

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
PAULO VICTOR FERNANDES DA SILVA

**DIFERENTES DOSES DE ZINCO EM CULTIVARES DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

CERES – GO
2023

PAULO VICTOR FERNANDES DA SILVA

**DIFERENTES DOSES DE ZINCO EM CULTIVARES DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa e coorientação do Prof. Dr. Ariel Muncio Compagnon.

**CERES – GO
2023**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

dd da Silva, Paulo Victor Fernandes
DIFERENTES DOSES DE ZINCO EM CULTIVARES DE CANA-
DE-AÇÚCAR / Paulo Victor Fernandes da Silva;
orientador Antonio Evami Cavalcante Sousa; co-
orientador Ariel Muncio Compagnon. -- Ceres, 2023.
11 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2023.

1. Saccharum officinarum L. 2. Sulfato de zinco.
3. Produtividade. 4. Micronutriente. I. Sousa,
Antonio Evami Cavalcante, orient. II. Compagnon,
Ariel Muncio, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> XTCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: | Evento |

Nome Completo do Autor: Paulo Victor Fernandes da Silva
Matrícula: 2019103200240099
Título do Trabalho: Diferentes doses de zinco em cultivares de cana-de-açúcar

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:
Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:
O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres, 07 de novembro de 2023.

Assinatura eletrônica do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura eletrônica do orientador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Paulo Victor Fernandes da Silva**, 2019103200240099 - Discente, em 07/11/2023 21:40:05.
- **Antonio Evami Cavalcante Sousa**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 07/11/2023 20:39:35.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 07/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 545483

Código de Autenticação: b6f8b9e507



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Ceres

Rodovia GO-154, Km.03, Zona Rural, 03, Zona Rural, CERES / GO, CEP 76300-000

(62) 3307-7100

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) TRINTA E UM dia(s) do mês de AGOSTO do ano de dois mil e VINTE E TRÊS, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) PAULO VICTOR FERNANDES DA SILVA, do Curso de BACHARELADO EM AGRONOMIA, matrícula 2019103200240099, cujo título é "DIFERENTES DOSES DE ZINCO EM CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR".

A defesa iniciou-se às 15 horas e 02 minutos, finalizando-se às 16 horas e 32 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 7,1 no trabalho escrito, média 7,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 7,1 de **pontos**, estando o(a) estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Paulo Victor Fernandes da Silva
Assinatura Presidente da Banca

Elaine Barbosa de Melo
Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

[Assinatura]
Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para a sua realização, a todos que acreditaram em mim, todos que não me deixaram desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e pelo estabelecimento de diferentes oportunidades ao longo de tantos anos e que me propiciaram células de conhecimento. Essas bases foram necessárias para a chegada até este curso de Agronomia.

A minha mãe Maria do Carmo de Brito Silva e meu pai Rosimar Fernandes da Silva que sempre foram meus primeiros incentivadores em tudo, fornecendo amor, bases materiais, conhecimentos e sendo exemplos sobre os desafios da vida e pela paixão de ser um ser humano melhor a cada dia. A vocês minha gratidão eterna. A minha irmã Anna Paula de Brito Fernandes que sempre esteve próximo torcendo pelo sucesso de cada um dos trabalhos aos quais me dediquei.

Ao professor Dr. Antonio Evami pelas conversas, ensinamentos, paciência e por acreditar nas propostas de aplicação da ciência tanto no meio científico quanto em processos de ensino e extensão, produzindo junto com seu grupo, informações relevantes ao meio agrícola brasileiro. Agradeço pela oportunidade destes anos de convívio e troca de experiências que muito me auxiliaram para que este trabalho fosse possível. Sem dúvidas, você é um exemplo de profissional e referência na área. Ensinamentos, atenção e compartilhamento de seu conhecimento nos assuntos cotidianos e das fronteiras do conhecimento da agricultura. Agradeço por compartilhar sua experiência sobre o universo da agricultura e por acreditar nas mudanças e novos entendimentos sobre a cultura da Cana-de-açúcar e Nutrição de Plantas que nos propomos neste trabalho. Muito obrigado!

Agradeço também aos colegas Matheus Aparecido, Hudson Santana e a Karla Matias pelo auxílio nas análises do projeto, sem vocês este trabalho não teria sido o mesmo.

Aos professores Dra. Luciana Borges, Dr. Wilian Buso e Dr. Ariel Compagnon por todas as experiências proporcionadas nas disciplinas do curso, foi de grande importância para o desenvolvimento que para que conseguisse chegar até aqui, a atenção de vocês e dedicação pelos alunos com certeza são motivações ímpares para a vida acadêmica e profissional dos discentes do IF Goiano Campus Ceres, os ensinamentos durante as disciplinas cursadas levarei comigo como um presente dessa etapa da vida. Podem ter certeza de que os assuntos abordados nas aulas e os exemplos ministrados serão multiplicados e levarei junto nos locais por onde passar. Obrigado por participar de diversos momentos importantes na minha caminhada!

Agradeço também a todos os Técnicos Administrativos que fizeram parte da minha caminhada durante todos esses quatro anos e meio de graduação, o sentimento de gratidão é

enorme. Agradeço aos inúmeros colegas e amigos de graduação do IF Goiano Campus Ceres pela convivência e intercâmbio de conhecimentos.

Agradeço a Aline Arruda, membro da banca, por ter tirado esse tempo para estar aqui colaborando com o meu trabalho, é de grande importância a presença para poder compartilhar conosco seus conhecimentos para o enriquecimento do trabalho e conhecimento de todos.

Agradeço de coração a todos que fizeram parte da minha vida acadêmica. Muito Obrigado!!!!

*“O que segue a justiça e a bondade achará a vida,
a justiça e a honra”*

PROVÉRBIOS 21:21

RESUMO

A deficiência do zinco pode resultar na redução do perfilhamento, encurtamento do internódios e colmos mais finos. O presente estudo teve como objetivo de avaliar o comportamento biométrico e os atributos tecnológicos de duas variedades de cana-de-açúcar, cultivadas sob a aplicação de distintas dosagens de sulfato de zinco em um Latossolo Vermelho Eutrófico de Cerrado. O presente estudo foi desenvolvido na Unidade de pesquisa em cana-de-açúcar, localizada no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, em parceria com a CRV Industrial, em um Latossolo Vermelho eutrófico. O delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de zinco (0, 5, 10 e 15 kg ha⁻¹) aplicadas em duas cultivares de cana-de-açúcar, RB92579 e SP801816. As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF), produtividade de colmos (PRO), pol do caldo (PC), teor de sacarose aparente (POL), teor de fibra (Fibra), açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR). Para os dados obtidos, foi feita análise de variância, utilizando o software estatístico Sisvar. A aplicação de diferentes doses de zinco mostrou resultados significativos apenas para o DC para a dose de 6,5 kg ha⁻¹ de Zinco, as demais variáveis biométricas não mostraram significância. Recomenda-se estudos futuros para aperfeiçoamento do resultado deste estudo.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L.. Sulfato de zinco. Produtividade. Micronutriente.

ABSTRACT

Zinc deficiency can result in reduced tillering, shortening internodes and thinner stalks. The present study aimed to evaluate the biometric behavior and technological attributes of two varieties of sugarcane, grown under the application of different dosages of zinc sulfate in an Oxisol. The present study was developed at the Sugarcane Research Unit, located at the Federal Institute of Goiano - Campus Ceres, in partnership with CRV Industrial, in a eutrophic Oxisol. The experimental design was completely randomized blocks, in a factorial scheme 4 x 2, with three replications. The treatments consisted of four doses of zinc (0, 5, 10 and 15 kg ha⁻¹) applied in two sugarcane cultivars, RB92579 and SP801816. The variables evaluated were plant height (PH), number of leaves (NL), stem diameter (SD), leaf area (LA), stem productivity (PRO), broth pol (BP), apparent sucrose content (POL), fiber content (Fiber), total reducing sugars (TRS), reducing sugars (RS). For the data obtained, analysis of variance was performed using the statistical software Sisvar. The application of different doses of zinc showed significant results only for stem diameter (SD) for the dose of 6.5 kg ha⁻¹ of Zinc, the other biometric variables did not show significance. Future studies are recommended to improve the results of this study.

Keywords: *Saccharum officinarum* L. Zinc sulfate. Productivity . Micronutrient.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Equação quadrática do diâmetro do colmo.....	06
--	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental.....	03
Tabela 2 – Altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF) e número de gemas (NG) de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco.....	05
Tabela 3 – Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco	07
Tabela 4 – Pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_ CAN), e FIBRA em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco.....	08
Tabela 5 - Açúcares Redutores (AR), Açúcares Redutores Totais (ART) e Produtividade dos colmos por hectares (PRO) em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco.	09

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS	3
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	4
CONCLUSÕES	9
REFERÊNCIAS	9

DIFERENTES DOSES DE ZINCO EM CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR

DIFFERENT DOSES OF ZINC IN SUGAR CANE CULTIVARS

PAULO VICTOR FERNANDES DA SILVA

Graduando em Agronomia, Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)

paulo.fernandes@estudante.ifgoiano.edu.br

ANTONIO EVAMI CAVALCANTE SOUSA

Doutor em Engenharia Agrícola e Docente do Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)

antonio.sousa@ifgoiano.edu.br

ARIEL MUNCIO COMPAGNON

Doutor em Agronomia e Docente do Instituto Federal Goiano, Campus Ceres (GO)

ariel.compagnon@ifgoiano.edu.br

Resumo

A deficiência do zinco pode resultar na redução do perfilhamento, encurtamento do internódios e colmos mais finos. O presente estudo teve como objetivo de avaliar o comportamento biométrico e os atributos tecnológicos de duas variedades de cana-de-açúcar, cultivadas sob a aplicação de distintas dosagens de sulfato de zinco em um Latossolo Vermelho Eutrófico de Cerrado. O presente estudo foi desenvolvido na Unidade de pesquisa em cana-de-açúcar, localizada no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, em parceria com a CRV Industrial, em um Latossolo Vermelho eutrófico. O delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram de quatro doses de zinco (0, 5, 10 e 15 kg ha⁻¹) aplicadas em duas cultivares de cana-de-açúcar, RB92579 e SP801816. As variáveis avaliadas foram altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF), produtividade de colmos (PRO), pol do caldo (PC), teor de sacarose aparente (POL), teor de fibra (Fibra), açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR). Para os dados obtidos, foi feita análise de variância, utilizando o software estatístico Sisvar. A aplicação de diferentes doses de zinco mostrou resultados significativos apenas para o DC para a dose de 6,5 kg ha⁻¹ de Zinco, as demais variáveis biométricas não mostraram significância. Recomenda-se estudos futuros para aperfeiçoamento do resultado deste estudo.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L. Sulfato de Zinco. Produtividade. Micronutriente.

Abstract

Zinc deficiency can result in reduced tillering, shortening internodes and thinner stalks. The present study aimed to evaluate the biometric behavior and technological attributes of two varieties of sugarcane, grown under the application of different dosages of zinc sulfate in an Oxisol. The present study was developed at the Sugarcane Research Unit, located at the Federal Institute of Goiano - Campus Ceres, in partnership with CRV Industrial, in a eutrophic Oxisol. The experimental design was completely randomized blocks, in a factorial scheme 4 x 2, with three replications. The treatments consisted of four doses of zinc (0, 5, 10 and 15 kg ha⁻¹) applied in two sugarcane cultivars, RB92579 and SP801816. The variables evaluated were plant height (PH), number of leaves (NL), stem diameter (SD), leaf area (LA), stem productivity (PRO), broth pol (BP), apparent sucrose content (POL), fiber content (Fiber), total reducing sugars (TRS), reducing sugars (RS). For the data obtained, analysis of variance was performed using the statistical software Sisvar. The application of different doses of zinc showed significant results only for stem diameter (SD) for the dose of 6.5 kg ha⁻¹ of Zinc, the other biometric variables did not show significance. Future studies are recommended to improve the results of this study.

Keywords: *Saccharum officinarum* L. Zinc sulfate. Productivity . Micronutrient.

INTRODUÇÃO

Segundo Santos, Borém e Caldas (2015), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é da família Poaceae, gramínea, monocotiledônea, C4, alógama e semiperene. Seu desenvolvimento se dá em forma de touceira, a sua parte aérea é composta por colmos (caule típico das gramíneas), folhas, inflorescências e sementes, a parte subterrânea é constituída por raízes e rizomas, sendo as raízes fasciculadas e os rizomas formados por nódios, internódios e gemas, que são responsáveis pela formação dos perfilhos na touceira (MORAES, 2017).

Segundo Cunha *et al.* (2019) a maioria das deficiências nutricionais de micronutrientes no Brasil resulta da falta do zinco, o crescimento e desenvolvimento das plantas são extremamente afetados, que pode limitar a produção e resultando na deterioração também da qualidade da matéria-prima para a indústria.

A deficiência do zinco (Zn) na cana-de-açúcar pode resultar na redução do perfilhamento, encurtamento dos internódios e colmos mais finos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), o zinco está presente em uma ampla variedades de processos bioquímicos que resulta efeito no crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta, fazendo-se presente em quase todas as características do metabolismo celular vegetal (MANGRIO *et al.*, 2020).

Segundo Teixeira Filho (2011), é possível verificar que o teor de Zn em plantas é considerado insuficiente quando for menor que 10-20 mg kg⁻¹. Teores normais ocorrem entre 25-150 mg kg⁻¹ e níveis tóxicos ocorrem quando a concentração é maior que 400 mg Zn kg⁻¹. As doses exigidas de zinco pela cultura são pequenas, e acaba se tornando difícil a sua distribuição uniforme via solo, tendo assim como a alternativa a aplicação foliar. Para a cultura da cana-de-açúcar a aplicação foliar é pouco estudada (MARANGONI, 2016).

No Brasil, a deficiência de zinco na cultura da cana-de-açúcar mostra-se com frequência em solos de tabuleiros na região Nordeste, regiões de vegetação de Cerrado e região Centro-Sul do país. Com a expansão da cultura para solos de baixa fertilidade natural, têm-se obtidas boas respostas da cana-de-açúcar a adubação com o micronutriente zinco (ORLANDO FILHO *et al.*, 2001).

Estudos desenvolvidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) sugerem o dobro (10 kg ha⁻¹) da dose de Zn recomendada na adubação do plantio da cana-de-açúcar em solos

com teores disponíveis abaixo de 0,5 mg dm⁻³ (MELLIS *et al.*, 2014). Para a região de Cerrado, a atual recomendação de Zn é de 6 kg ha⁻¹ (SOUZA E LOBATO, 2004).

Segundo Franco *et al.* (2009), doses de Zn (0; 3 e 6 kg ha⁻¹) aplicadas ao solo na forma de sulfato de zinco, não resultaram em aumento na produtividade de colmos, mas aumentou os teores de Brix, Pol e açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana soca.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de doses de zinco nas variáveis biométricas e na qualidade industrial de duas cultivares de cana-de-açúcar, no ciclo de primeira soqueira, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutrófico de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na Unidade de pesquisa em cana-de-açúcar, localizada no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, em parceria com a Usina CRV Industrial, com área de 31,93 ha, latitude 15°20'45,17" S, longitude 49°36'23,70" W e altitude de 580 m. O clima da região é tido como Aw, tendo como características um clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, sendo julho o mês mais seco. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e de 28,32 °C entre dezembro e fevereiro.

Antes da aplicação das dosagens, foram determinadas as propriedades químicas do solo, tendo as amostras sido coletadas nas profundidades de 0,00 – 20,00 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental. Ceres, GO. 2019.

pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+ Al	K	T	K	Zn	P	V	m
em H ₂ O	g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³						mg dm ⁻³			%	
5,6	17,5	3,3	1,5	0,1	2,2	0,4	7,4	151,2	3,1	10,0	69,6	1,5

Fonte: Laboratório de solos, IF Goiano Campus Ceres, 2019.

De acordo com o sistema brasileiro de classificação do solo, o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico textura argilosa (Santos *et al.* 2018).

O delineamento experimental aplicado foi de blocos inteiramente casualizados com três repetições, com esquema fatorial 4 x 2. Os tratamentos consistiram em quatro doses de zinco (0, 5, 10 e 15 kg ha⁻¹) aplicadas em duas cultivares de cana-de-açúcar: RB92579 e SP801816. O micronutriente aplicado como fonte de adubação foi o sulfato de zinco (20% Zn).

No dia 1º de outubro de 2019, a Usina CRV foi responsável pela aplicação de 600 kg ha⁻¹ de macronutrientes, com formulação NPK 05-25-25 padrão de adubação desta unidade

industrial. Posteriormente, no dia 09 de novembro de 2019, foi aplicado sulfato de zinco no sulco de plantio.

As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de plantio com 5 m de comprimento, espaçadas de 1,5 m entre si, com área total do experimento de 450 m², aproximadamente.

No dia 27 de agosto de 2020, foram feitas a colheita e as análises biométricas. Foram determinados altura de planta (AP), número de folhas (NF), largura de folha (LF), comprimento de Folha (CF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF), número de gemas (NG) e produtividade de colmos (PRO).

Foram encaminhadas 10 plantas da linha central de cada parcela ao Laboratório da CRV Industrial para as análises tecnológicas. As variáveis analisadas foram pol do caldo (PC), teor de sacarose aparente (POL), teor de fibra (Fibra), açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR), peso do bagaço úmido (PBU), pureza (PRZ) e Brix.

O cálculo da área foliar (AF) seguiu a metodologia proposta por Rocha *et al.* (2016), utilizando a seguinte equação:

$$AF = CF (m) * LF (m) * 0,75 * (NF + 2)$$

A produtividade de colmos por hectares (PRO) foi calculada nas 24 parcelas experimentais. A cada metro de planta, cortava-se e pesava-se um metro de cana com auxílio de uma balança digital.

Os resultados obtidos foram processados e submetidos à análise de variância pelo teste F e regressão para os resultados significativos a 5% utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve efeito de fontes e doses de Zn aplicadas no sulco de plantio para as variáveis Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ), Brix, Teor de Sacarose Aparente (POL_CAN), pol do caldo (POL_CAL), Açúcares redutores (AR), Açúcares Redutores Totais (ART) e Produtividade dos Colmos (PRO).

Farias *et al.* (2009), em sua pesquisa também não indetificaram efeito das doses de zinco nos índices industriais da cana-de-açúcar. Teixeira Filho *et al.* (2013) também encontraram resultados parecidos, o incremento das doses de zinco não influenciou na

produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar. Marangoni *et al.* (2019) explicam que o não incremento das doses de zinco no comprimento das folhas, mesmo com aumento das doses pode estar associado ao melhor crescimento da cana-de-açúcar em todas as parcelas tratadas com zinco, resultando em uma diluição deste nutriente nas plantas da parcela.

Mangrio *et al.* (2020) em seu trabalho, relata que o teor de Zn no solo era de 0,4 mg dm⁻³, valor que é inferior ao deste estudo, sugerindo assim uma interferência do teor de Zn no solo nas variáveis resposta para que não tenha tido diferença.

Os resultados das médias da variável diâmetro de colmo apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) em relação às variável dose, contudo, as demais variáveis não apresentaram efeito significativo para bloco, variedade, dose e fatores interativos (Tabela 2).

Tabela 2: Altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF) e número de gemas (NG) de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco. Ceres, GO. 2023.

Fonte de variação	GL	QM (AP)	QM (NF)	QM (DC)	QM (AF)	QM (NG)
Bloco	2	0,067252 ^{NS}	1,187500 ^{NS}	3,142144 ^{NS}	0,003206 ^{NS}	3,395833 ^{NS}
Variedade	1	0,029502 ^{NS}	1,020833 ^{NS}	3,291769 ^{NS}	0,000169 ^{NS}	11,020833 ^{NS}
Dose	3	0,272947 ^{NS}	0,576389 ^{NS}	6,041247**	0,003297 ^{NS}	1,187500 ^{NS}
Var x Dose	3	0,165008 ^{NS}	0,631944 ^{NS}	0,506841 ^{NS}	0,002463 ^{NS}	0,909722 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,165008	0,631944	0,506841	0,002463	0,909722
Resíduo (B)	35	0,054313	0,339881	5,627433	0,003782	1,647024
CV (A) %		11,96	20,19	2,48	22,24	4,52
CV (B) %		6,86	14,81	8,26	27,56	6,08

Legenda: **Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo

Fonte: Arquivo pessoal, 2023

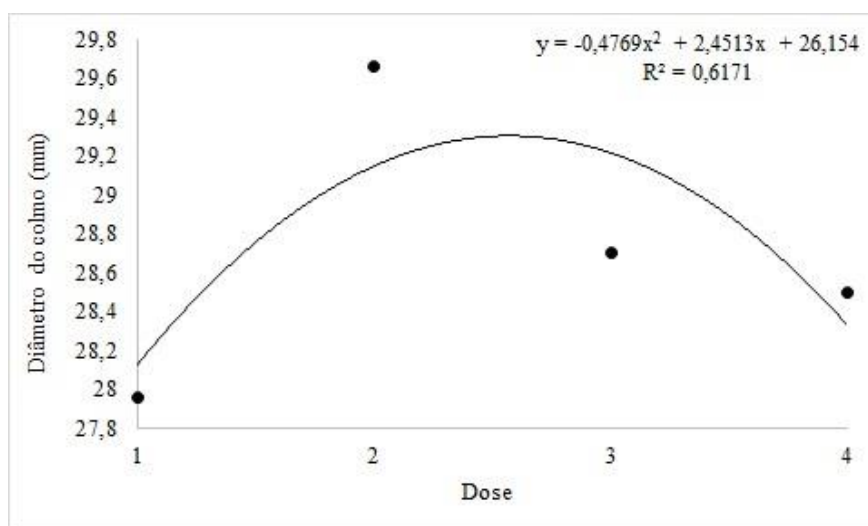


Figura 1: Regressão do diâmetro do colmo pela dose

Fonte: Arquivo pessoal, 2023

O diâmetro do colmo (DC) da cana-de-açúcar foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para a interação de doses de zinco em relação à dose 2 (5 kg ha⁻¹). Para tal resultado, foi obtida a equação de regressão apresentada na Figura 1, onde se obteve uma dose máxima responsiva de 6,5 kg ha⁻¹ de Zn.

Cunha *et al.* (2020) observaram incrementos lineares na produtividade da cana-de-açúcar adubada com diferentes doses de zinco, tanto em cana-planta quanto em soqueiras. Cunha (2017) obteve resultados semelhantes ao incrementar fertirrigação de zinco com nitrogênio. Constata-se que o zinco não se refletiu no crescimento da cultura (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com Costa Filho e Prado (2008), que não verificaram efeito de Zn em terceira soca, empregando quatro doses de sulfato.

Essas divergências podem ser explicadas principalmente pelo teor de Zn presente na análise de solo cultivado, pois neste estudo os valores são considerados altos, de acordo com Sousa e Lobato (2004), valores acima 1,6 mg dm⁻³ de Zn no solo é considerado alto, o solo deste estudo foi de 3,1 mg dm⁻³, teor apresentado no estudo realizado por Cunha *et al.* (2020) é considerado muito baixo para o cultivo, onde o uso da adubação complementar com Zn teve interação, demonstrando que doses maiores podem ser responsivas em solos com teores limitantes e não responsivos quando o solo já possui altos teores.

Oliveira *et al.* (2017), em pesquisa sobre biometria do colmo em cana soca, utilizando cinco doses de zinco, observaram diferença de 10,6% no número de gemas, entre as doses de zinco de 0 e 10 kg ha⁻¹. Segundo Novais *et al.* (2007), alguns fatores afetam a disponibilidade do zinco, entre eles a relação com pH, cuja maior disponibilidade ocorre na faixa entre 5,0 e 6,5. Existe também o fato de que o uso de altas dosagens de fertilizantes fosfatados, mostrando efeito de interação entre Zn e o P, ocasiona deficiência de zinco.

As variáveis peso do bagaço úmido, pureza e brix não apresentaram diferença para os fatores isolados e/ou interativos (Tabela 3).

Tabela 3: Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco. Ceres, GO. 2023

Fonte de variação	GL	QM (BRIX)	QM (PBU)	QM (PRZ)
Bloco	2	0.226250 ^{NS}	613.682587 ^{NS}	0.007213 ^{NS}
Variedade	1	3.300417 ^{NS}	2.457600 ^{NS}	0.988204 ^{NS}
Dose	3	0.085972 ^{NS}	78.784317 ^{NS}	0.095337 ^{NS}
Var x Dose	3	3.011528 ^{NS}	211.825100 ^{NS}	0.352515 ^{NS}
Resíduo (A)	3	9.034583	211.825100	0.352515
Resíduo (B)	11	0,040849	187.671393	0.116584

CV (A) %	7,99	9,54	0,71
CV (B) %	0,00	8,98	0,41

Legenda:** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo

Fonte: Arquivo pessoal, 2023

Farias *et al.* (2009) esclarecem esses resultados negativos, visto que em sua pesquisa usando níveis de adubação de zinco em cana-de-açúcar não foram registrados resultados significativos entre Zn e as variáveis avaliadas, uma evidência de não haver influência deste micronutriente sobre os índices tecnológicos da cultivar de cana SP 79-1011, cultivada em condições de Tabuleiros Costeiros de Mamanguape, Paraíba, mesmo estando em solo deficiente do nutriente.

Em relação à pureza do caldo da cana-de-açúcar, Teixeira Filho (2011) afirma que quanto maior a porcentagem, melhor é qualidade da matéria-prima. Suas pesquisas apontaram diferença entre as fontes de Zn para a primeira soqueira, em que o quelato de Zn proporcionou maior pureza, apesar de não ser diferente do sulfato de Zn.

Os resultados pertencentes às variáveis pol do caldo, teor de sacarose aparente e fibra não expressaram diferença, não tendo ocorrido efeito considerável para fatores isolados e/ou interativos (Tabela 4). Cunha *et al.* (2019) usando a fertirrigação com zinco não encontraram diferença para a variável Fibra industrial.

Tabela 4: Pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_CAN), e FIBRA em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco. Ceres, GO.

Fonte de variação	GL	QM (fibra)	QM (pol_can)	QM (pol_cal)
Bloco	2	3.936617 ^{NS}	0.162237 ^{NS}	0.160662 ^{NS}
Variedade	1	0.015504 ^{NS}	1.251267 ^{NS}	1.685400 ^{NS}
Dose	3	0.500549 ^{NS}	0.030211 ^{NS}	0.032294 ^{NS}
Var, x Dose	3	1.354037 ^{NS}	1.355189 ^{NS}	1.761856 ^{NS}
Resíduo (A)	3	1.354037	1.355189	1.761856
Resíduo (B)	11	1.200981	-8.40643939E-0002	-7.53537879E-0002
CV (A) %		8,90	7,77	7,33
CV (B) %		8,38	0,00	0,00

Legenda:** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo

Fonte: Arquivo pessoal, 2023

Diferentemente dos resultados obtidos no presente estudo, Marinho e Albuquerque (1981) observaram efeito da aplicação de Zn na produtividade da cana-de-açúcar, POL da cana e pureza do caldo em sete experimentos conduzidos em solos de tabuleiro em Alagoas, quando os teores deste micronutriente no solo eram inferiores a 5 mg dm⁻³.

Em relação às variáveis açúcares redutores e açúcares redutores totais, não houve diferença para os fatores isolados e interativos (Tabela 5). As diferentes doses de Zn não afetaram açúcares redutores e açúcares redutores totais nas duas cultivares de cana-de-açúcar. Estes resultados são semelhantes aos relatados por Teixeira Filho *et al.* (2013), salientando que aplicaram cinco doses de zinco no sulco de plantio utilizando três fontes de Zn, não tendo encontrado diferenças.

Diante de tais resultados, Teixeira Filho (2011) salientam que as doses de Zn aplicadas em seu experimento também não aumentaram a produtividade e a massa da matéria seca de colmos da cana-de-açúcar, mesmo sendo cultivada em um solo arenoso com baixo teor deste nutriente. Esses mesmos índices também foram encontrados para os essenciais componentes de produção da cultura, comprovando o motivo do não aumento de produtividade da cana-de-açúcar.

Tabela 5: Açúcares Redutores (AR), Açúcares Redutores Totais (ART) e Produtividade dos colmos por hectares (PRO) em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco. Ceres, GO.

Fonte de variação	GL	QM (AR)	QM (ART)	QM (PRO)
Bloco	2	0.000517 ^{NS}	0.190867 ^{NS}	76561729.672867 ^{NS}
Variedade	1	0.000938 ^{NS}	1.470150 ^{NS}	1.14920399E+0009 ^{NS}
Dose	3	0.000026 ^{NS}	0.035650 ^{NS}	136654343.421849 ^{NS}
Var, x Dose	3	0.000326 ^{NS}	1.539717 ^{NS}	234754029.197937 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0.000326	1.539717	328550377.826344 ^{NS}
Resíduo (B)	11	0.000381	-8.94500000E-0002	
CV (A) %		2,75	7,55	13,96
CV (B) %		2,97	0,00	16,52

Legenda: **Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo

Fonte: Arquivo pessoal, 2023

Todavia, apesar de não ter sido identificada resposta da cana-de-açúcar para as variedades analisadas em relação à adubação com zinco nos dois primeiros cortes da cultura, os resultados podem ser distintos para demais variedades de cana-de-açúcar que necessitam em maior quantidade deste micronutriente e/ou em cultivos subsequentes, já que, apesar da sua baixa mobilidade do Zn no solo, estas fontes de Zn podem apresentar diferente efeito residual (Teixeira Filho, 2011).

Casarin *et al.* (2001) mencionam que em solos de baixa fertilidade ou que são trabalhados durante anos, é mais grave a deficiência de micronutrientes em cana-de-açúcar, pois, neste caso, a resposta negativa pode estar ligada aos primeiros cultivos da cultura.

Diante do exposto, é possível observar que grande parte dos trabalhos encontrados sobre

adubação com zinco na cultura da cana-de-açúcar é antiga, razão da necessidade de mais pesquisas sobre o tema, tendo em vista que sempre estão surgindo novas variedades de cana-de-açúcar, que podem ser mais adaptáveis à adubação com este micronutriente. Além disso, há necessidade de investigar qual fonte de Zn seria a mais eficaz nesta adubação, além de um método de aplicação mais eficiente, tanto em cana planta quanto em cana soca, pois levantamos a hipótese de que a aplicação de micronutrientes no sulco de plantio não estava sendo eficiente a ponto de suprir a demanda nutricional da cana planta durante todo o ciclo de desenvolvimento.

CONCLUSÕES

A aplicação do micronutriente zinco sob a forma de sulfato teve influência no diâmetro do colmo, em relação à dose de 5 kg ha⁻¹ de Zn.

As variáveis biométricas (AP, NF e AF) e as variáveis tecnológicas (ART, AR, POL_CAN, POL_CAL, FIBRA, PBU, PRZ e BRIX) não mostraram diferenças.

Recomenda-se estudos futuros para aperfeiçoamento do resultado deste estudo.

REFERÊNCIAS

CASARIN, V., VILLA NOVA, V.S. E FORLI, F. **Micronutrientes em cana-de-açúcar**. In: MARQUES, M. O. E MUTTON, M.A. (Coord.). **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: FUNEP, 2001.

COSTA FILHO, R.T. E PRADO, R.M. **Zinco na nutrição e na produção de colmos da terceira soqueira de cana-de-açúcar cultivada em um latossolo vermelho amarelo**. Tecnologia/Pesquisa-STAB, 26:6-9. 2008.

CUNHA, F. N. **Desenvolvimento, Produtividade e Qualidade Industrial da Cana-De-Açúcar Fertirrigada com Nitrogênio E Zinco**. Rio verde-GO, Tese de Doutorado, 2017.

CUNHA F.N., TEIXEIRA M.B., SOARES F.A.L., DA SILVA E.C., SOUSA A.E.C., DOS SANTOS L.N.S., DA SILVA VIEIRA, G. **Industrial Quality of Sugarcane Under Fertigation with Nitrogen and Zinc**. Sugar Tech, p.1-9, 2019.

CUNHA F. N., BATISTA TEIXEIRA M., CABRAL DA SILVA E., FURTADO DA SILVA N., TEIXEIRA SILVA COSTA C., MARQUES VIDAL V., GOMES L. F. **Productive Potential of Nitrogen and Zinc Fertigated Sugarcane**. Agronomy, v.10, n.8, 2020.

FARIAS, C.H.A., FERNANDES, P.D., GHEYI, H.R. E DANTAS NETO, J. **Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., 13:419-428. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400008>. 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system.** Ciência e Agrotecnologia, 35:1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. 2011.

FRANCO, H.C.J., TRIVELIN, P.C.O., VITTI, A.C., FARONI, C.E. E SARTORI, R.H. **Produtividade e atributos tecnológicos da cana-planta relacionados à aplicação de zinco.** STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos. 27:30-34. 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: CERES. 638p. 2006.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. E OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafos. 308p. 1997.

MARANGONI, F.F. **Boro e zinco no sulco de plantio na cultura da cana-de-açúcar.** Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista. 78p. Tese Doutorado. 2016.

MARANGONI F.F., OTTO R., DE ALMEIDA R.F., CASARIN V., VITTI G.C., TIRITAN C.S. **Soluble Sources of Zinc and Boron on Sugarcane Yield in Southeast Brazil.** Sugar Tech, v.21, n.6, p.917-924, 2019.

MANGRIO N., KANDHRO M.N., SOOMRO A.A., MARI N., SHAH Z.U.H. (2020). **Growth, Yield and Sucrose Percent Response of Sugarcane to Zinc and Boron Application.** Sarhad Journal of Agriculture, v.36, n.2, 2020.

MARINHO, M.F. E ALBUQUERQUE, G.A.C. **Efeitos do cobre e do zinco na produção de cana-de-açúcar em solos de tabuleiros de Alagoas.** Brasil Açucareiro. 98:41-50. 1981.

MORAES, A. **Tamanho ideal de amostra em diferentes espaçamentos entre plantas para avaliação de famílias de cana-de-açúcar.** Lavras: UFLA. 48p. Dissertação Mestrado. 2017.

NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTURITTI, R.B. E NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo.** Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa: SBCS. 1017p. 2007.

OLIVEIRA, G. S., CUNHA, F.N., TEIXEIRA, M.B., MORAIS, W.A., GOMES, F.H.F. E HORSCHUTZ, A.C.O. **Biometria do colmo da cana-de-açúcar fertirrigada com nitrogênio e zinco.** XXVI- Congresso Nacional de Irrigação e drenagem. Conference: IV

Inovagri International Meeting. <http://dx.doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res3290684>. 2017.

ORLANDO FILHO, J., ROSSETO, R. E CASAGRANDE, A. A. **Cana-de-açúcar**. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M.C.P., RAIJ, B.VAN E ABREU, C.A.(Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS. p.355-373. 2001.

ROCHA, M.G.D. ET AL.. **Avaliação De Métodos De Determinação De Índice De Área Foliar Da Cana-de-açúcar de forma especializada**. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, ConBAP, 2016.

SANTOS, F., BORÉM, A. E CALDAS, C. **Sugarcane: agricultural production, bioenergy and ethanol**. Academic Press. 492p. 2015.

SANTOS, H. G., JACOMINE P.K.T, ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., ARAÚJO FILHO, J.C., OLIVEIRA, J.B. E CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa. 356p. 2018.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.A. E MURPHY, A. **Fisiologia E Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888p. 2017.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M. **Doses, fontes e modos de aplicação de zinco na cultura da cana-de-açúcar**. Ilha Solteira-SP: UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 153p. Tese Doutorado. 2011.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M., BUZETTI, S., GARCIA, C.M.P., BENETT, C.G.S., RODRIGUES, M.A.C., MAESTRELO, P.R., CELESTRINO, T.S. E GAZOLA, R.N. **Qualidade tecnológica e produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar submetida à adubação com zinco**. Semina: Ciências Agrárias. 34:1603-1614. DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n4p1603](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1603). 2013.