultores e agricultoras locais, estando bem estabelecida no território. Na adubação verde, esse insumo é utilizado para restaurar a fertilidade do solo, aumentar a produtividade das culturas na técnica de ciclos curtos. Além disso, altas concentrações foliares de nitrogênio, fósforo e potássio são concedidos para as plantas na decomposição (Radomski, 2018). Seu uso na produção de bioinsumos poderia aumentar a autonomia da comunidade.

No entanto, conforme ilustrado no gráfico acima, o critério de relação Carbono/Nitrogênio (C/N) do margaridão, avaliado com o número “11”, apresentou um desempenho baixo, com um valor de 14,31, que está abaixo da relação ideal de 30/1 para o processo de compostagem. A compostagem deste insumo poderia melhorar seus resultados, com a combinação de outros insumos ricos em carbono para aproximar sua relação C/N do ideal e, conseqüentemente, otimizar a produção de bioinsumo.

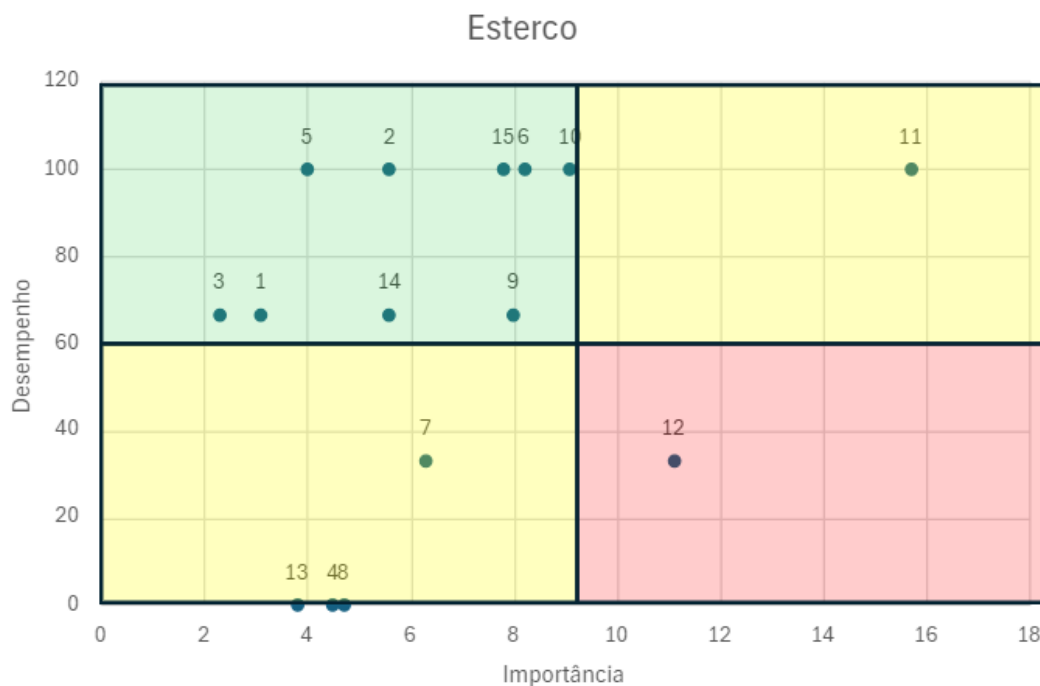
Ademais, o gráfico de desempenho do margaridão demonstra que a borra de café apresentou um desempenho um pouco superior, Isso se deve ao fato de que, embora o margaridão já esteja presente no território e a comunidade local possua um maior conhecimento técnico sobre este insumo e a produção de bioinsumos a partir dele, a borra de café é mais fácil de manusear. E a borra de café possui uma relação carbono/nitrogênio 22/1 (Oliveira et al., 2023). Essa relação, mais próxima do ideal de 30/1, torna o desempenho da borra de café mais eficaz que o do margaridão.

Gráfico 3 – Desempenho Margaridão em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Autoria própria

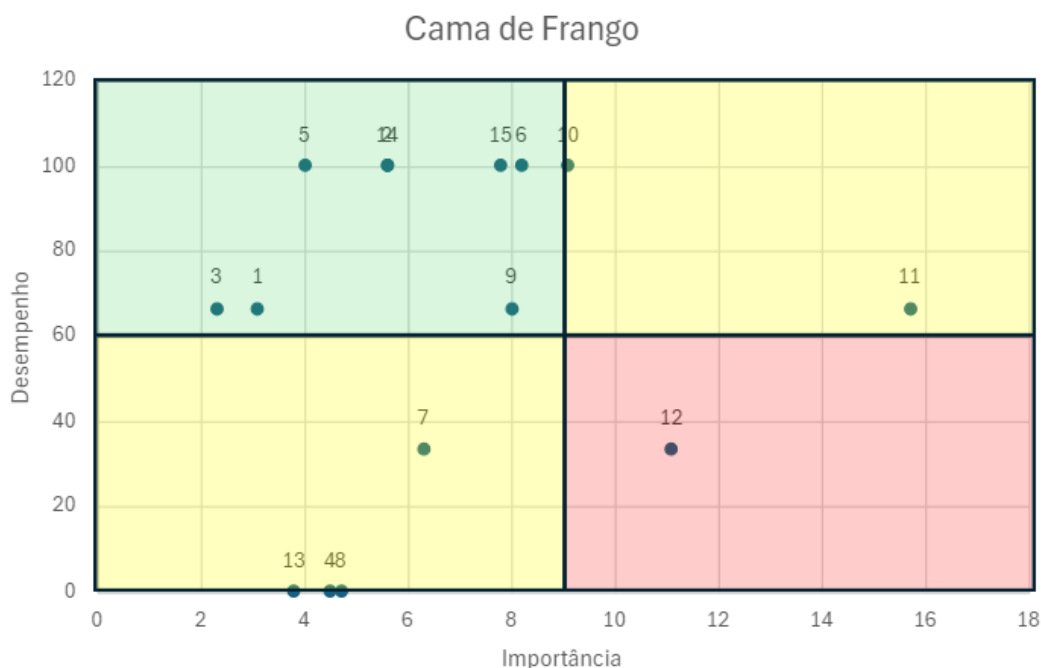
Gráfico 4 – Desempenho Esterco em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Autoria Própria

Os gráficos 4 e 5 apresentam os resultados das alternativas adquiridas por meio do mercado externo, como a cama de frango, o esterco bovino e o esterco equino. Esses insumos são amplamente utilizados na agricultura; no entanto, seu uso frequente aumenta a dependência do mercado externo e reduz a autonomia dos produtores rurais. Além disso, esses insumos apresentam um alto risco de contaminação para a produção de bioinsumos, podendo conter patógenos e sementes de ervas daninhas, entre outros contaminantes (Oliveira et al., 2023). Como resultado, o desempenho desses insumos foi inferior ao de algumas espécies vegetais

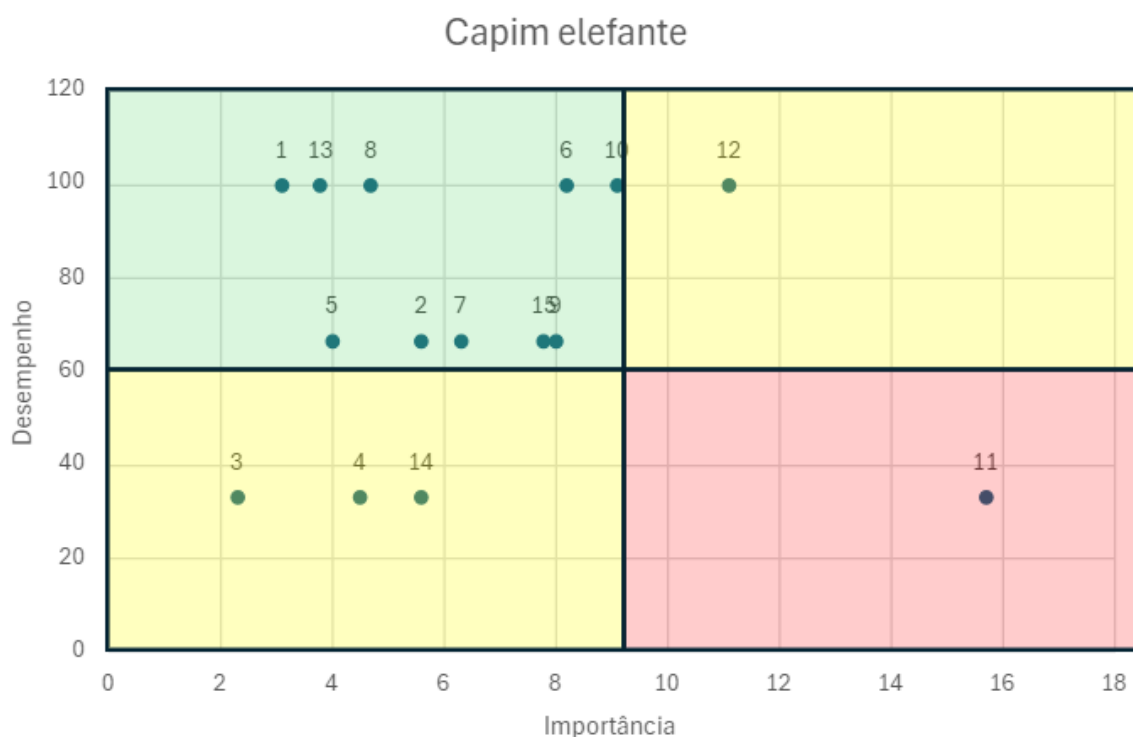
Gráfico 5 - Desempenho da Cama de Frango em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Autoria própria

Com relação as alternativas de produção de bioinsumos, capim-elefante e cana-de-açúcar, apresentaram um desempenho inferior em comparação com outras espécies cultivadas. Embora essas espécies ofereçam maior autonomia para agricultores e agricultoras e a comunidade já detenha conhecimento técnico para manuseá-las no processo de compostagem, a relação carbono/nitrogênio é elevada. Também na cana-de-açúcar, o material utilizado para a produção de bioinsumos é o bagaço, o que, apesar de contribuir para a circularidade das cadeias produtivas, exige uma mão de obra intensiva.

Gráfico 6 - Desempenho do Capim-elefante em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.

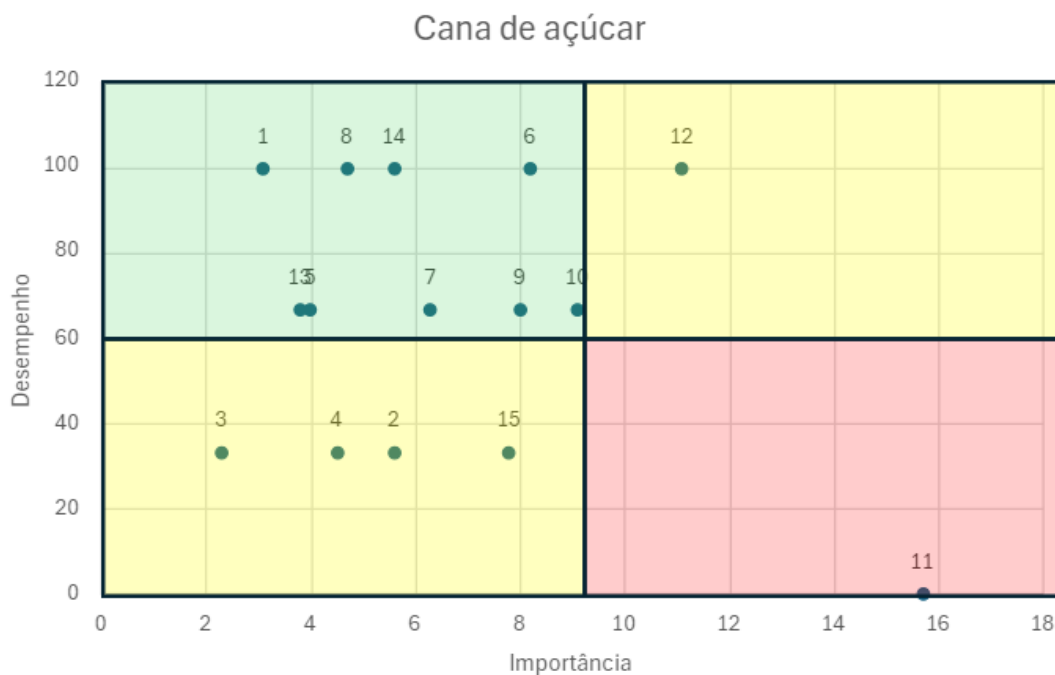


Fonte: Autoria própria

Com relação as espécies vegetais que obtiveram o desempenho inferior, o capim-elefante e a cana-de-açúcar são espécies com alta concentração de carbono, o que resulta em um desempenho baixo no critério de relação carbono/nitrogênio. Silva et al. (2013) destacou que o capim-elefante tem uma relação C/N de 70, o que pode influenciar a decomposição e a qualidade do composto produzido por essa planta. Para melhorar essa relação e obter um composto de alta qualidade na produção de bioinsumos, é recomendável combinar esses materiais com espécies ricas em nitrogênio. Essa abordagem auxiliaria no equilíbrio da relação C/N e na otimização o processo de compostagem.

Gráfico 7 - Desempenho da Cana-de-açúcar em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito

Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.

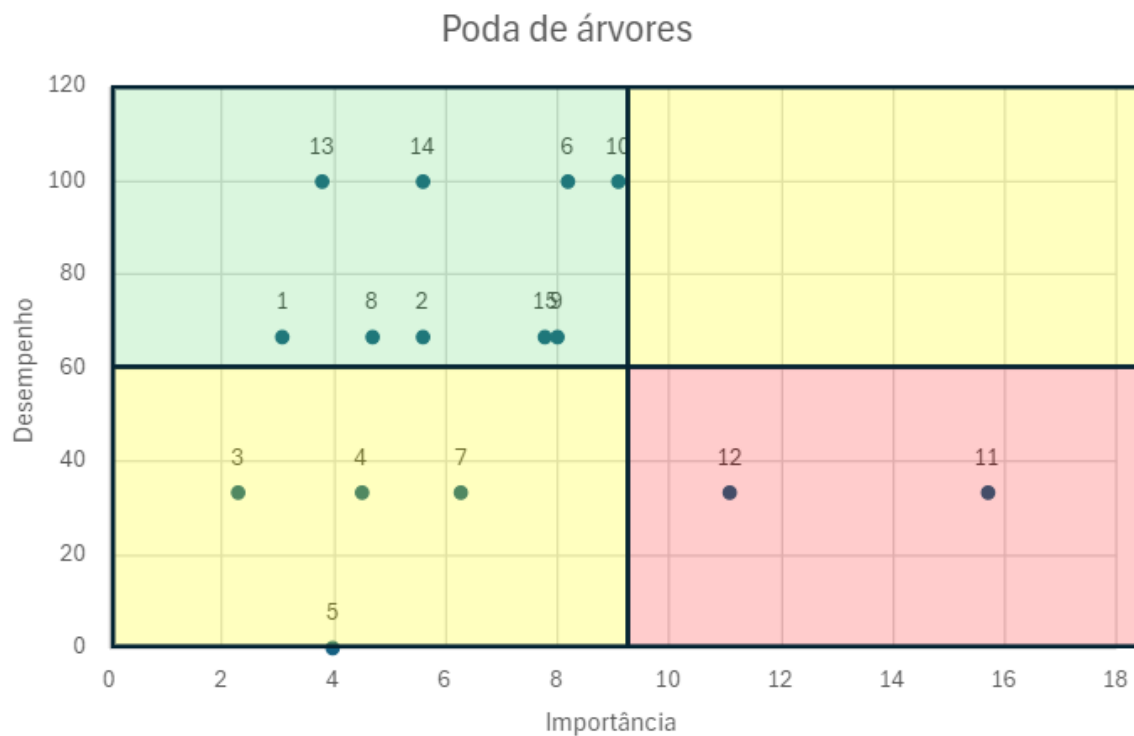


Fonte: Autoria própria

Acerca das podas de árvores, assim como o capim-elefante e cana-de-açúcar, apresentaram o menor desempenho devido a sua composição ter alto teor de carbono, o que resulta em uma alta relação C/N. E apesar de que no Distrito Federal, a quantidade de resíduos de podas é elevada, existem variações anuais devido às mudanças de locais da prática e a velocidade de recomposição das partes aéreas das espécies arbóreas (Oliveira et al., 2023). Além disso, mesmo quando doadas já trituradas, essas podas podem conter resquícios de galhos ou troncos mais grossos, que têm uma decomposição mais lenta e irão exigir mão de obra mais intensiva, o que resulta um desempenho menor também. Ademais, no reúso das podas de árvores, que promove a economia circular, pode conter, por exemplo, insetos que podem causar desequilíbrios no meio ambiente e contaminar o bioinsumo.

Gráfico 8 - Desempenho da Poda de Árvore em relação aos critérios. 1 – Uniformidade; 2 – Técnica de Processamento; 3- Mão de Obra; 4 – Dependência de Combinação; 5 – Suficiência; 6 – Conhecimento Técnico; 7 – Mitigação dos Gases de Efeito

Estufa; 8 – Risco de Contaminação; 9 – Impactos; 10 – Sazonalidade; 11 – C/N; 12 – Autonomia; 13 – Custo de Aquisição; 14 – Circularidade; 15 – Custo de Processamento.



Fonte: Autoria própria

Portanto, com base nos resultados apresentados, observou-se que a maioria dos insumos cultivados localmente demonstrou o melhor desempenho na produção de bioinsumos. A borra de café, o margaridão e a gliricídia apresentaram desempenhos semelhantes, sendo que a gliricídia se destacou como a mais eficaz. E o uso de bioinsumos no desenvolvimento da agricultura tornou-se fundamental em resposta ao aumento das mudanças climáticas e à escassez de recursos naturais. Esses promovem processos que aumentam a eficiência na absorção de nutrientes, fortalecem a resistência das plantas aos estresses ambientais, controlam patógenos e podem melhorar a qualidade do solo (Zanetti et al., 2020).

Ademais, os resultados obtidos das diferentes alternativas para a produção de bioinsumos mostraram um desempenho moderado. No entanto, algumas alternativas se destacaram por suas propriedades especialmente benéficas ao meio ambiente. A produção de bioinsumos pela própria comunidade representa um avanço significativo, possibilitando uma agricultura mais sustentável e promovendo maior autonomia para os agricultores.

6. CONCLUSÃO

O sistema agrícola necessita de adaptações para enfrentar as mudanças e as variabilidades climáticas, conseguir reduzir emissões de gases de efeito estufa e diminuir os impactos ambientais. Uma das alternativas para isso é o uso dos bioinsumos na agricultura, que permite harmonizar o ambiente produtivo com o meio ambiente, corrobora para o agroecossistema enfrentar as dificuldades e diminuir as vulnerabilidades.

Com o uso de bioinsumos é possível seguir o compromisso com a Agenda 2030, em especial no cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): “ODS 1: Erradicação da Pobreza”, “ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável”, “ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico”, “ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis” e “ODS 6: Água Potável e Saneamento”.

Entretanto, a seleção das alternativas para a produção de bioinsumos é uma decisão complexa para os agricultores e agricultoras, no qual envolve a consideração de diversos critérios, quantitativos e qualitativos. Além dos aspectos econômicos, é fundamental dar importância também aos critérios ambientais e sociais para alcançar uma produção mais sustentável.

Nesse contexto, o presente estudo teve como principal objetivo desenvolver e aplicar um modelo de tomada de decisões para colaborar no modelo mais adequado para produção de bioinsumos no sistema de agricultura orgânica no pré-assentamento Chapadinha - Distrito Federal.

Diante disso, a partir da pesquisa realizada, foi possível identificar os aspectos mais relevantes para a seleção da melhor alternativa para a produção de bioinsumos, segundo a perspectiva dos agricultores e agricultoras do pré-assentamento Chapadinha, localizado no Distrito Federal. Outrossim, foram avaliadas nove alternativas para a produção de bioinsumos. O modelo proposto pode ser aplicado a qualquer outro contexto, refletindo, a partir das prioridades das comunidades, os critérios mais relevantes e os insumos que melhor respondem às expectativas de cada comunidade.

Neste estudo, em relação aos resultados, os insumos que apresentaram o melhor desempenho foram a *Gliricidia sepium*, a borra de café e a *Tithonia diversifolia*, nesta ordem. No entanto, para atender à demanda da comunidade, seria necessário dispor de uma área maior para a produção de insumos vegetais ou combinar insumos que não exigem cultivo.

Apesar da pesquisa ter apresentado a borra de café com um bom desempenho, a quantidade de resíduos gerados pela Câmara dos Deputados não é suficiente para suprir a demanda. Uma possível solução seria utilizar borra de café proveniente da própria comunidade ou doada por outros estabelecimentos, combinado com outros insumos para equilibrar a relação carbono/nitrogênio e otimizar a quantidade e promover a circularidade de materiais. Porém, essa abordagem poderia afetar a uniformidade do insumo e a quantidade de insumo disponível, tendo em vista que o consumo pode variar conforme as épocas do ano.

Outro resultado obtido por meio do modelo construído no *software AHP-OS* foi que a autonomia é um dos critérios mais importantes para a comunidade do pré-assentamento Chapadinha. Isso demonstra que a comunidade tem um forte interesse em desenvolver estratégias para resistir e persistir em um ambiente socioeconômico e político instável. Essa busca por maior autonomia e a construção de uma base sólida de recursos são prioridades para reduzir a dependência de insumos externos à comunidade produtiva.

Além disso, durante as interações com a comunidade, foi ressaltado o desinteresse pelo uso de insumos para a produção de bioinsumos de origem animal, devido aos riscos de contaminação associados, como a presença de sementes de ervas daninhas e patógenos. O resultado correspondeu às expectativas: a comunidade prefere o uso de espécies vegetais e borra de café, que apresentam menor risco de contaminação.

Embora o estudo tenha resultados satisfatórios, apresentou algumas limitações. Isso ocorre em razão de ser uma análise de desempenho, feita de forma aproximada e ausência da análise do ciclo de vida na totalidade dos insumos. Ademais, o modelo construído foi fundamentado nas demandas da comunidade, cujos critérios visavam englobar o interesse dos agricultores e agricultoras, contudo determinados critérios, apesar de complementarem uns aos outros, poderiam ter sido sintetizados ou agrupados para otimizar o estudo e evitar eventuais sobreposições.

Também, a avaliação não incluiu resíduos orgânicos provenientes de estabelecimentos externos, os quais poderiam promover uma maior circularidade e sustentabilidade, além de não exigir uma área adicional para cultivo. Porém, essa abordagem implicaria uma certa perda de

autonomia para a comunidade, que passaria a depender desses estabelecimentos para obter os resíduos. E poderia haver risco de contaminação, dependendo da qualidade da triagem realizada nos estabelecimentos fornecedores.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O modelo construído neste estudo obteve resultados satisfatórios na análise das alternativas para produção de bioinsumo. Entretanto, apresentou algumas limitações devido à quantidade de critérios estabelecidos, a ausência da avaliação de resíduos orgânicos de origem domiciliar. Além disso, houve uma limitação em consequência da não avaliação do insumo no com base no seu ciclo de vida.

Para aprimorar o modelo criado e utilizado no presente estudo, sugere-se a inclusão da avaliação de insumos fundamentada no ciclo de vida, sintetização dos critérios. Ademais, criação de uma nova categorização para classificar os insumos em industriais e gerados por processos manuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. **Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura**, v. 47, n. 3, p. 204-215, 2020.

ASSAD, E. D. et al. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília, DF: Embrapa, p. 153-67, 2019.

ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura familiar na região centro-sul do estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, p. 155-177, 2005.

AYILARA, M.; OLANREWAJU, O., BABABOLA, O., ODEYEMI, O. “Waste Management through Composting: Challenges and Potentials”. *Sustainability* 12, no. 11: 4456.

BARBOSA, K. C.; DE SOUSA OLIVEIRA, C. D.; DE OLIVEIRA MOURA, R. R. Compostagem De Resíduos Sólidos Orgânicos Na Colônia Reunida, Paragominas, Pará. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 9, p. e493810-e493810, 2023.

BEN, F. Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 2006, Fortaleza.

BORDONAL, R.d.O., CARVALHO, J.L.N., Lal, R. et al. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38, 13 (2018).

BAVARESCO, L. Compreensão da percepção sobre bioinsumos no Brasil: uma análise exploratória. 2024. Dissertação de Mestrado (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2024.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação. Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. -- Brasília, DF: MMA, 2017.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento–UPA 24 h. **Gestão & Produção**, v. 22, p. 805-819, 2015.

CAMPBELL, B. M. et al. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. **Ecology and society**, v. 22, n. 4, 2017.

Carvalho, A. H. S., dos Santos, C. A., Farah, S. P. dos S., & Farah, A. F. (2019). INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SISTEMA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. *SITEFA*, 2(1), 445–456.

COELHO, F.; DE FREITAS, A. A. R. Reforma Agrária e Assentamentos Rurais em Mato Grosso do Sul. **Tempos Históricos**, n. 2, p. 73-98, 2021.

COSTA, O. C. da . Rural settlements in Brazil: Agrarian policies and their implications. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 13, n. 3, p. e10413345339, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i3.45339. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/45339>. Acesso em: 23 jul. 2024.

DA SILVA CHAVES, Josimar et al. Produção de biomassa vegetal de *Gliricídia sepium* em sistema consorciado com fruteiras. **Conjecturas**, v. 22, n. 16, p. 287-298, 2022.

DA SILVA GRINBERG, P.; UENO, B.; CAMPOS, A. D. Produção de bioinsumos na propriedade: adubo fermentado bokashi.

DE ALMEIDA, N. C. D. A.; et al. As Implicações Das Mudanças Climáticas Na Agricultura Familiar: O Pnae E Os Seus Riscos No Futuro. In: **Mudanças Climáticas E Seus Impactos Socioambientais Concepções, Fundamentos, Teorias E Práticas Mitigadoras**. Editora Científica Digital, 2023. p. 90-103.

Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020 (2020). Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos.

DOS SANTOS BARBOSA, S.; FERNANDES, L. M.; FIGUEIREDO, P. S.. Agricultura familiar e educação ambiental: potencialidades de uma oficina de compostagem desenvolvida em uma associação de horticultores de Itapetinga-Bahia. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

ELOY, L. et al. The Water Frontier: Agribusiness vs. Smallholder Communities in the Brazilian Cerrado. **Water alternatives**, v. 16, n. 3, p. 869-891, 2023.

FRANCO, Heider Alves; DE CASTRO ROCHA, Marcus Vinicius; THODE FILHO, Sergio. Impacto Ambiental do Extrato Solubilizado de Borra de Café sobre Organismo Terrestre. *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 9, n. 1, p. 404-413, 2020.

FOREZE, M.; SERANTONI, N.; DE ABREU AZEVEDO, M. MÉTODO SIMPLIFICADO DE COMPOSTAGEM PARA TRATAMENTO DE CAMA DE FRANGO. *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 20–32, 2020.

GALVÃO, R. G.; RUIZ, M. S.; COSTA, E. G. da. Qualidade do composto de resíduos orgânicos de feiras livres e poda de árvores da cidade de São Paulo / Quality of the organic waste compound of free fairs and tree powder of the city of São Paulo. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 585–605, 2018. DOI: 10.34117/bjdv5n1-962. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/962>. Acesso em: 14 aug. 2024.

GINTING, S. Promoting Bokashi as an organic fertilizer in Indonesia: A mini review. *Horticulture*, v. 27, n. 2, p. 189-203, 2019.

GOULET, F. As políticas de promoção dos bioinsumos no Brasil. Entre alternativas e alinhamentos. 2021.

GRISA, C.; GAZOLLA, M.; SCHNEIDER, S. A " produção invisível" na agricultura familiar: autoconsumo, segurança alimentar e políticas públicas de desenvolvimento rural. *Agroalimentaria*, v. 16, p. 65-79, 2010.

HERBETS, R.A.; COELHO, C.R. de A.; MILETTI, L.C.; MENDONÇA, M.M. de. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. *Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal*, v.6, n.1, 2005.

IPCC, 2023: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: [10.59327/IPCC/AR6-9789291691647](https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647).

JÚNIOR, J. F. P.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica–AHP–como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piedade (MG). *Revista do Departamento de Geografia*, v. 23, p. 4-26, 2012.

LEAL, M. A. et al. Processo de Compostagem a partir da mistura entre Capim-elefante e Crotalária. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 77). ISSN 1676-6709

LEFF, E. Agroecologia e saber ambiental. *Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável*, v. 3, n. 1, p. 36-51, 2002.

LEW, P.S et al. Optimization of Bokashi-Composting Process Using Effective Microorganisms-1 in Smart Composting Bin. *Sensors* 2021, 21, 2847.

LIMA, R; MARCOS DE MENDONÇA SANTOS, G. Viabilidade econômica e ambiental da vermicompostagem como alternativa para o aproveitamento do esterco de equinos. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 9, n. 1, p. 87–119, 2023.

LINS, E. A. M.; REIS, L. S. P. do A.; DE MELO, D. de C. P.; CAVALCANTI, D. E. de S. Destinação sustentável de borra de café com uso da compostagem. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 3141–3154, 2024.

LIZOT, M et al. Reflexos da pandemia do Covid-19 nos custos de aquisição de insumos agrícolas: uma investigação empírica com o uso da metodologia Total Cost of Ownership. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 62, p. e261334, 2023.

LOPES, Bruna Adese. O capim-elefante. Seminário apresentado à disciplina ZOO, v. 645, 2004.

MAZARO, S. M. et al. Desafios na adoção de bioinsumos. In: MEYER, M. C. *Bioinsumos na cultura da soja*. Brasília, DF: EMBRAPA, 2022. cap. 4.

MUÑOZ, C. M. G. et al. Normativa de Produção Orgânica no Brasil: a percepção dos agricultores familiares do assentamento da Chapadinha, Sobradinho (DF). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 54, p. 361-376, 2016.

MUSSALI-GALANTE, P. et al. "The Bioaccumulation Potential of Heavy Metals by *Glyricidia Sepium* (Fabaceae) in Mine Tailings." *Environmental Science and Pollution Research International* 30.13 (2023): 38982-8999.

NODA, H.; NODA, S. do N. Agricultura familiar tradicional e conservação da sócio-biodiversidade amazônica. *Interações (Campo Grande)*, [S. l.], v. 4, n. 6, 2016. Disponível em: <https://www.multitemas.ucdb.br/interacoes/article/view/559>. Acesso em: 19 jun. 2024.

NOBRE, R. V. L.; et al. AVALIAÇÃO ESPACIAL E FITOSSANITÁRIA DE ÁRVORES URBANAS NO MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO, RJ. *SILVICULTURA E MANEJO FLORESTAL: TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA*, Rio de Janeiro, v. 2, 2021.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J.P. *Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos*. 2004.

OLIVEIRA, V. C.; et al. Bioinputs and organic production in Brazil: a study based on the Embrapa's Bioinsumos application1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p. e76326, 2023.

OLIVO, C. J. et al. Produtividade e valor nutritivo de pasto de capim-elefante manejado sob princípios agroecológicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, [s. l.], v. 36, p. 1729-1735, 2007.

PAIVA, E. C. R. et al. Avaliação de Leiras Estáticas Aeradas na compostagem de carcaças de frango. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 21, n. 5, p. 482-492, 2013.

PARTEY, S.T; PREZIOSI, R.F; ROBSON, G.D. Improving maize residue use in soil fertility restoration by mixing with residues of low C-to-N ratio: effects on C and N mineralization and soil microbial biomass. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, Temuco , v. 14, n. 3, p. 518-531, sept. 2014 .

PENTEADO, S. *Agricultura Orgânica*. Piracicaba: Série Produtor Rural, 2001.

PELU, J., TYASMORO, S. Y., & MAGHFOER, M. D. (2020). Effect bulking agent on composting mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* L) biomass and utilization on pak choi production. *AGROMIX*, 11(1), 49-65.

RETORE, M.; ALVES, J. P.; ORRICO JUNIOR, M. A. P.; MENDES. S. S. Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2020. 10 p.

ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. *nature*, v. 461, n. 7263, p. 472-475, 2009.

SAATY, T. L.; SODENKAMP, M. Making decisions in hierarchic and network systems. *International Journal of Applied Decision Sciences*, v. 1, n. 1, p. 24-79, 2008.

SABOURIN, E.; DA SILVA, L. R. T.; DE ÁVILA, M. L. Análise da construção da Política Distrital de Agroecologia e Produção Orgânica no Distrito Federal, Brasília. **Observatorio das dinamicas socio-ambientais no Brasil, INCT Odisseia, Texto para Discussão Série Working Papers N o. 3**, 2020

SAMPAIO, B. L., EDRADA-EBEL, R.; DA COSTA, F. B. "Effect of the Environment on the Secondary Metabolic Profile of *Tithonia Diversifolia*: A Model for Environmental Metabolomics of Plants." *Scientific Reports* 6.1 (2016): 29265.

SANTOS, D. M. L. dos; COSTA, P. M. M. da; MARQUES, F. da S.; ROCHA, M. B. Abordagens e aplicações do processo de compostagem na gestão de resíduos orgânicos: tendências em estudos brasileiros. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 18, n. 00, p. e022021, 2022.

SANTOS, I. A. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) ASSOCIADAS À BOVINOCULTURA: O VALOR FERTILIZANTE DO ESTERCO E O IMPACTO DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA. 2012. Dissertação de mestrado (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, [S. l.], 2012.

SETYOWATI, N. et al. Growth and yield responses of cauliflower on tithonia (*Tithonia diversifolia*) compost under organic farming practices. *International Journal of Agricultural Technology*, v. 14, n. 7, p. 1905-1914, 2018.

SILVA, Carlos D. da et al. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, p. 487-491, 2002.

SILVA, R. M. et al. Análise da viabilidade técnica da compostagem para produção de adubo orgânico. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, [s. l.], v. 11, p. 182-191, 2020.

SHIMADA, W. K. et al. A agricultura familiar rumo à produção orgânica. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 11, n. 3, p. 719-739, 2018.

SOARES, L. M. et al. Avaliação de Diferentes Técnicas de Compostagem para Aproveitamento de Resíduos Orgânicos No IFBA Campus De Salvador: Uma Abordagem Multi-Critérios. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 74-97, 2018.

SOTO, G. El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: Orgánico 3.0. *Revista de Ciencias Ambientales*, v. 54, n. 1, p. 215-226, 1 jan. 2020.

SOUZA, C. Capim-elefante, uma fonte alternativa de energia e renda para pequenas propriedades rurais. 2014. Monografia (Projeto final em ciências ambientais) - Universidade de Brasília, 2014.

SOUZA, W. L. B; Emissão de gases de efeito estufa associada ao manejo da cana-de-açúcar no Planalto Ocidental Paulista. 2016. Tese de Doutorado (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, 2016.

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

TEIXEIRA, L. B. et al. Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano em leira estática com ventilação natural. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, Belém, n. 33, 2004.

TIQUIA, S. M; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter, *Environmental Pollution*, Volume 110, Issue 3, 2000, Pages 535-541, ISSN 0269-7491.

VAL, G. A. Produtividade e composição química da *Tithonia diversifolia* sob diferentes alturas de resíduo. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

VIOLA, E. et al. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. *Ambiente e Sociedade*, [s. l.], v. 25, 2022.

ZANETTI, W. A. L; et al. Desenvolvimento agrícola com a introdução dos bioinsumos. *Revista Agronomia Brasileira*, São Paulo, v. Volume 7 (2023)Volume 7 (2023), 8 dez. 2023