

Fertirrigação com vinhaça em lavouras de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*): um estudo de caso da aplicação em lavouras da região de Varjão de Minas/MG - evolução temporal

Fertilirrigation with vinasse in sugar cane crops (*Saccharum sp.*): A Case Study of
Application in Fields in the Varjão de Minas/MG Region - Temporal Evolution

Mauri Roberto Rosa Júnior¹
Paulo Vitor Camargos Vidal²
Saulo Gonçalves Pereira³

149

Resumo: A cana-de-açúcar tem um papel fundamental na agricultura brasileira, sendo responsável pela produção de importantes commodities alimentícias e energéticas. No entanto, o déficit hídrico é um dos principais desafios enfrentados pela cana-de-açúcar cultivada em áreas de sequeiro no Brasil, resultando em baixas produtividades. Para tanto, tem-se a fertirrigação como alternativa que é uma técnica que visa a aplicação de fertilizantes em estado líquido, combinados com a água de irrigação. Além disso, a vinhaça é rica em potássio, o que pode substituir a adubação convencional deste nutriente gerando grande economia ao produtor, uma vez que a cana-de-açúcar é altamente dependente de adubação potássica. Diante disso, realizou-se uma análise comparativa dos resultados das análises de potássio (K), pH e CTC dos anos de 2019, 2020, 2021 e 2023, de modo a verificar os impactos da utilização da vinhaça em uma propriedade produtora de cana-de-açúcar com foco em produção de etanol. A Concentração de Potássio variou muito no decorrer dos anos principalmente quando houve aplicação de vinhaça no ano anterior, aumentando seu teor em 107%. Em se tratando do pH do solo, obteve-se o valor médio de 6,15, comprovando ser um solo com pH ideal para cultivo. Já

¹ Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental. Discente do curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade Patos de Minas, 2024. E-mail: maurirrij@gmail.com

² Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental. Discente do curso de Engenharia Agrônoma. E-mail: paulovitor.eng.ambiental@gmail.com

³ Biólogo e Pedagogo. Doutor em Saúde Animal. Especialista em Gestão Ambiental e Psicopedagogia. Docente do curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade Patos de Minas. E-mail: saulo.pereira@faculdadepatosdeminas.edu.br

Faculdade Patos de Minas – FPM. Avenida Juscelino Kubitschek de Oliveira, 1220 - Cidade Nova, Patos de Minas MG, 38700-156

Recebido em 14/10/2024
Aprovado em: 07/11/2024

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



a CTC houve um decréscimo em 2021, podendo ser devido à redução de matéria orgânica no solo ou mudança nas práticas de manejo.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; vinhaça; fertirrigação; fertilidade de solo.

Abstract: Sugarcane plays a fundamental role in Brazilian agriculture, being responsible for the production of important food and energy commodities. However, water deficit is one of the main challenges faced by sugarcane cultivated in rainfed areas in Brazil, resulting in low productivity. In this context, fertigation emerges as an alternative; it is a technique that involves the application of fertilizers in liquid form, combined with irrigation water. Additionally, vinasse is rich in potassium, which can substitute conventional potassium fertilization, resulting in significant savings for the producer, given that sugarcane is highly dependent on potassium fertilization. Therefore, a comparative analysis of potassium (K), pH, and cation exchange capacity (CEC) results from the years 2019, 2020, 2021, and 2023 was conducted to assess the impacts of vinasse use on a sugarcane production property focused on ethanol production. The potassium concentration varied significantly over the years, especially when vinasse was applied in the previous year, increasing its content by 107%. Regarding the soil pH, an average value of 6.15 was obtained, confirming that it is an ideal pH for cultivation. However, there was a decrease in CEC in 2021, which may be due to a reduction in organic matter in the soil or changes in management practices.

Keywords: Sugarcane; vinasse, fertigation, soil fertility

1 Introdução

A fertirrigação é uma técnica que visa a aplicação de fertilizantes em estado líquido, combinados com a água de irrigação, visando otimizar o sistema de irrigação, muitas vezes associado a custos elevados. Essa prática é essencial para as plantas, pois, fornece os nutrientes juntamente com a água necessária para sua absorção. Além disso, oferece diversas vantagens, como uma distribuição mais uniforme dos nutrientes no campo, redução de custos, diminuição da compactação do solo, maior flexibilidade na aplicação, possibilidade de uso em momentos críticos e minimização de danos mecânicos à cultura (ARAÚJO, 2021).

A fertirrigação, em geral, melhora a eficiência no uso de nutrientes, pois estes são aplicados de forma fracionada, conforme a demanda de absorção da cultura ao longo do tempo. A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação deve obedecer às recomendações quanto ao período, frequência, doses e fontes, garantindo assim uma oferta adequada de água e nutrientes na região das raízes das plantas (FERREIRA-JUNIOR, 2023).

A cana-de-açúcar assume um papel fundamental na agricultura brasileira, sendo responsável pela produção de importantes commodities alimentícias e energéticas, como açúcar e álcool, conferindo grande relevância socioeconômica a essa cultura. Para alcançar altas produtividades, é essencial que a cultura receba um suprimento adequado de nitrogênio e água. No entanto, o déficit hídrico é um dos principais desafios enfrentados pela cana-de-açúcar cultivada em áreas de sequeiro no Brasil, resultando em baixas produtividades (FERREIRA-JUNIOR, 2023).

Ademais, a cana-de-açúcar se destacou no ano de 2022 por ter sido a cultura com maior produção do Brasil, com mais de 724 milhões de toneladas produzidas em mais de 9 milhões de hectares. O estado de São Paulo se destacou como o maior produtor, sendo responsável por 58,07% de toda produção nacional, seguido pelos estados de Goiás e Minas Gerais que representam aproximadamente 10% cada um de toda produção do país (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2022).

Nesse contexto, a fertirrigação se destaca como uma técnica que permite a aplicação precisa de nutrientes, promovendo um desenvolvimento mais eficiente das plantas e, conseqüentemente, uma maior produtividade (SOBRINHO *et al.*, 2019).

Deste modo, a cana-de-açúcar desempenha um papel crucial na economia brasileira como fonte de produtos alimentícios e energéticos. No entanto, para alcançar sua máxima produtividade, é essencial superar desafios como o déficit hídrico e garantir um adequado fornecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio.

A fertirrigação por vinhaça surge como uma solução promissora para esses desafios. Do ponto de vista científico, a aplicação precisa de nutrientes através da fertirrigação permite um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, promovendo um crescimento mais eficiente das plantas. Além disso, essa técnica ajuda a minimizar o desperdício de água, uma vez que os nutrientes são fornecidos diretamente à zona radicular das plantas, evitando perdas por lixiviação.

Sob uma perspectiva econômica, a adoção da fertirrigação pode resultar em benefícios significativos. Aumentos na produtividade da cana-de-açúcar podem gerar maiores receitas para os produtores, ao passo que a redução do consumo de água e de insumos pode levar a uma diminuição dos custos de produção. Além disso, a diversificação da produção, com a oferta de

produtos de maior valor agregado, como açúcar e álcool, pode contribuir para a estabilidade e a rentabilidade do setor agrícola.

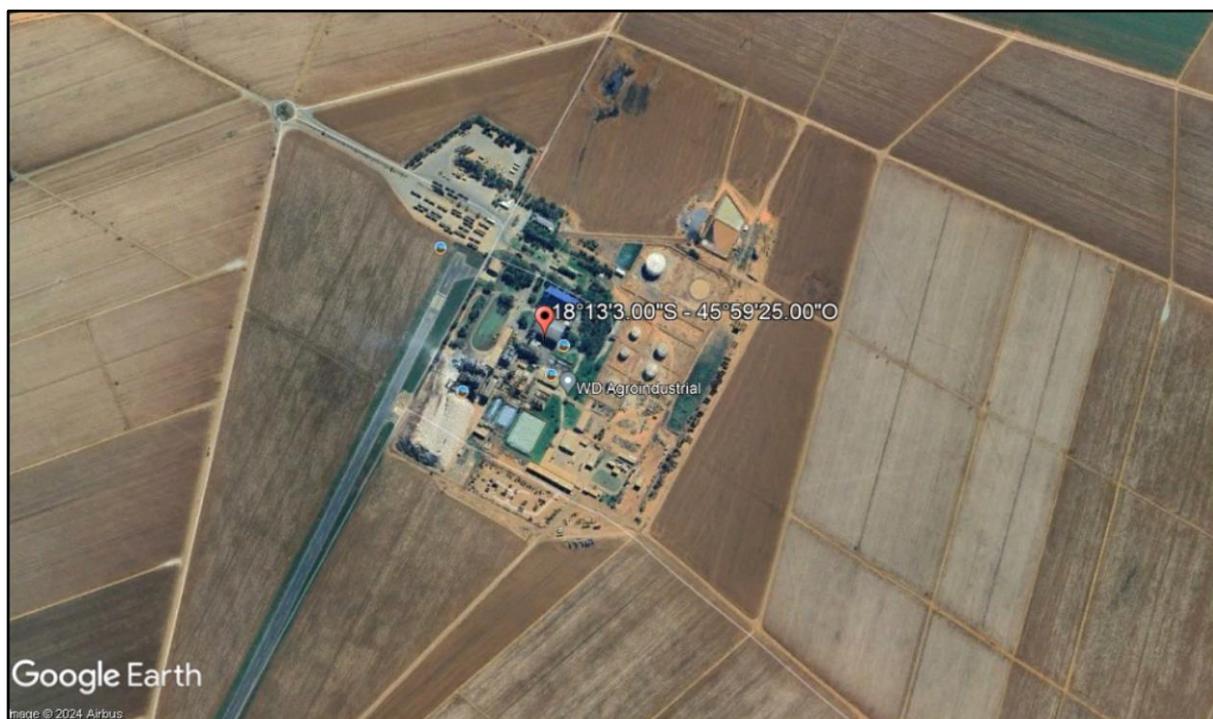
Portanto, esta pesquisa visa justificar cientificamente e economicamente a implementação da fertirrigação, visando maximizar a produtividade e a sustentabilidade dessa importante atividade agrícola no Brasil.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi analisar os laudos de análises químicas de solo de áreas com aplicação de vinhaça por até quatro anos, e as mudanças químicas ocorridas no perfil do solo em uma agroindústria da região de Varjão de Minas/MG. Especificamente: Elaborar uma breve revisão sobre o tema; Executar as análises dos pareceres e laudos cedidos pela empresa dos anos de 2019, 2020, 2021 e 2023 referente aos talhões 200 ao 205 e por fim, discutir os resultados à luz da literatura.

2 Materiais E Métodos

WD Agroindustrial

O estudo foi realizado em uma área de cultivo de cana-de-açúcar em uma agro indústria produtora de etanol ao qual tem por subproduto a vinhaça. Esta agro indústria está localizada no município de Varjão de Minas/MG, situada nas coordenadas geográficas (Latitude: 18° 13' 3.00'' S e Longitude: 45° 59' 25.00'' W), com altitude de 975 m. No dia 02 de agosto de 2024 foi realizada visita no empreendimento com o objetivo de conhecer o processo desde a produção agrícola até a geração da vinhaça, sendo autorizado o registro fotográfico.

Figura 1 - Localização da WD Agroindustrial

Fonte: Google Earth Pro, disponibilizado em: 01/04/2024

A WD Agroindustrial é uma empresa que atua desde 1996 na produção sucroenergética nos municípios de São Gonçalo do Abaeté/MG, Varjão de Minas/MG, Presidente Olegário/MG e Patos de Minas/MG, onde gera mais de 1500 empregos diretos (WD AGROINDUSTRIAL, 2024).

A empresa produz etanol anidro e etanol hidratado, aos quais são comercializados no mercado interno. Produz também o açúcar Very High Polarization (VHP) em sua forma bruta que pode ser utilizado como matéria-prima para outros fins e sua produção é totalmente destinada ao mercado externo. O resíduo gerado pelo beneficiamento desses produtos (bagaço de cana) é aproveitado na geração de energia e usados na própria usina e o excedente é comercializado. Ademais, a empresa também possui créditos de descarbonização que é um título que pode ser emitido e comercializado entre produtores e importadores de biocombustíveis através da Política Nacional de Biocombustíveis – Renovabio (WD AGROINDUSTRIAL, 2024).

É uma empresa de grande porte com números e produção expressivos, tais como, capacidade de produção de mais de 3 milhões de sacas de açúcar VHP por ano, com suporte de

armazenamento de mais de 1 milhão de sacas, capacidade de processamento de mais de 2,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, produção de etanol anidro em mais de 45 milhões de litros por ano e de etanol hidratado em mais de 100 milhões de litros por ano, tendo suporte de armazenamento em mais de 42 milhões de litros, além de geração de energia em mais de 46 MWh proveniente da biomassa gerada (WD AGROINDUSTRIAL, 2024).

Geração da vinhaça na indústria

O processo na agroindústria abrange várias etapas, começando pelo plantio e seguindo com o manejo das áreas de cultivo, adubação, irrigação, controle de pragas e doenças, seleção de variedades, definição de espaçamento e ciclo de corte, entre outros aspectos.

Na empresa WD, a colheita da cana-de-açúcar é totalmente mecanizada, utilizando tecnologias avançadas para a logística dos equipamentos. O material colhido nas áreas de cultivo é então transportado para a usina, onde o processo de transformação tem início.

Figura 2 - Colheita cana de açúcar



Fonte: Autores (2024)

Figura 3 – Colheita cana de açúcar



Fonte: Autores (2024)

Os caminhões transportam os vagões até o estacionamento da usina, onde são deixados. Em seguida, os caminhões internos, conhecidos como “escravinhos”, engatam os vagões estacionados e os dirigem até o guincho hilo, onde o material é descarregado na mesa específica. Após o descarregamento, os vagões vazios são retornados ao estacionamento para aguardar o próximo uso.

Figura 4 - Descarga dos caminhões**Fonte:** Autores (2024)**Figura 5 -** Mesa de alimentação**Fonte:** Autores (2024)

O próximo estágio do processo é a desfibração da cana, onde, na esteira que transporta o material para a etapa seguinte, um dispositivo magnético remove os metais presentes. Após a desfibração, o material é encaminhado para a moagem, que na WD é realizada em cinco ternos de moagem. No último terno, é adicionada água para maximizar a extração dos nutrientes do produto. Após a moagem, o resíduo resultante, composto pelo bagaço da cana, é armazenado e utilizado na caldeira para gerar energia para a usina, com o excedente sendo comercializado.

Figura 6 - Desfibrador da cana de açúcar**Fonte:** Autores (2024)**Figura 7 -** Separador magnético**Fonte:** Autores (2024)**Figura 8 -** Terno de moenda**Fonte:** Autores (2024)

Após a extração do caldo da cana, uma solução rica em açúcar, o líquido é transferido para tanques de tratamento. Em seguida inicia-se a etapa de fermentação, na qual são adicionadas leveduras para metabolizar os açúcares presentes.

Logo após a fermentação, o mosto é encaminhado para a destilação, onde ocorre a separação do etanol, água e outros componentes na coluna de destilação. O etanol, por ser volátil, é vaporizado e depois condensado, resultando no álcool. O resíduo gerado após a destilação é a vinhaça, que contém água, leveduras e nutrientes, e representa uma quantidade significativa do volume total produzido no processo.

A vinhaça gerada no empreendimento é direcionada para reservatórios de PEAD, após passar por um sistema de resfriamento que reduz sua temperatura. O efluente possui um alto teor de potássio, que é utilizado para fertirrigação das áreas de cultivo. A aplicação de vinhaça é realizada por meio de hidrorol e irrigação localizada, utilizando caminhões que aplicam o efluente diretamente nas linhas de plantio.

Figura 9 - Reservatório armazenamento vinhaça



Fonte: Autores (2024)

Manejo Agronômico

Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Dona Vera, talhões 200 ao 205 (58,54 ha) e está localizado aproximadamente 10 KM metros de distância da indústria.

Figura 10 - Polígono vermelho representando os talhões 200 ao 205 da Fazenda Dona Vera



Fonte: Imagem disponibilizada Google Earth Pro, em 05/09/2024

A irrigação via hidro roll é utilizado somente em áreas que estão localizadas até a distância de 30 quilômetro da indústria por motivos de logística e viabilidade financeira, uma vez que a vinhaça é transportada para essas áreas através de adutoras com auxílio de conjuntos motobomba e também em alguns casos por gravidade, sendo um procedimento de alto custo.

Esse método é denominado de irrigação de salvamento e é feito somente uma vez por ano e logo após a colheita, quando é feito também coleta de solo para análise. Essa prática fornece aproximadamente 35 mm de vinhaça e tem por objetivo garantir que haja a rebrota da cana-de-açúcar.

Já a irrigação localizada é feita somente uma única vez durante todos os cinco anos do ciclo do manejo adotado pela agroindústria. Essa irrigação é feita por caminhões pipa direcionado aos sulcos de plantio substituindo o fornecimento de adubação potássica. Os sulcos de plantio são denominados de plantio duplo alternado, com espaçamento de 0,90 m entre sulcos e 1,50 m entre as duplas.

Após cinco anos de trabalho com a cana-de-açúcar a agroindústria faz o manejo de rotação de cultura, cultivando soja que no caso da área em estudo foi semeada na safra

2021/2022 sendo iniciado um novo ciclo de cana-de-açúcar ainda no primeiro semestre do ano seguinte. Ou seja, foi aplicado vinhaça localizada somente no ano de 2022, portanto, já foram feitas duas safras completas de cana-de-açúcar deste ciclo atual.

Vale ressaltar ainda que em outubro de 2021 que foi semeado soja houve a utilização de adubação formulada com MAP (Fosfato Monoamônio) e KCl (Cloreto de Potássio), uma vez que não foi utilizado vinhaça neste cultivo. Além disso, é feito calagem todos os anos logo após a colheita da cana-de-açúcar.

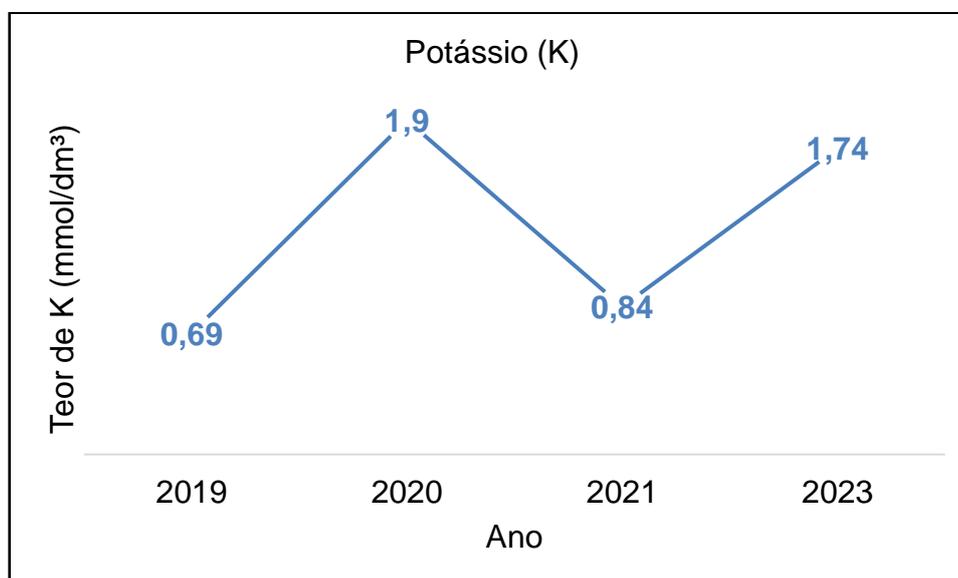
Parâmetros a serem analisados

Foi realizado um estudo da operação da fertirrigação da área cultivada com cana-de-açúcar através da análise de solo dos últimos quatro anos, sendo que não há dados das análises do ano de 2022.

De posse dos resultados cedidos pelo empreendimento em forma de laudos e pareceres técnicos, realizou-se uma análise comparativa dos resultados das análises de potássio (K), pH e CTC dos anos de 2019, 2020, 2021 e 2023, de modo a verificar os impactos, sejam eles negativos ou positivos que a fertirrigação tem causado no solo ao longo desses anos.

3 Resultado E Discursão

No gráfico 1 será analisado o desenvolvimento do Potássio (K), nos anos de 2019, 2020, 2021 e 2023.

Gráfico 1 - Resultados das médias de Potássio (K) na área analisada

Fonte: Dados da pesquisa cedidos pela WD Agroindustrial (2024)

Entre os anos 2019 e 2020 houve uma variação entre um ano e outro, porém, em 2019 a área estava com seu quarto ano de cultivo de cana soca. Concomitante a isso, a cultura da cana-de-açúcar é muito exigente em K além de ser um nutriente móvel sendo altamente absorvido pelas plantas, o que pode ter contribuído para essa redução (FERNANDES, 2023).

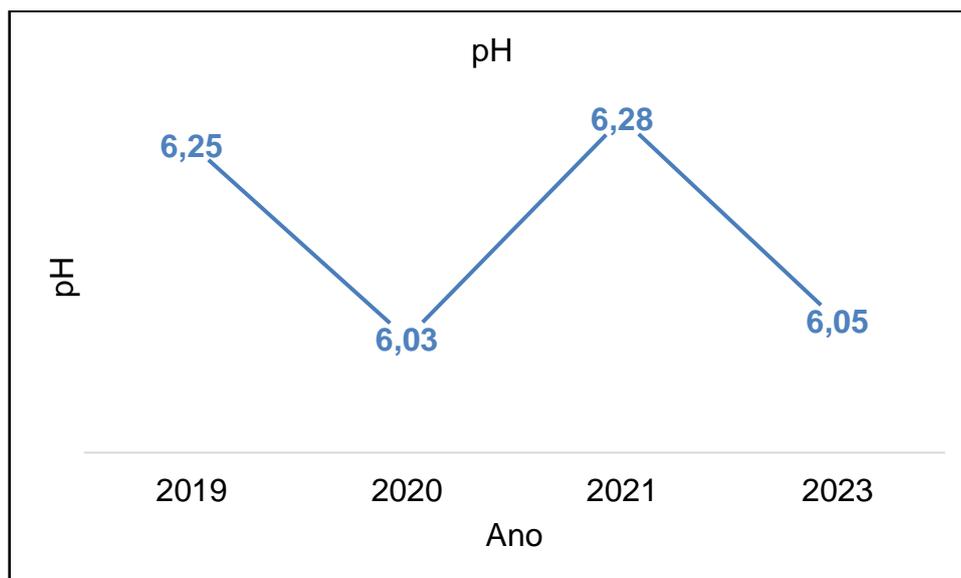
A concentração de Potássio (K) variou muito entre um ano e outro. No ano de 2021 em que o resultado foi de apenas $0,84 \text{ mmol/dm}^3$ pode ter ocorrido por não ter sido aplicado vinhaça localizada nem via hidro roll, uma vez que neste ano foi feito a semeadura de soja para rotação de cultura.

Diferentemente de 2021, no ano de 2023 houve um acréscimo de 107% no teor de K no solo em relação ao ano anterior que não houve aplicação, o que demonstra que a aplicação de vinhaça fez diferença comparando um ano com o outro. Tal afirmativa vai de encontro com os resultados obtidos por Fernandes (2023), que obteve aumento de cerca de 120% no teor de K em aplicação de vinhaça em área total do que no tratamento sem nenhuma aplicação.

Santos (2012), também demonstrou um aumento expressivo no teor de K no solo em uma área que utiliza vinhaça há 30 anos em comparação a uma área que não utiliza. Neste caso, o autor comparou análises de solo em diferentes profundidades e quanto mais profundo foi feito a coleta de solo, maior é a diferença de concentração de K, uma vez que esse nutriente tem alto potencial de lixiviação.

Os resultados de pH apresentados no Gráfico 2 ao longo dos anos mostram uma oscilação pequena e estável, indicando que a utilização da fertirrigação com vinhaça não causou alterações significativas na acidez do solo. Com um pH médio de aproximadamente 6,15, os dados confirmam que o pH permanece dentro da faixa ideal para o cultivo.

Gráfico 2 – Resultados das médias de pH na área estudada



Fonte: Dados da pesquisa cedidos pela WD Agroindustrial (2024)

A faixa de oscilação do pH, que varia de 6,03 a 6,28, está dentro da faixa ideal para a cultura, cuja demanda é um pH entre 5,5 e 7. Os resultados indicam que o pH tem sido gerido adequadamente ao longo dos anos, mantendo o equilíbrio da acidez do solo (SILVA; BONO; PEREIRA, 2013).

Portanto, a aplicação excessiva ou inadequada de vinhaça na fertirrigação pode acidificar o solo. No entanto, foi observado que os valores de pH estão sendo geridos de forma apropriada, mantendo o pH do solo dentro da faixa ideal (PEGORARO, 2005).

Embora a vinhaça da cana-de-açúcar seja um subproduto caracterizado com pH baixo, ela contém matéria orgânica e quando adicionada ao solo proporciona um aumento na atividade microbiana que, por sua vez, gera um ambiente redutor consumindo íons H^+ , o que resulta em maior pH do solo (Mattiazzo; da Gloria, 1987 *apud*, Fernandes, 2023, p.35)

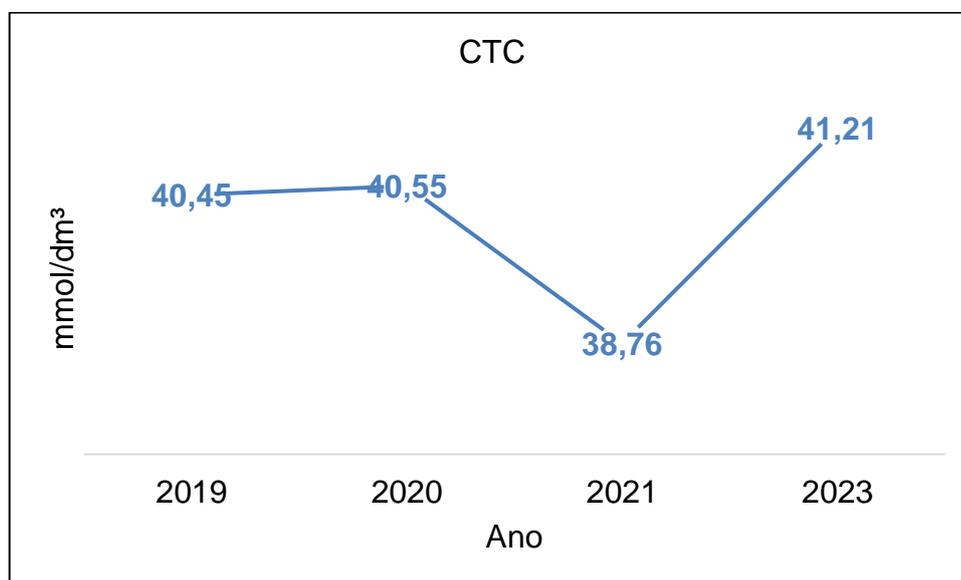
Fernandes (2023) também obteve resultado parecido em relação ao pH tendo resultados de solos mais ácidos do que os obtidos neste trabalho, porém, com pouca oscilação,

que foi de 5,25 na primeira amostragem e 5,08 na segunda (vinhaça aplicada em área total) e 5,22 na primeira amostra e 5,14 na segunda (vinhaça aplicada em linha).

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é um parâmetro essencial para a fertilidade do solo, refletindo na capacidade do solo em reter e trocar cátions essenciais como cálcio, magnésio e potássio. Valores elevados de CTC indicam uma maior aptidão do solo em fornecer nutrientes às plantas, promovendo uma melhor disponibilidade de nutrientes para o crescimento vegetal (PAVINATO; ROSOLEM, 2007).

De acordo com o Gráfico 3, observa-se que a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) permaneceu relativamente estável em 2019 e 2020, com valores de 40,45 e 40,55 mmol/dm³, respectivamente. No entanto, em 2021, houve uma redução para 38,76 mmol/dm³. Essa diminuição pode ser atribuída a vários fatores, como a redução da matéria orgânica no solo ou mudanças nas práticas de manejo, que podem influenciar diretamente a CTC (DA SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2005).

Gráfico 3 - Resultados das médias de CTC na área estuda



Fonte: Dados da pesquisa cedidos pela WD Agroindustrial (2024)

Em 2023, observou-se um aumento na CTC para 41,21 mmol/dm³, o que pode ser atribuído a vários fatores, incluindo a aplicação contínua de vinhaça. A vinhaça, rica em nutrientes e matéria orgânica, pode ter contribuído significativamente para o incremento da

CTC ao melhorar a capacidade do solo de reter e trocar cátions essenciais (DA SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2005).

4 Conclusões

Pode-se concluir neste estudo que a fertirrigação com vinhaça na área em análise resultou em uma variação nos parâmetros de potássio (K) e capacidade de troca de cátions (CTC), mas, não comprometeu a tendência de melhoria gradual da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Já os dados referentes ao pH indicam que a lâmina de irrigação empregada não causou acidificação do solo, mantendo-se dentro dos níveis ideais para a cultura.

Esses resultados sugerem que, sob as condições estudadas, a fertirrigação com vinhaça pode ser uma prática viável e sustentável, promovendo a fertilidade sem impactos adversos na acidez do solo.

Agradecimento

Na oportunidade os autores agradecem os dados cedidos pela WD Agroindustrial que de forma gratuita e irrestrita nos abriu seus arquivos e a indústria para nossa pesquisa. Nosso profundo agradecimento pelo apoio em prol do crescimento científico e pessoal e que este estudo possa colaborar com incremento regional da pesquisa na área de agronomia e meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. S. **Cultivo de cana de açúcar fertirrigada com vinhaça**: uma revisão de literatura. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE, 33 f., 2021. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/698>. Acesso em: 30 mai. 2024.

FERNANDES, M. M. H. **Aplicação de vinhaça localizada na linha de cana-de-açúcar cultivada em solo argiloso e arenoso**. Orientador: Carolina Fernandes. 2023. 90 f. (Tese de Doutorado) Produção Vegetal – Universidade Estadual Paulista UNESP. Jaboticabal, 2023.

Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2dfacd54-3e55-45cb-8a1e-c2e3e923d657/content>. Acesso em: 23 set. 2024.

FERREIRA JUNIOR, J. F. **Eficiência de uso de N e desenvolvimento da cana-de-açúcar sob fertirrigação por gotejo**. 2023. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023. Acesso em: <https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/5606>. Disponível em: 30 mai. 2024.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de Nutrientes no Solo: Decomposição e Liberação de Compostos Orgânicos de Resíduos Vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 32, p. 911-920, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/4hh4VFLnCGwvBB6PcQfHXhw/#>. Acesso em: 28 ago. 2024.

PEGORARO, R. F. *et al.* Fluxo difusivo e biodisponibilidade de Zinco, Cobre, Ferro e Manganês no solo: Influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 30, p. 859-868, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JX5xKLvCTTjLGpWd3cN7c4L/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SANTOS, C. H. *et al.* Propriedades físicas de um argissolo após fertirrigação com vinhaça e sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, Set-Dez. 2017, p.58-66. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2157/1991>. Acesso em: 28 abr. 2024.

SOBRINHO, O. P. L. *et al.* A Cultura Da Cana-De-Açúcar (Saccharum Officinarum) E O Manejo Da Irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n.4, p. 1605-1625, out./dez. 2019. Maringá, PR. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6365>. Acesso em: 09 mai. 2024.

SANTOS, I. A. *et al.* **Alterações nos atributos químicos do solo por aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**. 2012. 16 f. TCC (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia Ambiental. Universidade de Rio Verde, 2012. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ALTERACOES%20NOS%20ATRIBUTOS%20QUIMICOS%20DO%20SOLO%20POR%20APLICACAO%20DE%20VINHACA%20NA%20CULTURA%20DA%20CANA%20DE%20ACUCAR.pdf>. Acesso em: 09 maio 2024.

SANTOS, C. H. *et al.* Propriedades físicas de um argissolo após fertirrigação com vinhaça e sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, Set-Dez. 2017, p.58-66. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2157/1991>. Acesso em: 28 abr. 2024.

SILVA, A. S. *et al.* Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 11, n. 1, p. 108-114, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/vxTJ6yw3YP7bsCx7qC3Qcdj/>. Acesso em: 22 set. 2024.

SILVA, A. P. M. *et. al.* Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V. 18, n. 1, p. 38-43, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JX5xKLvCTTjLGpWd3cN7c4L/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 ago. 2024.

WD Agroindustrial. Disponível em: <http://grupodetoni.com.br/>. Acesso em: 02 mai. 2024.