



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA**

**Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e
Socioeconomia**

HELENA JÚLIA MOREIRA DA COSTA

**ANÁLISE DE REAPROVEITAMENTO DA TORTA DE FILTRO COMO
BENEFÍCIO ECONÔMICO NO SETOR SUCROENERGÉTICO**

ILHA SOLTEIRA - SP

Abril/2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e
Socioeconomia**

HELENA JÚLIA MOREIRA DA COSTA

**ANÁLISE DE REAPROVEITAMENTO DA TORTA DE FILTRO COMO
BENEFÍCIO ECONÔMICO NO SETOR SUCROENERGÉTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador. Prof. Dr. OMAR JORGE SABBAG

ILHA SOLTEIRA - SP

Abril/2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

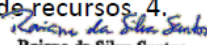
C838a Costa, Helena Júlia Moreira da.
Análise de reaproveitamento da torta de filtro como benefício econômico no setor sucroenergético. / Helena Júlia Moreira da Costa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
33 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Omar Jorge Sabbag

Inclui bibliografia

1. Saccharum spp.. 2. Composto orgânico. 3. Economia de recursos. 4. Resíduo agroindustrial. 5. Logística reversa.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Apoio
Serviço Técnico de Biblioteca, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CBR/9 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: “ANÁLISE DE REAPROVEITAMENTO DA TORTA DE
FILTRO COMO BENEFÍCIO ECONÔMICO NO SETOR
SUCROENERGÉTICO”**

ALUNA: HELENA JÚLIA MOREIRA DA COSTA

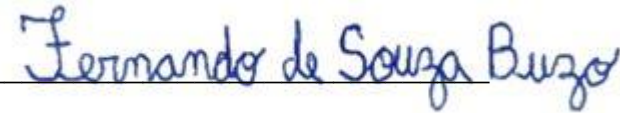
ORIENTADOR: PROF. DR. OMAR JORGE SABBAG

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora. Nota: 10,0

Comissão Examinadora:



PROF. ASSOC. OMAR JORGE SABBAG
(ORIENTADOR)



PROF. MSC. FERNANDO DE SOUZA BUZO
(Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia FEIS-UNESP)



MSC. DÉBORA PAVANI
(Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia FEIS-UNESP)



ALUNA: HELENA JÚLIA MOREIRA DA COSTA

Ilha Solteira (SP) 14 de abril de 2023.

Aos meus pais Cláudia e Jurimar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela sabedoria e resiliência que me foi concedida durante o decorrer do curso.

Agradeço ao meu pai Jurimar e minha mãe Cláudia pelo amor, cuidado, paciência e zelo comigo. Por sempre estarem ao meu lado e não medirem esforços para que eu concluísse este sonho. Por me incentivarem durante todo o período de graduação, me acalmarem nos momentos de insegurança e principalmente, por compartilharem junto comigo os momentos de sucesso. Devo tudo isso a vocês.

Ao meu namorado Marcos por estar ao meu lado me auxiliando e orientando do início ao fim do curso, pela paciência e por me ensinar a ser persistente ao me deparar com situação difíceis.

A minha família que vibrou por cada conquista minha.

Aos meus colegas de curso por tornar esta jornada leve e feliz.

Aos professores da FEIS que me tornaram a profissional que sou hoje, em especial ao Prof. Dr. Omar por me orientar em um momento tão importante da graduação.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha formação acadêmica.

RESUMO

O subproduto torta de filtro derivado do processo de clarificação do açúcar tem ganhado destinação correta por meio do método logística reversa. O composto corresponde a uma fonte rica em nutrientes para o solo a partir do processo de compostagem e enriquecimento mineral, sendo aplicado na lavoura nas operações de pré-plantio, na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). O composto que anteriormente era denominado como resíduo, foi convertido em uma alternativa sustentável de adubação organomineral, se tornando uma alternativa ao uso do adubo mineral, que frequentemente apresenta aumento em seu valor, impactando assim os custos de produção. O presente trabalho teve como objetivo analisar o reaproveitamento do composto torta de filtro na cultura da cana-de-açúcar a partir da pesquisa de cunho exploratório, com benefício econômico na produção. Metodologicamente, a pesquisa propôs analisar a viabilidade econômica do uso do composto torta de filtro em substituição a adubação mineral em uma usina sucroenergética no município de Orindiúva-SP. Conclui-se que os resultados demonstram que a aplicação do composto apresentou viabilidade nutricional para aplicação na cultura da cana-de-açúcar, tendo um ganho em 334,42 kg ha⁻¹ em nutrientes, proporcionando aumento do TCH e reduzindo o custo de produção frente ao uso de adubo mineral no plantio.

Palavras-chave: *Saccharum spp.*, composto orgânico, economia de recursos, resíduo agroindustrial, logística reversa.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Atuação da logística reversa.	16
Figura 2 - Localização geográfica do município de Orindiúva - SP.	19
Figura 3 - Mapa de localização do empreendimento.	19
Figura 4 - Representação esquemática genérica de metodologia de pesquisa.	20
Figura 5 - Processo produtivo da torta de filtro em indústria sucroenergética.	23
Figura 6 - Trator e implemento utilizados na aplicação de composto.	23
Figura 7 - Aplicação de torta de filtro em sulco de plantio.	24
Figura 8 - Fluxograma das premissas para utilização de adubo mineral no plantio de cana.	25
Figura 9 - Composição do composto torta de filtro após o enriquecimento.	28

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Análise química composto torta de filtro	26
Tabela 2 - Diferença no percentual de nutriente fornecido ao solo em aplicação de composto enriquecido e aplicação de adubo mineral em área de cultivo de cana.	27
Tabela 3 - Receita bruta, custo de produção e dos adubos e retorno econômico obtido nos tratamentos estudados.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 CANA-DE-AÇÚCAR E SUA PRODUÇÃO NO BRASIL	13
2.3 TORTA DE FILTRO	14
2.4 LOGÍSTICA REVERSA	15
3. OBJETIVO	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 ADUBAÇÃO MINERAL VS ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL	24
5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA	26
6. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

1. INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como um dos principais exportadores de *commodities* agrícolas, possuindo um território de 851,487 milhões de hectares, sendo que deste, 86,7 milhões de hectares são referentes a área plantada no país em 2021. Comparando com o ano de 2020, há um aumento de 3,9% em hectares (IBGE, 2022).

Segundo os dados apresentados pelo IBGE (2022), o agravamento da pandemia de Covid-19 e aumento da inflação ocasionou alta na demanda por *commodities* em todo o mundo, fator este que contribuiu para os preços elevados em 2021. Dentre os produtos que estão no *ranking* de valor de produção, a cana-de-açúcar se destaca entre os cinco primeiros, sendo respectivamente, soja, milho, cana-de-açúcar, café e algodão; entretanto, a cana não apresentou aumento na quantidade produzida.

De acordo com o 4º Levantamento da Safra 2021/2022 da Conab, a produção de cana na safra registrou um total de 585,2 milhões de toneladas, indicando queda de 10,6% em relação à safra anterior. Essa redução é reflexo das condições climáticas adversas, tais como aumento no período de estiagem, e as baixas temperaturas em junho e julho de 2021, que impactaram diretamente no TCH (tonelada de colmo por hectare) dos canaviais (CONAB, 2022).

Além do fator climático, outro ponto significativo na agricultura é o aumento no valor do fertilizante. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), em *ranking* mundial o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes, e deve nos próximos anos ser o principal produtor mundial de alimentos.

Dados da Confederação da Agricultura e Pecuária (CNA, 2022) ressalta que o valor com a importação de fertilizantes expandiu em 288% no intervalo entre janeiro de a março de 2022. O aumento no preço de produtos agrícolas, em especial o fertilizante, está diretamente relacionado a guerra entre Rússia e Ucrânia, ocasionando instabilidade em um cenário já flutuante devido a pandemia (IPEA, 2022).

Em 2020, o Brasil importou aproximadamente 33 milhões de toneladas de fertilizantes, 11% a mais do que registrado em 2019, sendo que as principais

culturas que demandaram fertilizante em 2020 foram soja, milho e cana-de-açúcar, totalizando 72% do consumo no país. Atualmente, dentre os principais nutrientes aplicados no Brasil, destacam-se o potássio, fósforo e nitrogênio (MAPA, 2022).

Nos processos industriais em uma usina sucroenergética, são gerados resíduos com diferentes composições químicas. Dentre esses resíduos, destacam-se a vinhaça, rica em potássio, e a torta de filtro, rica em nutrientes como nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio, respectivamente. Com o aumento no preço dos fertilizantes, as indústrias tem investido no conceito de logística reversa, retornando os materiais já processados e utilizados na produção, além de promover a preservação do meio ambiente (EMBRAPA, 2022).

A vinhaça destaca-se como um resíduo agroindustrial gerado durante o processo de destilação do caldo de cana fermentado. Por ser rico em potássio, as usinas tem utilizado como fertilizante potássico em canaviais, por meio da aplicação localizada na linha de plantio e aspersão. Além disso, pode ser fonte para a produção de biogás, gerando energia elétrica (POVEDA, 2014).

O resíduo torta de filtro é obtido durante o processo de clarificação do caldo, sendo constituído por bagaço moído e lodo da decantação. As indústrias produzem esse resíduo em larga escala, sendo gerados cerca de 30 a 40 kg de torta por tonelada de cana moída, tendo sua disposição direta na lavoura ou passando pelo processo de compostagem (ALVES et al., 2017).

O aumento no valor dos fertilizantes ocasionado pela crise mundial e sua escassez tem ameaçado a agricultura e a produção de alimentos. Assim, a torta de filtro ganhou maior visibilidade e tornou-se uma alternativa ao uso fertilizantes minerais (EMBRAPA, 2022).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar e sua produção no Brasil

A cana-de-açúcar é pertencente a ordem das gramíneas, família *Poaceae*, gênero *Saccharum*. De acordo com a classificação de sua família, a cultura é caracterizada por sua palatabilidade na alimentação animal e produção de cereais na alimentação humana (EMBRAPA, 2015). A espécie *Saccharum officinarum* é popularmente conhecida como cana nobre, pois em sua composição apresenta alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra em seu colmo. De modo geral, a cana possui como definição metabolismo C4, assim denominada por formar compostos orgânicos com quatro carbonos, a fim de possuir maior eficiência energética em seus processos metabólicos (EMBRAPA, 2014).

Durante o período de inverno, a ocorrência de geada se torna um fator agravante para a cana-de-açúcar, uma vez que as folhas jovens da cultura ficam expostas as baixas temperaturas. A geada ocasiona a dessecação das folhas a nível celular, e o nível de dano está diretamente ligado a duração do evento (CTC, 2022).

Um importante fator para mitigar os danos com geada é a aplicação de torta de filtro no sulco de semeadura. A torta atua mantendo calor nas raízes e consequentemente auxiliando na brotação da gema apical. Segundo Alves et al. (2017), a temperatura que tende a proporcionar maior desenvolvimento da brotação dos toletes é o intervalo entre 27°C a 33°C.

Em parâmetros mundial, o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar. Segundo o Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2021), a safra de 2020/2021 produziu 654,5 milhões de toneladas, sendo 41,2 milhões de toneladas voltada para a produção de açúcar, e 29,7 bilhões de litros de etanol. Somando-se a produção do Brasil, China e Índia, estes correspondem a 75% da produção mundial de cana-de-açúcar.

No Brasil, a maior produção de cana-de-açúcar está concentrada na região Centro-Sul, com enfoque nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, apresentando produção de 520.882,7 toneladas, seguida pela produção Norte /Nordeste (CONAB, 2022).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, (IEA, 2021), o crescimento do setor sucroenergético se deve à crescente demanda mundial de açúcar e etanol. A Indonésia é o país que mais importa açúcar no mundo, seguido pela Tailândia e Estados Unidos, sendo o último o terceiro maior importador e sétimo maior produtor.

O aumento do preço do petróleo no mercado mundial foi primordial para o crescimento da indústria sucroenergética brasileira, pelo etanol ser uma fonte de energia alternativa ao uso da gasolina e apresentar 89% de redução nos gases do efeito estufa quando originado a partir da cana-de-açúcar. Quando produzido a partir da beterraba açucareira a emissão é reduzida a 46% e 31% quando proveniente de grãos, como o milho (UNICA, 2021).

Na economia, a agroindústria sucroalcooleira é responsável por gerar centenas de milhares de empregos diretos e impactar positivamente no desenvolvimento urbano e renda per capita. Assim, a quantidade de cana-de-açúcar plantada e a produção tem crescido consideravelmente no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, que apresenta maior área plantada.

2.2 Torta de filtro

A torta de filtro é um subproduto gerado a partir da filtração do caldo, obtido durante a moagem do colmo e lodo da decantação, oriundo do processo de clarificação do açúcar. Cada tonelada de cana moída gera em torno de 40 kg de torta de filtro (BERNARDINO et al., 2018). Ainda de acordo com o autor, a torta de filtro é comumente utilizada no pré-plantio, em área total ou no sulco de plantio. O fator desfavorável é a tendência do aumento na concentração de metais pesados, além de impactar no pH do solo.

A qualidade da torta de filtro é diretamente influenciada pelo processo produtivo da cana-de-açúcar, e sabendo que a cana é cultivada em todo o Brasil, sob diferentes classes de solos, o composto a ser produzido pode sofrer diferentes composições nutricionais (ALVES et al., 2017).

A torta é rica em nutrientes minerais sendo eles: cálcio, fósforo, potássio, nitrogênio e matéria orgânica. Com o aumento no preço de insumos, a torta tem sido utilizada para substituir e minimizar o uso de fertilizante fosfatado. Quando associada ao fertilizante mineral, seus efeitos tendem a ser potencializados (NASCIMENTO et al., 2020).

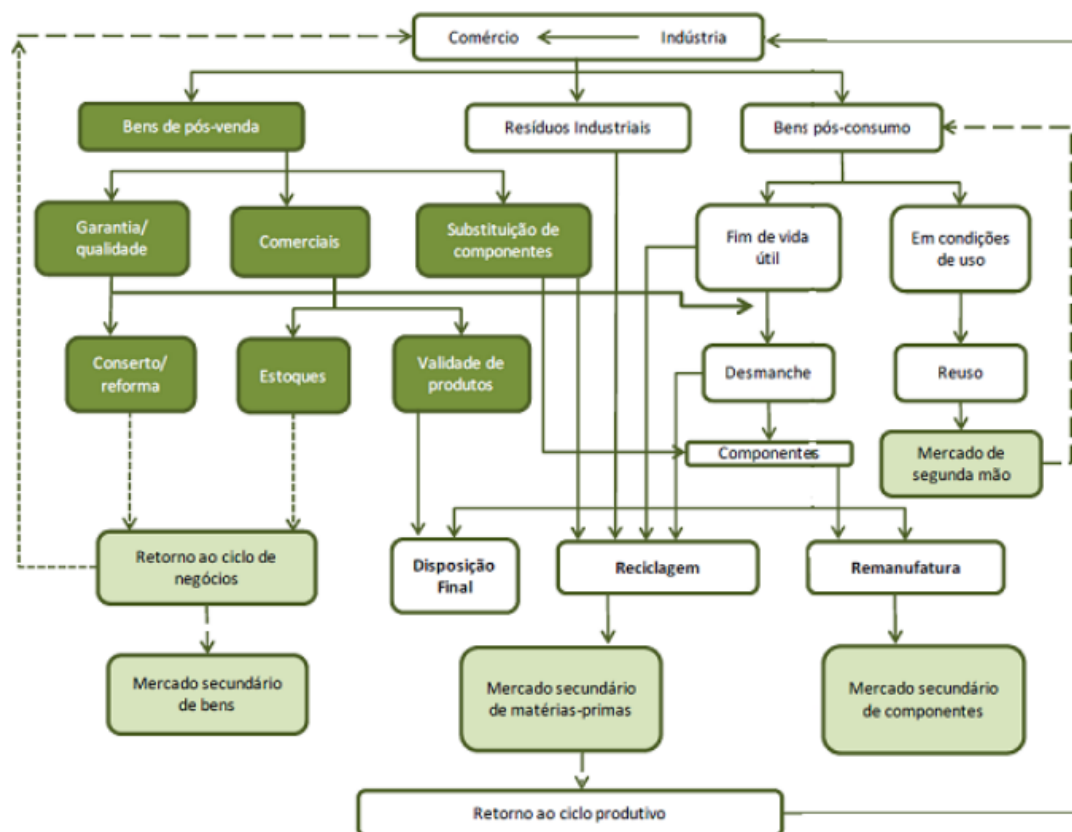
2.3 Logística reversa

O descarte consciente de resíduos industriais tem gerado cada vez mais debates. Neste sentido, foi sancionada a Lei Federal n. 12.305/2010 que discorre sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. A lei impõe que a recuperação de resíduos deve ser ambientalmente e tecnicamente comprovada. Viabilizando conter os problemas ambientais, sociais e econômicos oriundos do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Com base na lei, as operações que envolvem a reutilização e o correto descarte de um produto são direcionados pelo conceito de Logística Reversa. O Conselho Executivo de Logística Reversa (RLEC) define como sendo um processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, em que o principal objetivo é reaproveitar o valor agregado além de fornecer um destino ecologicamente correto ao resíduo (COELHO, 2013).

A logística reversa tem como finalidade não apenas retornar os produtos que já foram utilizados, mas também aquilo que não será reaproveitado no processo seguinte, dando uma correta destinação, conforme Figura 1. Trata-se de uma conduta que as empresas cada vez mais comprometidas com o meio ambiente tende a inserir em sua cultura, tornando-se uma ação que pode induzir ganhos financeiros para a organização (GOMES et al., 2016).

Figura 1. Atuação da logística reversa.



Fonte: Adaptado de Coelho, 2013.

3. OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o escoamento do subproduto torta de filtro em uma usina sucroenergética na safra 2022/2023, utilizando-o como fonte de adubo organomineral por meio do conceito de logística reversa, em área de cultivo de cana-de-açúcar com enfoque econômico na produção.

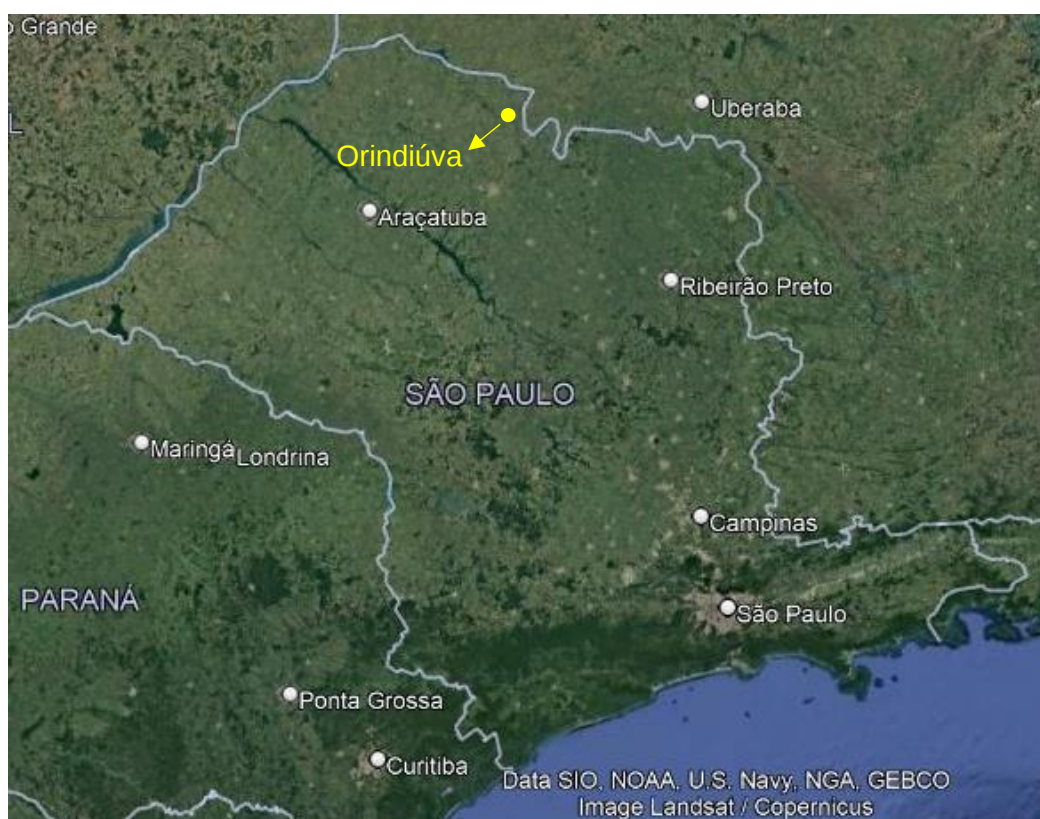
4. MATERIAL E MÉTODOS

O procedimento metodológico adotado foi baseado na pesquisa de cunho exploratório. Segundo o Centro Universitário Adventista de São Paulo (2019), as pesquisas exploratórias tendem a observar e compreender o objeto de estudo em diversos aspectos relativos ao fenômeno que o pesquisador deseja estudar. De forma a representar a experiência do fenômeno estudado. A metodologia adotada para este trabalho foi por meio de um estudo de caso, conforme Figura 4, de cunho qualitativo, descritivo, exploratório, de forma a abordar o reaproveitamento do composto torta de filtro no cultivo da cultura de cana-de-açúcar.

O desenvolvimento da pesquisa teve início com o método exploratório, visando maior compreensão dos processos ambientais relacionados ao manejo correto do resíduo agroindustrial torta de filtro, e a logística reversa a qual é submetido este material, tratando os dados coletados por meio de pesquisa bibliográfica e documental.

O propósito da análise descritiva deste trabalho foi realizar o estudo relacionado ao reaproveitamento da torta de filtro em áreas de cultivo de cana-de-açúcar no ano safra 2022/2023, além de seu retorno econômico. Os dados foram coletados em uma usina de cana-de-açúcar no município de Orindiúva, região noroeste do Estado de São Paulo, conforme Figura 2 e Figura 3, a qual possui capacidade para moagem de 5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Figura 2. Localização geográfica do município de Orindiúva - SP.



Fonte: Google Earth, 2022.

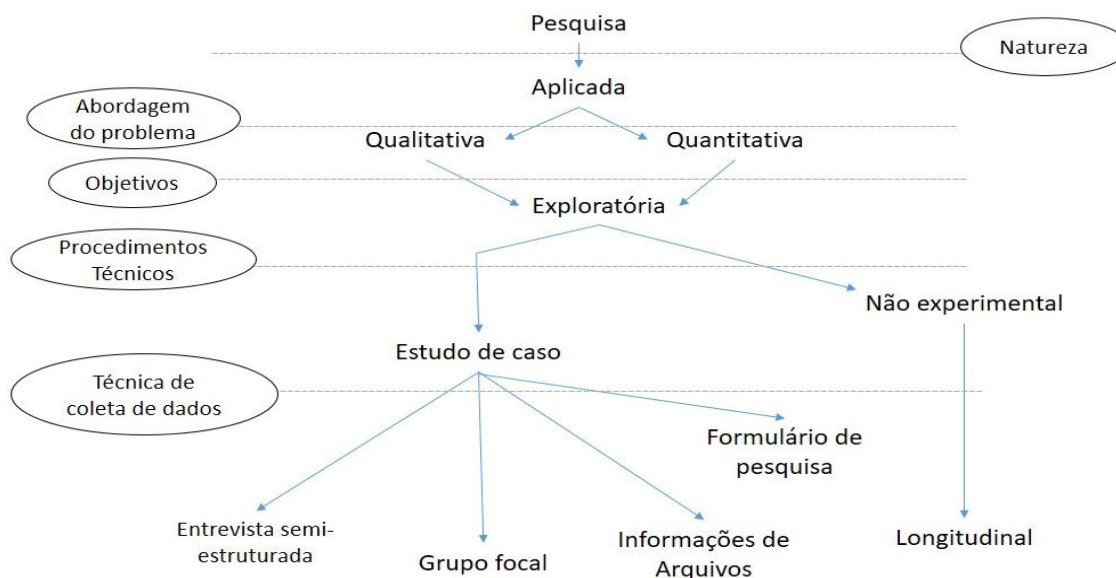
Figura 3. Mapa de localização do empreendimento.



Fonte: Google Earth, 2022.

O estudo consiste em dados obtidos a partir de informações de arquivos industriais e controle agrícola da usina selecionada (Figura 4).

Figura 4. Representação esquemática genérica de metodologia de pesquisa.



Fonte: Adaptado de Coelho apud Manhães, 2013.

A usina utilizada como objeto de estudo possui capacidade para moagem de 5 milhões de toneladas de cana, e na safra 2021/2022 atingiu 3.062 milhões de toneladas de cana moída, produzindo cerca de 96 mil toneladas de torta de filtro.

Desta forma, para facilitar o entendimento as informações foram apresentadas em figuras e tabelas, além de uma descrição na forma de texto, abrangendo os tópicos que tangem o objetivo deste trabalho.

A aplicação de torta de filtro em áreas de produção de cana-de-açúcar consiste em quatro diferentes matrizes de aplicação, sendo elas a aplicação a lanço, na operação de quebra-lombo, no sulco de plantio e na linha em cultura de cana soca. Neste estudo avaliou-se a aplicação de torta no sulco de semeadura, anterior ao plantio de cana.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Processo produtivo e destinação

Após produzida, a torta de filtro é encaminhada ao pátio de compostagem, onde é submetida ao processo de mineralização da matéria orgânica por meio da operação de compostagem. Sob condições adequadas de temperatura, umidade e pH, a torta de filtro se torna um material rico em fontes de macronutrientes que podem ser adotados no campo na forma de fertilizante orgânico.

No processo de compostagem, a torta é depositada em sequência linear na forma de leiras, otimizando o espaço disponível no pátio. A formação das leiras é determinada pela declividade do pátio, de modo a evitar o acúmulo de água, o que poderia impactar na geração de chorume, que são resíduos altamente solúveis e que podem ser lixiviados na presença de chuva, ocasionando contaminação ambiental.

A demarcação dos pontos a ser depositado o composto ocorre de acordo com a quantidade gerada de torta de filtro e cinza (proveniente da queima do bagaço para a geração de energia elétrica), em média, a cada tonelada de cana moída são geradas 40 kg de torta de filtro e 12 kg de cinza, deste modo, o composto é depositado no pátio na proporção 2:1 respectivamente.

Após formada, a leira é consolidada e seu acompanhamento é feito até que finalize o processo de mineralização.

O processo de geração dos principais resíduos, torta de filtro e vinhaça, em uma usina sucroenergética contemplam as seguintes etapas (NOVA CANA, 2017).

Lavagem: O tolete é depositada sobre a esteira rolante, onde é submetido ao processo de lavagem para retirada de resíduos e impurezas que acompanharam o processo de colheita. Em seguida, o tolete passa pelo picador e pelo eletroímã, onde é separado os materiais metálicos que possam estar acompanhando-o.

Moagem: Após o processo de lavagem, a cana passa por rolos trituradores, excretando o melaço. O produto excedente é denominado de

bagaço, resíduo este que pode ser utilizado no processo de geração de energia elétrica dando origem a cinza.

Decantação: Com a finalidade de eliminar as impurezas ainda presente no caldo, o líquido passa pela peneira de filtração e fica contido em tanques de decantação para que toda a impureza excedente seja decantada. Após finalizado este processo, o melaço puro extraído é denominado de caldo clarificado. O material retido na peneira de filtração é denominado como torta de filtro.

Fermentação: Após a filtragem, o caldo é destinado as dornas, no qual é acrescentado a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levedura se alimenta do açúcar presente no caldo, quebrando as moléculas de glicose, originando etanol e gás carbônico. O produto excedente nesta etapa é denominado de vinho, e possui em sua composição cerca de 10% de etanol.

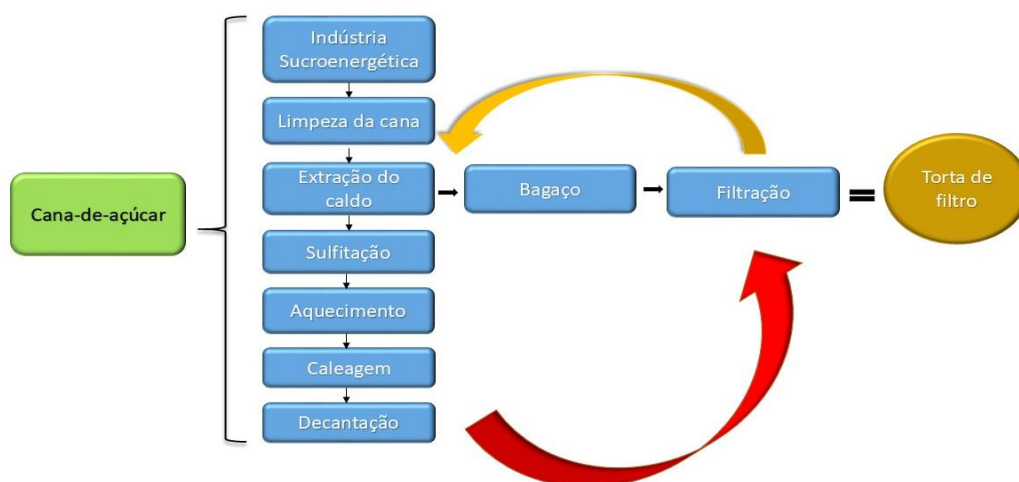
Destilação: O etanol misturado ao vinho é destinado as colunas de destilação, onde é aquecido e durante a condensação é separado o vinho do etanol. O produto obtido durante esta etapa é denominado de álcool hidratado, com grau alcoólico em torno de 96%. O resíduo obtido é denominado de vinhoto ou vinhaça, rico em potássio e utilizado como fertilizante nos canaviais.

Desidratação: Etapa em que por diferentes processos pode ser retirado o percentual excedente de água presente no álcool, originando o álcool anidro, com 99,5% de grau alcoólico. Um exemplo deste processo é a adição de solvente colocado ao álcool hidratado, seguido pelo processo de evaporação.

Armazenamento: O armazenamento ocorre em tanques, até que sejam transportadas às distribuidoras.

Segundo Bernardino et al. (2018), a torta de filtro é um resíduo proveniente do processo de clarificação do açúcar, possui em sua composição o bagaço moído e lodo da decantação, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5. Processo produtivo da torta de filtro em indústria sucroenergética.



Fonte: Adaptado de Bernardino et al. (2018).

A operação é iniciada após a realização da dessecação, sistematização área e preparo do solo. A taxa de aplicação do composto no sulco de plantio é de 10 toneladas por hectare, a 35 cm de profundidade, conforme Figura 6 e Figura 7, seguindo Padrão de Recomendação Agrônômico (PRA), de cada safra.

Figura 6. Trator e implemento utilizados na aplicação de composto.



Fonte: Próprio autor.

Figura 7. Aplicação de torta de filtro em sulco de plantio.



Fonte: Próprio autor.

O planejamento para a formação do canavial inicia-se com o preparo do solo, em que há aplicação de calcário, gesso e fosfato a lanço. Em seguida, inicia-se o processo de adubação.

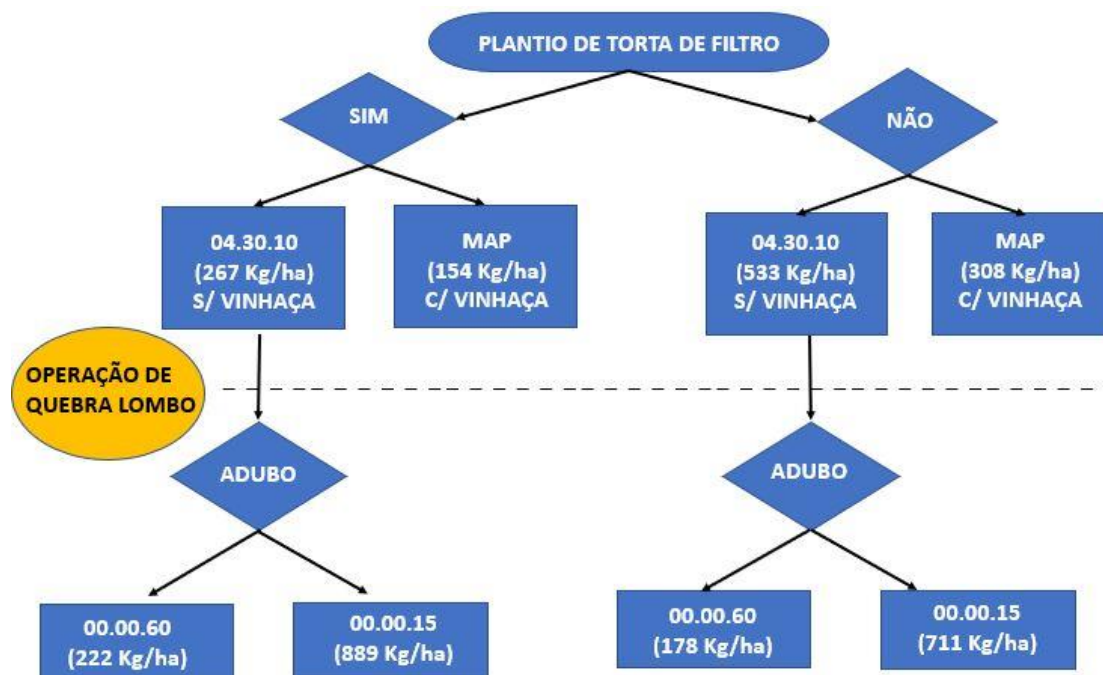
As premissas para se determinar as áreas que será realizado a aplicação do composto ocorre através da amostragem de solo, analisando textura do solo, teor de matéria orgânica, histórico da área e previsão de plantio de cana-de-açúcar.

5.2 Adubação mineral vs Adubação organomineral

Durante o plantio da cana podem ser utilizadas duas opções de adubo mineral, sendo o fosfato monoamônico (MAP) e o adubo 04-30-10, seguindo o Padrão de Recomendação Agrônômico (PRA).

A escolha do adubo a ser utilizado durante o plantio de cana está diretamente ligado a aplicação de vinhaça. A figura 8 ilustra o fluxograma para determinação do adubo nas operações de aplicação de torta e quebra-lombo.

Figura 8. Fluxograma das premissas para utilização de adubo mineral no plantio de cana.



Fonte: Autoria própria.

Em áreas que não será realizado a aplicação de vinhaça, o adubo a ser adotado é o 04-30-10, em uma taxa de 267 kg ha⁻¹ e em áreas com aplicação de vinhaça, adota-se o MAP, em uma taxa de 154 kg ha⁻¹. Na operação de quebra-lombo em área de aplicação de torta e sem aplicação de vinhaça, pode-se utilizar o adubo 00-00-60, em uma taxa de 222 kg ha⁻¹, ou adubo 00-00-15, a 889 kg ha⁻¹.

Em contrapartida, para as áreas em que não será realizado a aplicação de torta de filtro, podemos separar em áreas que não será aplicado vinhaça e que será aplicado vinhaça. Em áreas sem aplicação de torta e vinhaça, o adubo a ser utilizado é o 04-30-10, em uma taxa de 533 kg ha⁻¹, em áreas sem a aplicação de torta, mas com a aplicação de vinhaça, adota-se o MAP, em uma taxa de aplicação de 308 kg ha⁻¹.

Na operação de quebra lombo, em áreas sem aplicação de torta e sem aplicação de vinhaça, pode-se utilizar o adubo 00.00.60 a uma taxa de 178 kg ha⁻¹, ou o adubo 00-00-15 em uma taxa de 711kg ha⁻¹.

5.3 Viabilidade econômica

De acordo com os dados obtidos durante a pesquisa exploratório, foi possível obter a diferença econômica entre áreas que foi realizado a aplicação de torta, e em áreas que não foi realizada a aplicação de torta.

A tabela 1 representa a análise química do composto torta de filtro e cinza, sem o enriquecimento do composto.

Tabela 1. Análise química composto torta de filtro.

ID.	%MO	%CO	%N	%P2O5	%K2O	%CA	%Mg	%S	pH	%B	%Cu	%Fe	%Mn	%Zn	Umidade (%)
1	31,4	18,2	1	2,1	0,9	2,7	0,6	0,2	7,5	NS	NS	NS	NS	NS	39,8
2	31,4	18,2	0,8	1,6	0,7	2,6	0,5	0,2	8,4	NS	NS	NS	NS	NS	57,5
3	52,9	30,7	1,1	1,4	0,4	2,3	0,4	0,3	6,1	NS	NS	NS	NS	NS	70,9

Fonte: Autoria própria.

ID 1: Composto pronto para destinação. ID 2: Composto em processo de mineralização. ID 3: Composto recém chegado da indústria.

A temperatura das leiras tendem a estar entre 50 e 70°C, e a operação de compostagem deve ser realizada a cada dois dias, ou quando a temperatura das leiras atingir 60°C, evitando que haja a queima de matéria orgânica.

O momento em que a temperatura estabiliza, indica o fim da mineralização da matéria orgânica e o composto está pronto para ser direcionado ao campo.

Durante o processo, semanalmente deve-se retirar uma amostragem das leiras, para acompanhamento do teor de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, pH, relação C:N e teor de umidade no composto.

Em contrapartida, a tabela 2 apresenta o ganho em micronutrientes e macronutrientes em composto enriquecido em comparação a utilização da adubação mineral.

Tabela 2. Diferença no percentual de nutriente fornecido ao solo em aplicação de composto enriquecido e aplicação de adubo mineral em área de cultivo de cana.

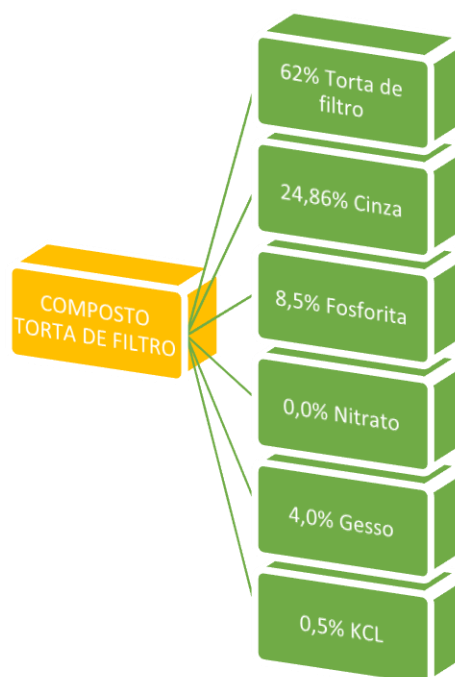
Nutriente	Composto enriquecido	Adubo mineral
N (%)	46,98	20,00
P (%)	152,53	150,00
K (%)	51,41	50,00
Ca (%)	230,64	0,00
Mg (%)	24,84	0,00
S (%)	48,92	0,00
TOTAL	554,41	220,00

Fonte: Autoria própria.

Portanto, a partir dos dados é possível analisar que a diferença de nutrientes equivale a 334,42 kg ha⁻¹.

O composto aplicado no sulco de plantio é enriquecido antes de ser transportado ao campo. Quando enriquecido, possibilita ser utilizado em menor taxa, reduzindo a aplicação no sulco de 20 tha⁻¹ para 10tha⁻¹, tornando-se viável para o transporte em um raio de 60 quilômetros de distância, considerando o alto custo quando se determina realizar a adubação mineral. A incorporação de nutrientes minerais ao composto enriquecido possibilita a substituição total do nitrogênio, fósforo e parcialmente do potássio, priorizando a correta concentração destes nutrientes durante o manejo (Carneiro *apud* Agenor Junior et al. 2011).

A figura 9 representa a composição da torta de filtro após seu enriquecimento.

Figura 9. Composição do composto torta de filtro após o enriquecimento.

Fonte: Autoria própria.

Na safra 2021/2022, aproximadamente 34% da quantidade gerada de resíduo orgânico foi concedido aos parceiros fornecedores de cana, que possuem direito a retirada de composto. A quantidade fornecida varia de acordo com a qualidade da matéria prima que foi entregue.

Na tabela 3 estão apresentadas as receitas brutas (RB) de cada tratamento, os custos de produção (CP) e dos adubos (CA) e o retorno econômico obtido [RE= RB - (CP + CA)].

Tabela 3. Receita bruta, custo de produção e dos adubos e retorno econômico obtido nos tratamentos estudados.

Tratamento	Receita Bruta (RB) (R\$ ha ⁻¹)	Custo de produção (CP) (R\$ ha ⁻¹)	Custo do adubo (CA) (R\$ ha ⁻¹)	Retorno Econômico (RE) (R\$ ha ⁻¹)
ADUBO MINERAL	13.287,60	502,40	2.162,20	10.623,00
COMPOSTO TORTA DE FILTRO	15.502,20	328,70	851,39	14.322,11

Fonte: Autoria própria.

O maior retorno econômico obtido foi no tratamento que consiste na aplicação do composto torta de filtro. O custo real do adubo mineral ficou em 2.664,60 R\$ha⁻¹ adicionando ao custo de produção, enquanto o composto apresentou 1.180,09 R\$ha⁻¹. Assim, o composto torta de filtro quando enriquecido mostrou ser uma boa opção de redução de custos.

Outro ponto observado foi que a cana cultivada com composto enriquecido apresentou maior produtividade por hectare quando comparado a cana cultivada com adubo mineral, este fator (maior receita bruta) aliado com o menor custo de produção/insumos traz um retorno econômico aproximadamente 35% maior quando a cana é cultivada com a torta de filtro no sulco de plantio.

Segundo Vazquez (*apud* Alvarenga & Queiroz, 2015, p.61), dados fornecidos pela UDOP (União dos Produtores de Bioenergia) relatam que é possível reduzir em média US\$ 60 por hectare os custos de produção com a cultura da cana-de-açúcar, substituindo o adubo mineral pela torta de filtro e vinhaça.

6. CONCLUSÃO

A aplicação do composto torta de filtro quando enriquecido proporciona maiores ganhos em TCH quando comparado ao adubo mineral. Além disso, proporciona correta destinação ao resíduo agroindustrial a partir da logística reversa, tornando-o uma fonte rica em nutrientes e matéria orgânica e garantindo a sustentabilidade. Este método proporciona maior retorno econômico visto que conforme exposto no trabalho os custos relacionados a produção, enriquecimento e aplicação são menores do que os do adubo mineral, desde que seu transporte a longas distâncias seja favorável pois quando compara-se o volume necessário de torta de filtro e adubo durante as operações, notando-se uma diferença considerável no volume necessário para aplicação em uma mesma área.

O aumento no custo do fertilizante possibilitou que as usinas sucroenergéticas focassem em otimizar seus processos e realizar a correta destinação do material que anteriormente era considerado apenas resíduo agroindustrial. Conforme foi mostrado durante o desenvolvimento deste trabalho, a aplicação da torta tem menor custo quando comparado a utilização de adubo mineral, porém é uma prática pouco difundida no contexto de cultivo de canaviais. Observa-se que o tema não é amplamente explorado na literatura e tampouco difundido nas grandes indústrias do mercado nacional, dificultando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a qualificação de profissionais da área para otimização dos processos de enriquecimento e aplicação em outros setores do agronegócio, como exemplo a cultura de grãos.

A eficácia da torta de filtro tem sido explorada continuamente em áreas de canaviais, adotando-a como fonte de adubo organomineral e assim diminuindo custo com operação e insumo agrícola, além de explorar seu potencial econômico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. **Valor de produção bate recorde, mas safra 2021 não supera ano anterior.** 2022. Disponível em: <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34943-valor-de-producao-bate-recorde-mas-safra-2021-nao-supera-ano-anterior#:~:text=A%20%C3%A1rea%20plantada%20do%20pa%C3%ADs,hoje%20\(15\)%20pelo%20IBGE](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34943-valor-de-producao-bate-recorde-mas-safra-2021-nao-supera-ano-anterior#:~:text=A%20%C3%A1rea%20plantada%20do%20pa%C3%ADs,hoje%20(15)%20pelo%20IBGE)>. Acesso em: 10 Nov. 2022.

ALVES, D. R.; ABDALLA, M. G.; LIMA, A. F. **Aplicação da torta de filtro como adubo em canaviais.** 2017. Disponível em: <[https://www.uniube.br/eventos/edepa/2019/downloadAnexo.php?pessoa=267165&sequencia=17#:~:text=A%20torta%20de%20filtro%20tem,\(Nunes%20J%C3%BAnior%2C%202005\)](https://www.uniube.br/eventos/edepa/2019/downloadAnexo.php?pessoa=267165&sequencia=17#:~:text=A%20torta%20de%20filtro%20tem,(Nunes%20J%C3%BAnior%2C%202005))>. Acesso em: 10 out. 2022.

BERNARDINO, C. A. R.; MARLER, C. F.; VELOSO, M. C. C.; ROEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. Torta de filtro, resíduo da indústria sucroalcooleira- Uma avaliação por pirólise lenta. **Rev. Virtual Química.**, 2018. Vol.10, nº3, Niterói/RJ, Junho de 2016, p. 4. Disponível em: <<http://static.sites.sbg.org.br/rvq.sbg.org.br/pdf/BernardinoNoPrelo.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

BIROCHI, R. **Metodologia de Estudo e de Pesquisa em Administração.** Rev. Curso de graduação em administração. Vol. 01, Florianópolis/SC, p. 97-100, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 jan. 2023.

CARNEIRO, M; CESÁRIO, O. **Adubação para altas produtividades da cana-de-açúcar.** 2021. Disponível em: <<https://blog.agromove.com.br/adubacao-altas-produtividades-cana/>>. Acesso em 20 mar. 2023.

CENTRO UNIVERSITÁRIO ADVENTISTA DE SÃO PAULO. **Pesquisa Científica:** A diferença entre exploratória, descritiva e explicativa. 2019. Disponível em: <<https://unasps.br/blog/pesquisa-cientifica-diferencas/>>. Acesso 20 fev. 2023.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Geadas na cana-de-açúcar.** 2022. Disponível em: <<https://ctc.com.br/produtos/wp-content/uploads/2022/05/CTC-Geadas-na-cana-de-acucar.pdf>>. Acesso em: 23 mar 2023.

CONAB. **Conab realiza pesquisa de campo sobre a cana-de-açúcar.** 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4688-conab-realiza-pesquisa-de-campo-sobre-cana-de-acucar>>. Acesso em: 06 set. 2022.

COELHO, C. **Análise de fluxo de material no processo de preparação do minério de ferro para indústria siderúrgica**. 2013. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-producao/wp-content/uploads/sites/13/2013/04/An%C3%A1lise-de-Fluxo-de-Material-no-Processo-de-Prepara%C3%A7%C3%A3o-do-Min%C3%A9rio-de-Ferro-para-Ind%C3%BAstria-Sider%C3%BArgica_Cristiano-Coelho.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar – Safra 2022/23. **CONAB**, v. 09, p. 13-16, 2022.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **CNA debate impactos do aumento dos preços dos fertilizantes para o produtor**. 2022. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/noticias/cna-debate-impactos-do-aumento-dos-precos-dos-fertilizantes-para-o-produtor>>. Acesso em 17 out. 2022.

EMBRAPA. **Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de ferragem**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1008387/1/CNPASA2014DOC7.pdf>>. Acesso em 20 out. 2022

EMBRAPA. **Denominação de cultivares de cana-de-açúcar como suporte à documentação e utilização do germoplasma conservado**. 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142155/1/Doc-196.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2022.

EMBRAPA CANA. **Adubação: Resíduos alternativos**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/correcao-e-adubacao/diagnose-das-necessidades-nutricionais/recomendacao-de-correcao-e-adubacao/adubacao-residuos-alternativos#:~:text=Figura%207.-,Torta%20de%20filtro.,nas%20Regi%C3%A3o%20Sul%20e%20Sudeste>>. Acesso em 22 out. 2022.

GOMES, A.C.A.; MEURER, A. P. S.; PINTOR, G.M.Z. O uso da logística reversa para atender a responsabilidade socioambiental: Estudo de caso em uma agroindústria canavieira do paraná. **Revista Orbis Latina**. vol.6, n 2, Foz do Iguaçu/PR, Julho – Dezembro de 2016, p. 1-18. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/index.php/orbis>. Acesso em: 09 nov. 2022.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Alta na Produção e nas Exportações de A   ar Marca a Safra 2020/21 de Cana**. 2021. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925>>. Acesso em: 05 out. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Como a guerra na Ucrânia poderá afetar o comércio exterior? Efeitos sobre o Brasil.** 2022. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/220315_cc_not_a_22_guerra_da_ucrania.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Estatísticas do setor.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>. Acesso em 18 out. 2022.

NASCIMENTO, M. A.; SILVA, J.H.B.; SILVA, T.L.; SILVA, G. M. L.; SILVA, A. V.S. **Influência do uso da torta de filtro enriquecida sob o número de brotações de cana-de-açúcar.** 2020. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA25_ID1002_07112020155114.pdf. Acesso em: 15 dez. 2022.

NOVA CANA. **Processos de fabricação do etanol.** 2017. Disponível em: <https://www.novacana.com/etanol/fabricacao>. Acesso em 29 out. 2022.

POVEDA, M. **Análise econômica e ambiental do processamento da vinhaça com aproveitamento energético.** 2014. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-25032015-161117/publico/DissertacaoManuelMorenoVersaoCorrigida.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2022.

UNICA. **Cana-de-açúcar é fonte de 19% da energia consumida no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/cana-de-acucar-e-fonte-de-19-da-energia-consumida-no-brasil/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; BONINI, C. DOS S. B.; NETO, A. B. **Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta. Brazilian Journal of Biosystems Engineering.** 2015 v. 9 n°1, Abril de 2015, p. 61. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275238586_USO_DE_FERTILIZANTE_ORGANOFOSFATADO_E_TORTA_DE_FILTRO_EM_CANA-PLANTA_USE_OF_ORGANOPHOSPHATED_FERTILIZER_AND_FILTERCAK_E_IN_PLANT-CANE. Acesso em: 17 jan. 2023.