



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM QUÍMICA**

JOSÉ WESLEY DOS SANTOS

**USO DOS SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL EM
SUBSTITUIÇÃO AOS FERTILIZANTES**

**PENEDO, AL
2023**

JOSÉ WESLEY DOS SANTOS

**USO DOS SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL EM
SUBSTITUIÇÃO AOS FERTILIZANTES**

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Química do Instituto Federal de Alagoas, campus Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

Orientador (a): Simonise Figueiredo Amarante Cunha

PENEDO, AL
2023



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

S237u

Santos, José Wesley dos.

Uso dos subprodutos da fabricação do açúcar e do etanol em substituição dos fertilizantes/ José Wesley dos Santos. – 2023.
15f. : il.

Orientação: Prof.^a Simonise Figueiredo Amarante Cunha.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio Integrado em Química) – Instituto Federal de Alagoas, Campus Penedo, Penedo, 2023.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Indústria sucroalcooleira – Subprodutos. 2. Fertilizantes. 3. Cana-de-açúcar. 4. Torta de filtro. 5. Vinhaça. I. Cunha, Simonise Figueiredo Amarante. II. Título.

CDD: 664.1

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159

JOSÉ WESLEY DOS SANTOS

**USO DOS SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL EM
SUBSTITUIÇÃO AOS FERTILIZANTES**

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Química do Instituto Federal de Alagoas, campus Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Química.

APROVADO(A) EM: 19/04/2023

BANCA EXAMINADORA

Simonise Figueiredo Amarante Cunha

Prof. Dr^a. Simonise Figueiredo Amarante Cunha
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Amaury Franklin Benvindo Barbosa

Prof. Dr. Amaury Franklin Benvindo Barbosa
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

Marina de Magalhães Silva

Prof. Dr^a. Marina de Magalhães Silva
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

USO DOS SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL EM SUBSTITUIÇÃO AOS FERTILIZANTES

USE OF SUGAR AND ETHANOL MANUFACTURING BY-PRODUCTS AS REPLACEMENT OF FERTILIZERS

José Wesley dos Santos

RESUMO

A cana-de-açúcar é matéria prima para a produção de açúcar e etanol, onde ao longo desse processo de fabricação são obtidos subprodutos como a torta de filtro e a vinhaça. Subprodutos são descartes agroindustriais, ou seja, restos de materiais que o processo principal não precisa para o produto final. Diante da revisão bibliográfica, observou-se que a torta de filtro e a vinhaça possuem em sua composição nutrientes e minerais que podem ser aplicados em terras de plantio da própria cana-de-açúcar para complementar e saciar as necessidades da planta para o seu desenvolvimento quando o solo sozinho não possui todos os componentes necessário para a planta. Por ocasionar menos impactos ao meio ambiente quando usado como adubo, serem mais baratos que os fertilizantes industriais, esses subprodutos são uma boa alternativa para os produtores de canaviais que necessitam das propriedades que esses fertilizantes possuem, mas que também querem economizar, logo, a utilização dos subprodutos em substituição aos fertilizantes são uma boa alternativa para a preservação do meio ambiente, para a usina que produz e para os pequenos produtores.

Palavras-chave: Subprodutos; Torta de filtro; Vinhaça; fertilizantes.

ABSTRACT

Sugarcane is raw material for the production of sugar and ethanol, where by-products such as filter cake and vinasse are obtained throughout this manufacturing process. By-products are agro-industrial discards, that is, leftover materials that the main process does not need for the final product. In view of the bibliographical review, it was observed that the filter cake and vinasse have nutrients and minerals in their composition that can be applied in sugarcane planting lands to complement and satisfy the needs of the plant for its development when the soil alone does not have all the necessary components for the plant. Because they cause less impact on the environment when used as fertilizer, and are cheaper than industrial fertilizers, these by-products are a good alternative for sugarcane producers who need the properties that these fertilizers have, but who also want to save, therefore, the use of by-products replacing fertilizers are a good alternative for the preservation of the environment, for the plant that produces it and for small producers.

Keywords: By-products; Filter cake; Vinasse; fertilizers.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar tem início na colonização, sendo introduzida por portugueses, para poder formar recursos e tomar posse das terras brasileiras. Desde então, a cana-de-açúcar vem conseguindo cada vez mais espaço no mercado comercial, por conta da variedade de produtos e subprodutos que podem ser obtidos a partir dela (MACHADO, 2008).

Como as terras de plantio muitas vezes não possuem as propriedades físicas, químicas e biológicas em boa condição para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, os proprietários de grandes hectares de plantação precisam fazer consideráveis investimentos em fertilizantes para poder enriquecer suas terras com os nutrientes que estão ausentes e são essenciais para o crescimento da planta. Por conta do alto custo desses fertilizantes industriais, os produtores recorreram à utilização dos subprodutos da produção do açúcar e do álcool (ALVES; ABDALLA e LIMA, 2017).

A cana-de-açúcar tem como seus principais produtos o açúcar e o álcool etílico (etanol). Da cadeia produtiva deles são gerados como subprodutos o bagaço, a torta de filtro e a vinhaça. Subprodutos são descartes agroindustriais como na produção do açúcar de alto padrão e na produção de álcool onde seu processo gera esses subprodutos citados anteriormente que podem ser utilizados para outras finalidades na indústria ou para fora da mesma (CORTEZ; MAGALHÕES e HAPPI, 2007).

A utilização da torta de filtro e da vinhaça como adubo em canaviais evita o descarte destes subprodutos em locais inapropriados como os rios, assim prejudicando a vida dos seres vivos daquele local e ao meio ambiente, por conta da alta demanda bioquímica de oxigênio; diminui o uso de água para irrigação; diminui a poluição de corpos híbridos; entre outras vantagens ambientais (BONASSA, 2015).

Diante das necessidades nutricionais dos solos nos canaviais e da busca por uma destinação aos subprodutos da fabricação do açúcar e do etanol, a torta de filtro e a vinhaça se tornam atrativos para o uso como fertilizantes. A torta de filtro e a vinhaça em substituição dos fertilizantes proporcionam vantagens para as fábricas,

aos proprietários de canaviais e ao meio ambiente como: mais praticidade no destino desses subprodutos, menos gastos e menos impactos ao meio ambiente (LUCENA, 2014).

Dessa forma, este artigo teve como objetivo realizar um breve levantamento bibliográfico sobre o uso da torta de filtro e da vinhaça, subprodutos da fabricação do açúcar e do etanol, em substituição aos fertilizantes, enfatizando as principais vantagens deste processo.

2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL

Para a obtenção do açúcar utiliza-se, como principal matéria-prima aqui no Brasil, a cana-de-açúcar. Seu processo é basicamente a extração e concentração do caldo presente na cana-de-açúcar (MACHADO, 2012).

A fabricação começa na recepção da matéria prima: a cana-de-açúcar é pesada e algumas amostras são coletadas para análise dos compostos necessários para o processo. Em seguida, a matéria-prima é direcionada para a casa de cana, onde é estocada ou vai diretamente para a mesa alimentadora, onde é lavada e preparada para a extração.

No processo de extração, a cana é esmagada por ternos de moenda que aplicam uma pressão sob a cana, onde é adicionado água para extrair o máximo de caldo possível. Esse processo consegue extrair cerca de 96% do caldo contido na cana-de-açúcar. Após a extração do caldo, o bagaço obtido é direcionado para a produção de energia na usina através da queima dele nas caldeiras, por ser uma grande quantidade é também usado como fertilizante ou vendido para alimentação de gado, sendo uma renda a mais para a usina (MACHADO, 2012)

O caldo obtido segue para as etapas de tratamento que é composta por peneiramento, pré-aquecimento, sulfitação, caleação, fosfatação, aquecimento, flasheamento, decantação e filtração. No aquecimento do caldo são utilizados trocadores de calor, onde o caldo é aquecido entre 103 a 110° C. A decantação é a parte em que o caldo é separado das impurezas com o auxílio de polímeros que ajuda a decantação ser mais rápida, logo após o tratamento do caldo, o lodo de

sedimentação (acúmulo dos sólidos) obtido passa pela filtração onde é produzida a torta de filtro utilizada como fertilizante (PAULINO, 2013).

Após a remoção da maior parte das impurezas, o caldo tratado é enviado para o processo de evaporação. Neste processo, a água contida no caldo é evaporada até obter um xarope grosso e amarelo. Posteriormente, na operação de cristalização, o xarope é cozido em um cristizador até atingir um grau de supersaturação, desse modo, os cristais de açúcar são gerados e a massa é agitada lentamente em refrigeração para finalizar o processo de cristalização. Os cristais formados são separados do licor-mãe na etapa de centrifugação. Por fim, o processo de secagem consiste em retirar a umidade do açúcar, para evitar perdas pela deterioração do mesmo. (MACHADO, 2012).

A produção de etanol consiste no mesmo processo da produção do açúcar até a parte da evaporação, onde o xarope produzido é destinado para a fermentação e é misturado com fermentos e leveduras, dessas, a mais comum é a levedura de *Saccharomyces cerevisiae*. Essas leveduras têm o trabalho de consumir o açúcar contido no xarope, quebrando as moléculas de glicose e formando cerca de 10% de etanol e gás carbônico, tendo como produto final o vinho fermentado.

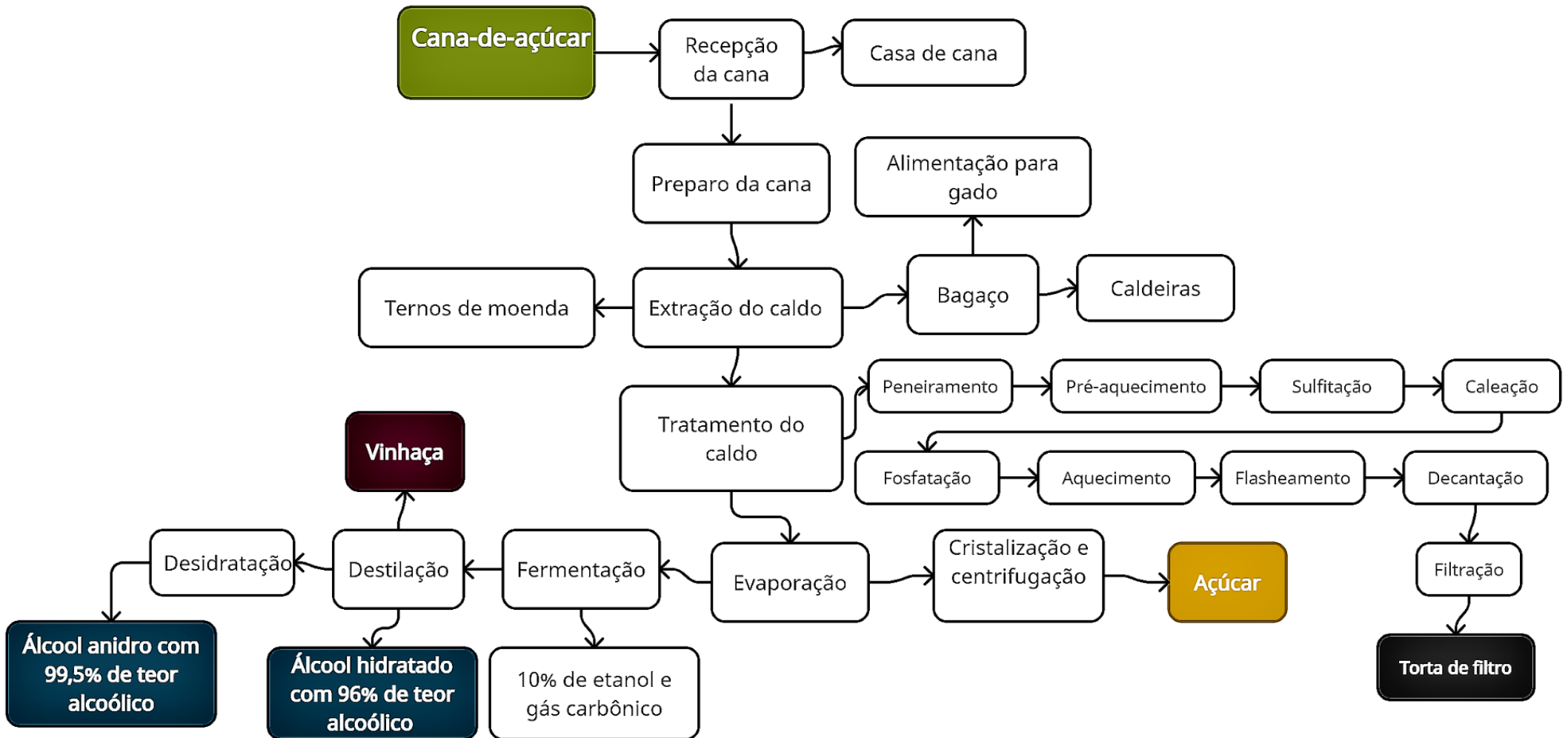
Após a fermentação, esse vinho vai para a destilação onde é colocado em colunas de destilação para ser aquecido até evaporar e logo após ser condensado. O vinho é separado do etanol e obtém-se o álcool hidratado que possui cerca de 96% de grau alcoólico (NUNES, 2017).

Desidratação: após a fermentação, é retirada a água que resta no álcool hidratado e formado o álcool anidro. Essa etapa pode ser feita a partir de um solvente colocado ao álcool que se junta com a água e é evaporado junto com ela. Outros sistemas de desidratação que podem ser usados são o de peneiração molecular e pré evaporação que separa a água com uma peneira especial. O álcool anidro formado aqui possui cerca de 99,5% de teor alcoólico onde é misturado com a gasolina como combustível (NUNES, 2017).

Por fim, na fase de armazenamento o álcool anidro e hidratado é colocado em grandes tanques até serem levados ao comércio por caminhões (NUNES, 2017).

Na Figura 1 observa-se o fluxograma com o processo de fabricação do açúcar e do etanol.

Figura 1 - Processo de fabricação do açúcar e do etanol



Fonte: Autoria própria, 2023

3. SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR E DO ETANOL: TORTA DE FILTRO E VINHAÇA

3.1. Torta de Filtro

A torta de filtro é derivada do processo de produção do açúcar, onde é separada do processo nos filtros rotativos a vácuo (Figura 2).

Figura 2 - Filtro rotativo a vácuo.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Em uma usina, cada tonelada de cana, direcionada a produção de açúcar, gera em média 35 kg de torta de filtro. Cabe observar que o modo de processo de clarificação do caldo: carbonatação, sulfitação, peróxido de hidrogênio, ozonização, por meio de polieletrólitos, entre outros, utilizado pela usina pode influenciar e modificar essa quantidade e sua composição (ANACLETO, 2014).

Ela é composta pelo bagaço moído e de lodo úmido proveniente do processo de filtração do caldo ou clarificação do açúcar. A composição da torta de filtro pode variar a depender da qualidade e maturação da cana; características do solo em que a mesma foi plantada e o modo em que o processo de fabricação do açúcar foi realizado (REYNEL, 2016).

Por sua composição química ser constituída por nitrogênio, fósforo e pouco potássio, é recomendável fazer um equilíbrio de nutrientes adicionando cloreto de potássio (OLIVEIRA, 2020). Sabendo-se disso, Fernando Reynel afirma que entre os efeitos da torta de filtro sobre as propriedades químicas do solo: o aumento sobre disponibilidade de nitrogênio, fósforo e cálcio, a CTC (Capacidade de Troca

Catiônica) e a diminuição nos teores de alumínio trocável, merecem destaque, contribuindo para um maior desenvolvimento da cana-de-açúcar (REYNEL, 2016).

3.2. Vinhaça

A vinhaça é uma solução aquosa de coloração escura que escurece mais ainda ao ser exposta ao ar, oxidando-se. Normalmente, ela possui uma estrutura composta por 93% de água e 7% de sólidos, em que 75% destes são orgânicos e biodegradáveis e os outros 25% restantes correspondem à fração mineral (ROCHA, 2009).

Ela é consequência da produção de etanol nas usinas sucroalcooleiras, possuindo um pH de aproximadamente 4,0; sendo assim considerada ácida, além de possuir um elevado teor de potássio.

O profissional na área química da usina deve coletar no mínimo duas amostras da vinhaça, gerada na safra (Figura 3), para a análise de pH; dureza; condutividade elétrica; nitrogênio nitrato; nitrogênio nitrito; nitrogênio amoniacal; nitrogênio Kjeldhal; sódio; cálcio; potássio; magnésio; sulfato; fosfato total e resíduo não filtrável total (JAQUELINEN, 2007).

Figura 3 - Amostra de vinhaça para análise.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao ser aplicada no solo, o proprietário deve ter a precaução de não exagerar na quantidade, por conta dela possuir uma elevada concentração de nutrientes e matéria orgânica que ao invés de melhorar a qualidade do solo, pode prejudicar a qualidade do mesmo e da planta que está neste local, como a salinização do solo;

diminuir o crescimento da planta, mudando suas características físicas como a fibra e sacarose, entre outros (SILVA, 2013).

Por ser aplicado ácido sulfúrico (H_2SO_4) na etapa de fermentação do álcool, a vinhaça é corrosiva e também apresenta grande quantidade de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), que a deixa com um potencial altamente poluidor para águas superficiais (ROCHA, 2009).

De acordo com Rocha (2009), estima-se que 60% da vinhaça produzida pelas usinas é proveniente de caldo de cana e os outros 40% sejam resultantes da fermentação de mostos mistos. E segundo Novais (2018), a produção de vinhaça varia em função dos diferentes processos empregados na fabricação do etanol; de maneira geral de 10 a 18 litros de vinhaça são obtidos através de 1 litro de etanol produzido. Considerando que uma usina produz em média 400 mil litros de etanol por dia, em um dia, é gerado cerca de 4 milhões de litros de vinhaça.

4. USO DA TORTA DE FILTRO E DA VINHAÇA COMO FERTILIZANTE

A cana-de-açúcar ou a cana-soca (que provém depois do primeiro corte da cana-planta, que é a cana plantada pela primeira vez) precisa de alguns nutrientes para poderem crescer e se desenvolver, como: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Na cana-de-açúcar, é necessário a aplicação de fósforo e potássio para que a planta tenha um bom desenvolvimento de suas raízes e formação de proteínas, para promover o bom armazenamento de açúcar e amido, entre outros benefícios fornecidos por esses nutrientes. Diferente da cana-de-açúcar, na cana-soca é preciso aplicar bastante teor de nitrogênio e potássio, pois ela não possui a presença do tolete por conta da morte do sistema radicular que será substituído por outro. A torta de filtro (Figura 4) é rica em todos esses nutrientes, em matéria orgânica e cálcio. Sendo uma boa alternativa para a melhora do solo dos canaviais (NASCIMENTO et al, 2020).

Figura 4 - Torta de filtro.



Autoria: Autoria própria, 2022.

Segundo Bernardino (2018), a torta de filtro é aplicada como adubo orgânico de maneira rotineira em áreas de plantio de cana nas dosagens de 80 a 100 toneladas por hectare. Contudo, deve-se ter um certo cuidado com a aplicação deste subproduto, pois ele aumenta a quantidade de nutrientes e também a concentração de metais pesados no solo por conta da atividade microbiana ativa, alteração física, química e biológica no solo.

A vinhaça é aplicada nos canaviais pelo método de fertirrigação (Figura 5). Ela possui um elevado teor de potássio que supre uma das necessidades, muito importante, das plantas e também uma alta composição química de oxigênio, que é um lado negativo, pois torna-se um alto poluidor ambiental, principalmente se é aplicado perto de córregos d'água. A vinhaça se destaca em melhorar a qualidade química dos compostos orgânicos do solo, melhorando suas condições físicas, deixando as raízes da cana que estão secas em melhor estado (SILVA, 2013).

Figura 5 - Fertirrigação da vinhaça em canavial.



Fonte: NEWS, 2019.

Além de possuir todos esses benefícios ao solo e à planta, a torta de filtro e a vinhaça possuem um valor muito agradável ao bolso do consumidor, por serem subprodutos industriais. Ao utilizar a torta de filtro nos canaviais, são economizados cerca de 60 dólares por hectare, dado exposto por Nunes (2017). Logo, esse valor deve ter aumentado ou diminuído. Não existem dados disponíveis sobre o valor correto desses subprodutos, pois são mais usados pela própria usina, em seus canaviais, porém os agricultores estão procurando esses subprodutos com bastante frequência. Com isso, a torta de filtro e a vinhaça vêm sendo cada vez mais utilizada para a adubação de canaviais, pois os fertilizantes industrializados estão sempre aumentando seu valor comercial, o que prejudica o produtor que necessita desses fertilizantes para melhorar sua produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise do conteúdo exposto, pode-se observar que o uso da torta de filtro e da vinhaça em substituição aos fertilizantes são uma boa opção para a usina, para o proprietário das terras em que serão aplicadas e para o meio ambiente. Pois a usina não irá precisar se preocupar com o local para estocar esses subprodutos, irá ter uma renda a mais e os que comprarem, eles irão se beneficiar por possuírem os componentes necessários para as necessidades dos solos e por terem um valor menor que os fertilizantes industriais. Já o meio ambiente, ele terá menos prejuízos, pois o uso desses subprodutos como adubos faz com que eles não sejam descartados de maneira incorreta em qualquer lugar, assim poluindo a natureza.

REFERÊNCIAS

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>. Acesso em 27 abr. 2022.

ANACLETO, L. R. **Avaliação ecotoxicogenética da torta de filtro, obtido do beneficiamento da cana-de-açúcar, antes e após processo de biodegradação**.

2014. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/108674/000763065.pdf?sequencia=1>. Acesso em: 27 jan. 2023.

BERNARDINO, C. A. R. et al. **Torta de Filtro, Resíduo da Indústria**

Sucroalcooleira - Uma Avaliação por Pirólise Lenta. 2018. Disponível em:

<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/BernardinoNoPrelo.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2023.

BONASSA, G. et al. **Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem**. 2015. Disponível em:

https://docs.google.com/document/d/1ziOksserIgpYEJ9COC_DtNUxrUvH-sJ-q54gQXUK-yQ/edit. Acesso em: 20 de Abr. 2023.

CORTEZ, L.; MAGALHÕES, P.; HAPPI, J. **Principais subprodutos da agroindústria canaveira e sua valorização**. 2007. Disponível em:

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/45-Texto%20do%20artigo-45-1-10-20180307%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/45-Texto%20do%20artigo-45-1-10-20180307%20(2).pdf). Acesso em: 20 de jul. 2022

JAQUELINEN, **Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. 2007. Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/12/P4_231.pdf. Acesso em: 26 jan. 2023.

LUCENA, E. H. L. **Efeito da aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura do sorgo sacarino visando produção de biomassa e rendimento de caldo**. 2014.

Disponível em:

<http://www.pgea.ufrpe.br/sites/ww3.pgea.ufrpe.br/files/documentos/eduardolucena.pdf>
fA. Acesso em 18 maio 2022

MACHADO, F. B. P. **Brasil, a doce terra - História do Setor**. 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/historia_da_cana_000fhc62u4b02wyiv80efhb2attuk4ec.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

NASCIMENTO, M. A. et al. **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: 30 jan. 2023.

NEWS, F. **Volume de vinhaça: menos é mais. 2019**. Disponível em: <https://fermentecnews.com.br/2019/07/16/volume-de-vinhaca-menos-e-mais/>. Acesso em: 31 jan 2023

NOVAIS, R. C. **Produção de etanol e impactos ambientais de seus resíduos na indústria sucroenergética de alagoas**. 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3385/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol%20e%20impactos%20ambientais%20de%20seus%20res%C3%ADduos%20na%20ind%C3%BAstria%20sucroenerg%C3%A9tica%20de%20Alagoas.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

NUNES, E. F. **Cana-de-açúcar: a produção de etanol e seus benefícios**. 2017. Disponível em: <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAN170005%20CANA%20DE%20ACAR%20A%20PRODUO%20DE%20ETANOL%20E%20SEUS%20BENEFICIOS.pdf> Acesso em: 27 de nov. 2022

OLIVEIRA, E. L. **Uso de torta de filtro e nitrogênio na produtividade da cana-de-açúcar em área de vinhaça**. 2020. Disponível em: <http://downloads.editoracientifica.org/articles/200500221.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022

PAULINO, O. F. T. **Produção de Açúcar**. 2013. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840855/LOQ4023/Producao-de-Acucar-materialdeapoio.pdf>. Acesso em: 25 de nov. 2022

ROCHA, S. S. **Tecnologia da Fabricação do Açúcar**. 2012. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/11_tecnologia_fabricacao_acucar.pdf Acesso em: 25 de nov. 2022

REYNEL, F. **Torta de filtro de cana-de-açúcar e npk na biorremediação em solos contaminados com óleo diesel**. 2016. Disponível em: <https://uenf.br/ccta/lsol/files/2019/10/Fernando-Tellechea-Prof.-Marco-Antonio.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022

ROCHA, M. H. **Uso da análise do ciclo de vida para a comparação do desempenho ambiental de quatro alternativas para tratamento da vinhaça**. 2009. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/dissertacao_0035350.pdf. Acesso em: 16 jan. 2023.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. 2020. Disponível em: http://www.edufu.ufu.br/sites/edufu.ufu.br/files/edufu_a_trajetoria_da_cana-de-acucar_no_brasil_2020_ficha_corrigida.pdf. Acesso em 21 abr. 2022

SILVA, A. P.M. et al. **Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos**. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/YSZnrzRVh39DRYz4KmpWSFg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 jan. 2023.

SILVA, J. A. S. **Concentrado de vinhaça biodigerida como fertilizante: efeito no substrato, no crescimento e nutrição da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96886/silva_jas_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 jan. 2023.