

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS CERES

PRO-REITORIA DE PESQUISA, POS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DE
CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS SOB DOSES DE
ZINCO**

Autora: Karla Soares Matias
Orientador: Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa
Coorientador: Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

CERES – GO
Março – 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS CERES

PRO-REITORIA DE PESQUISA, POS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DE
CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS SOB DOSES DE
ZINCO**

Autora: Karla Soares Matias
Orientador: Dr. Antonio Evami C. Sousa
Coorientador: Dr. Frederico Antonio L. Soares

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres - Área de concentração: Irrigação.

CERES – GO
Março - 2021



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

Formulário 134/2022 - GE-CE/DE-CE/CMPCE/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DE CULTIVARES DE
CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS SOB DOSES DE ZINCO**

Autora: Karla Soares Matias

Orientador: Prof.

Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa

Co-

orientador: Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:
Irrigação

APROVADO em: 29 de março de 2021.

Prof. Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa
Presidente da banca
IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof. Dr. Frederico Antonio Loureiro Soares
Co-orientador
IF Goiano - Campus Ceres

Prof. Dr. Edson Cabral da Silva
Avaliador externo
Pesquisador

Prof. Dr. Wilker Alves Morais
Avaliador externo
Pesquisador

Documento assinado eletronicamente por:

- Edson Cabral da Silva, 2016202320140131 - Discente, em 02/03/2022 16:51:47.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/02/2022 14:32:02.
- Wilker Alves Morais, 2017102320140165 - Discente, em 24/02/2022 09:28:17.
- Antonio Evami Cavalcante Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/02/2022 21:03:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/02/2022. 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: 361031
Código de Autenticação: c6f184563a



DEDICO

Dedico este trabalho primeiramente a Deus.

Dedico à minha família, à minha mãe Poliana, que sempre me incentivou e me apoiou ao longo desses anos, ao meu Pai Edson (*in memoriam*) que sempre ajudou no que fosse possível, e de onde ele está agora sei que está olhando por mim, essa conquista é dedicada a você, meu pai. Às minhas irmãs Micaelle e Silmara, por terem sido companheiras durante esse tempo.

Ao meu noivo, Clemerson, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando de todas as formas possíveis.

À minha sogra Eliene, que sempre me apoiou e acreditou no meu sucesso.

Aos meus amigos Karla Nara, Romualdo Duarte e Kátia Freitas, por toda a ajuda e companheirismo ao longo deste tempo.

Aos meus orientadores Antonio Evami e Frederico, por toda paciência e dedicação para comigo.

OFEREÇO

A toda minha família, que esteve a meu lado e nunca me deixou desistir.

Aos meus amigos do mestrado, que compartilharam da mesma dedicação e preocupações.

Ao meu amor e futuro marido, Clemerson, que nunca me deixou desistir e sempre me apoiou quando eu mais precisava.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela oportunidade de ter chegado até aqui.

Agradeço à minha mãe Poliana, que é minha grande inspiração de pessoa e minha eterna heroína.

Agradeço ao meu pai, Edson, *in memoriam*, por ter sido sempre presente enquanto pôde e pelo amor para comigo. Obrigada, meu pai, por me apoiar sempre e mais do que qualquer pessoa. Eu te amo infinitamente!

Agradeço às minhas irmãs Micaelle e Silmara, pela paciência e companherismo.

Agradeço ao meu amor, Clemerson, por cada ajuda, cada conselho e cada incentivo. Obrigada por ser meu companheiro de vida, por me apoiar e me mostrar que sou capaz.

Agradeço à minha amiga Karla Nara, por toda ajuda e lealdade, sem ela eu não teria conseguido.

Agradeço aos meus amigos Romualdo e Kátia, pela amizade e por toda ajuda que me deram.

Agradeço ao meu orientador Antonio, por toda paciência e confiança depositada em mim, obrigada por aceitar essa grande responsabilidade e exercer com maestria seu papel, jamais vou esquecer da sua função nessa minha jornada, sua orientação foi essencial para que este trabalho fosse concluído.

Agradeço ao coorientador Frederico, que mesmo distante orientou e ajudou todo o possível.

Agradeço ao Instituto Federal Goiano, pela oportunidade, e a todos os professores e servidores, que contribuíram direta e indiretamente para minha formação.

Agradeço à Usina CRV Industrial, pela ajuda, financiamento e comprometimento durante a pesquisa.

E por fim, agradeço a cada um que teve sua participação direta e indiretamente na minha jornada. Obrigada a todos!

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

BIOGRAFIA DA AUTORA

KARLA SOARES MATIAS, filha de Edson Soares dos Santos e Poliana Matias Santos, nasceu em 07 de fevereiro de 1997 em Itapaci – GO.

No ano de 2015, deu início ao curso de Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Uruaçu. No ano de 2019, recebeu o título de Licenciada em Química.

No ano de 2019, ingressou no Curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado pelo Instituto Federal Goiano - Campus Ceres. Área de concentração: Irrigação.

Atualmente trabalha como Gerente Financeiro de um Produtor Rural, com contribuições na área do campo sempre que necessário.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS -----	8
ÍNDICE DE FIGURAS -----	9
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES-----	10
RESUMO -----	11
ABSTRACT -----	12
CAPÍTULO I -----	13
1. INTRODUÇÃO -----	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO-----	15
2.1. INFLUÊNCIA DO ZINCO-----	15
2.1.1. PROCESSOS DE ABSORÇÃO DE ZINCO -----	17
3. OBJETIVOS -----	20
3.1. OBJETIVO GERAL-----	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	20
4. CAPÍTULO II - ANÁLISES BIOMÉTRICAS E TECNOLÓGICAS DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ZINCO.-----	21
4.1. INTRODUÇÃO -----	22
4.2. MATERIAL E MÉTODOS -----	24
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	27
4.4. CONCLUSÕES -----	32
4.5. AGRADECIMENTOS -----	32
4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	33

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química do solo da área experimental, Ceres, 2019-----	25
Tabela 2. Análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e número de gemas (NG) de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco-----	28
Tabela 3. Análise de variância para Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco-----	29
Tabela 4. Análise de variância para 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.-----	30
Tabela 5. Análise de variância para Açúcares Redutores (AR) e Açúcares Redutores Totais (ART) em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco-----	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Cana-de-açúcar com deficiência de zinco nas folhas -----	16
Figura 2. Meio de contato íon raiz -----	17
Figura 3. Processos de interceptação radicular, fluxo de massa e difusão -----	18
Figura 4. pH x disponibilidade de nutrientes-----	19
Figura 5. Localização do experimento -----	24
Figura 6. Aplicação de sulfato de zinco no sulco de plantio -----	26
Figura 7. Croqui-----	26
Figura 8. Equação quadrática do diâmetro do colmo -----	28

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade
AF	Área foliar	m ²
AP	Altura de plantas	m
AR	Açúcar redutor	%
ART	Açúcar redutor total	%
ATR	Açúcar total recuperável	Kg Mg ⁻¹
CF	Comprimento de folha	m
CV	Coefficiente de variação	%
DBC	Delineamento em blocos Casualizados	-
DC	Diâmetro de colmo	mm
GL	Grau de liberdade	-
LF	Largura de folha	cm
NF	Número de folhas	Unidade
NG	Número de gemas	-
PBU	Peso do bagaço úmido	Kg
PC	Pol do caldo	%
POL	Teor de sacarose aparente	%
PRO	Produtividade	Kg ha ⁻¹
PRZ	Pureza	%
RE	Rendimento de etanol	L t ⁻¹
TSS	Teor de sólidos solúveis	Brix

RESUMO

MATIAS, KARLA SOARES. Instituto Federal Goiano - Campus Ceres – GO, fevereiro, 2021. **Adubação complementar de zinco em duas variedades de cana-de-açúcar.** Orientador: Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa. Coorientador: Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares.

A cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) está progressivamente tomando uma grande dimensão de relevância dentro do território brasileiro. A produtividade da cana-de-açúcar é influenciada pela disponibilidade de nutrientes pelo solo, por consequência, a adubação com micronutrientes é importante para a cultura. Grande parte dos solos tropicais tem baixa disponibilidade de micronutrientes, principalmente de zinco. A carência deste micronutriente provoca sérios distúrbios no metabolismo vegetal, que repercutem na redução da produtividade de culturas temporárias e perenes. O zinco comporta-se como ativador de várias enzimas, sendo componente estrutural de outras, assim como de estruturas celulares. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de doses de zinco nas variáveis biométricas, na produtividade de colmos e na qualidade industrial de duas cultivares de cana-de-açúcar, no ciclo de primeira soqueira, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutrófico de Cerrado. O estudo foi conduzido na Unidade de pesquisa em cana-de-açúcar, localizada no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, em parceria com a CRV Industrial. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro doses de zinco (0; 5; 10 e 15 kg ha⁻¹), aplicadas em duas cultivares de cana-de-açúcar, RB92579 e SP801816. A fonte de zinco utilizada foi o sulfato de zinco (20% Zn, 8,85% S e 1% K), aplicado via solo. Antes da aplicação das dosagens, foram determinadas as propriedades químicas do solo em amostras coletadas na camada de 0-25 cm de profundidade. Alguns dias após o primeiro corte da cana-de-açúcar, foram aplicadas doses de sulfato de zinco em um sulco ao lado da linha de plantio. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste F e, em caso de significância, feitos análise de regressão para a variável quantitativa (dose de zinco) e o teste de comparação de médias para a variável qualitativa (variedades). Verificou-se que não houve efeito significativo de doses de Zn 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) e Açúcares Redutores Totais (ART). Houve efeito significativo de variedades para número de gemas, tendo a variedade 1 apresentado melhor resultado, e de doses de zinco para diâmetro de colmo da cana-de-açúcar, em que a dose 2 se sobressaiu às demais.

Palavra-chave: *Saccharum officinarum* L., sulfato de zinco, Fertilidade do Solo, Latossolo Vermelho, Cerrado

ABSTRACT

MATIAS, KARLA SOARES. Instituto Federal Goiano - Campus Ceres - GO, February, 2021. **Supplementary zinc fertilization in sugarcane.** Advisor: Dr. Antônio Evami C. Sousa. Co-supervisor: Dr. Frederico Antônio L. Soares.

The sugarcane (*Saccharum officinarum* L) cultivation is progressively taking on a great importance in the Brazilian territory. Sugarcane yield is influenced by the availability of soil nutrients, so fertilization with micronutrients is important for the crop. Much of the tropical soils have low availability of micronutrients, mainly zinc. The lack of this micronutrient causes serious disturbances to the plant metabolism, generating a reduction in the productivity of temporary and perennial crops. Zinc behaves as an active ingredient in some enzymes and in a structural component of others, as well as in cellular structures. This study aimed to evaluate the zinc doses effect on biometric variables, on culm productivity, and on industrial quality of two sugarcane cultivars, in the first ratoon cane, grown in a Eutrophic Red Latosol of Cerrado (Brazilian Savannah). This study was carried out in the Sugarcane Research Unit, at the Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, in partnership with CRV Industrial. The experimental design was in randomized whole blocks, 4 x 2 factorial scheme, and three replicates. The treatments consisted of four zinc doses (0, 5, 10, and 15 kg ha⁻¹) applied to RB92579 and SP801816 sugarcane cultivars. The zinc sulfate (20% Zn, 8.85% S, and 1% K) was applied in the soil. The soil chemical properties were checked on collected samples from the 0 to 25 cm soil deep layer before applying the doses. Zinc sulfate doses were applied in a furrow next to the planting line a few days after the sugarcane first cut. Results found were subjected to analysis of variance, applying the F test, and a regression analysis was made in case of significance for a quantitative variable (zinc dose), and a means comparison test was made for a qualitative variable (varieties). It was found that there was no significant effect of Zn doses for Wet Bagasse Weight (WBW), Purity (PRT), Brix, Apparent Sucrose Content (POL_CAN), Broth Pol (POL_BRO), Reducing Sugar (RS), and Total Reducing Sugar (TRS). There was a significant effect of varieties for the number of buds, in which the variety 1 showed the best result, and of zinc doses for the sugarcane stem diameter, whose dose 2 stood out from the others.

Keywords: *Saccharum officinarum* L. Cerrado (Brazilian Savannah). Eutrophic Red Latosol. Soil Fertility. Zinc sulfate

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Segundo Leme Filho (2009), a cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné, onde era tida como planta silvestre e ornamental. De Nova Guiné, a cana-de-açúcar foi se disseminando para várias ilhas do sul do Oceano Pacífico, Indochina, Arquipélago da Malásia e Bengala, mas somente na Índia Tropical é que essa planta foi reconhecida como produtora de açúcar, e somente no Brasil a cana-de-açúcar começou a ser industrializada, a partir de mudas oriundas da Ilha da Madeira.

A cultura de cana-de-açúcar está progressivamente tomando uma grande dimensão de relevância dentro do território brasileiro. Diante disto, a evolução desta cultura passou por significativas transformações, assumindo notabilidade quanto à sua importância para o ciclo evolutivo da economia nacional, principalmente nos primórdios da economia brasileira, situação observada desde o período colonial. Por conseguinte, a negociação dos produtos oriundos da cana-de-açúcar esclarece a tendência do movimento constante de profundas transformações em toda a sua cadeia produtiva ao longo de seu meio de comercialização no mercado interno e em âmbito internacional (Araújo & Santos, 2013).

A produtividade da cana-de-açúcar é influenciada pela disponibilidade de nutrientes pelo solo, assim, a adubação com micronutrientes é importante para a cultura (Azevedo, 2002). Grande parte dos solos tropicais tem baixa disponibilidade de micronutrientes, principalmente zinco e boro, devido à sua baixa fertilidade natural, ao alto grau de intemperização e até pelo manejo inadequado, como excesso de calagem (ou incorporação superficial do calcário) e mesmo de adubação (fosfatada).

A carência deste micronutriente provoca sérios distúrbios no metabolismo vegetal, que repercutem na redução da produtividade de culturas temporárias e perenes. O zinco comporta-se como ativador de várias enzimas, sendo componente estrutural de outras, assim como de estruturas celulares. Participa também da fotossíntese nas plantas C4, pela enzima carboxilase pirúvica. É indispensável para a produção de triptofano, aminoácido precursor do AIA (ácido indolacético), além de ser hormônio vegetal promotor de crescimento, estando também incluído no metabolismo do nitrogênio (Teixeira Filho, 2011).

Diante disto, Orlando Filho et al. (2001) enfatizam que a absorção de micronutrientes pela cana-de-açúcar é influenciada por vários fatores, entre eles a idade da planta, o tipo de

solo e a variedade da planta. As curvas de absorção de micronutrientes possibilitam a definição das épocas em que as demandas são maiores. De maneira geral, em termos de exportação pelos colmos, tem-se $Fe > Mn > Zn > Cu > B > Mo$, portanto, quantidades relativamente pequenas quando comparadas à extração de macronutrientes, mas cruciais para o desenvolvimento desta cultura (Teixeira Filho, 2011).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A cana-de-açúcar é típica de climas tropicais e semitropicais, além de ser a principal matéria-prima para a produção de açúcar e álcool (etanol), sendo uma importante fonte de renda e de geração de empregos (Marasca et al., 2015).

Por ser uma cultura semiperene, rústica, com ciclo de cinco a sete anos (Rhein et al., 2016), seu sistema radicular se desenvolve em maior profundidade, desse modo, passando a ter uma pequena relação com o pH, saturação por bases, porcentagem de alumínio e teores de cálcio nas camadas mais profundas do solo.

O crescimento da cana-de-açúcar é influenciado pela temperatura noturna em maior escala que a diurna, sendo que, em noites frias, o desenvolvimento é lento, ocorrendo maior concentração de sacarose nos colmos. A sacarose e os açúcares redutores (glicose e frutose) se movimentam dia e noite para todas as partes da planta, através do floema, sendo armazenados nos entrenós mais velhos da planta, assim o crescimento ocorre do topo para a base da planta (Teixeira Filho et al., 2013).

O sistema radicular é formado por rizomas e raízes fasciculadas, 85% na camada de 50 cm de profundidade e 60% na camada de 20 a 30 cm. Em função disto, a cana-de-açúcar é uma das culturas mais atingidas pela compactação do solo (Oliveira Filho et al., 2015). E estes motivos, por sua vez, estão correlacionados com a produtividade alcançada, especialmente em solos de baixa fertilidade e menor capacidade de retenção de umidade.

2.1. INFLUÊNCIA DO ZINCO (ZN)

A cana-de-açúcar fornece toneladas de biomassa por hectare, demandando, conseqüentemente, grande quantidade de micro e de macronutrientes do solo (Solanki et al., 2017).

Entre esses micronutrientes, está o zinco, ativador enzimático de vários processos metabólicos, responsável pelo crescimento de tecidos vegetais, podendo ser requerido para biossíntese de clorofila em algumas plantas. Por não ser encontrado no floema, sua redistribuição na planta é bastante limitada, sendo considerado pouco móvel. Diante disto, os sintomas da sua deficiência podem ser verificados nas folhas novas (Diniz, 2017).

Especificamente, o zinco é componente da enzima álcool desidrogenase e esse elemento pode ser requerido para a síntese de clorofila em algumas plantas. Ele é

imprescindível para a síntese do 3-indol-acético (AIA), hormônio regulador do crescimento (Taiz et al., 2017).

Essa substância (AIA) é a principal auxina encontrada nas plantas, produzida principalmente no meristema apical (gema) do caule e transportada das células do parênquima até as raízes. O transporte do AIA é unidirecional, necessitando de energia para acontecer. A principal finalidade da auxina é promover o crescimento de raízes e caules pelo alongamento das células recém-produzidas nos meristemas. Esse efeito depende, entretanto, da concentração do hormônio (Taiz et al., 2017).

A deficiência de zinco é caracterizada pela redução do crescimento dos entrenós e, como resultado, as plantas exibem um hábito de crescimento em roseta, as folhas formando um agrupamento circular que se irradia no solo ou junto a ele. As folhas podem ser pequenas e retorcidas, com margens de aparência enrugada. Esses sintomas podem resultar da perda da capacidade de produzir quantidades suficientes do ácido indolacético(AIA) (Taiz et al., 2017). Vale destacar que o fósforo (P) pode interferir no metabolismo de Zn, assim como em sua absorção pelas raízes.

Na cana-de-açúcar, a deficiência de zinco é definida pelo pequeno alongamento do palmito, com tendência de as folhas serem emitidas na mesma altura do vértice foliar, dando um aspecto de “leque”. Em condições mais severas de deficiência, as plantas têm menor crescimento, exibindo um aspecto de raquitismo e as folhas mais velhas apresentam manchas vermelhas na parte inferior, podendo indiciar o começo de clorose internerval (Figura 1). A ausência deste nutriente na cana-de-açúcar pode provocar redução do perfilhamento, internódios mais curtos e colmos mais finos (Marangoni, 2016).



Fig. 1 Cana-de-açúcar com deficiência de zinco nas folhas
Fonte: Sobral (2015)

O excesso de zinco também pode vir a ser um problema para a cultura da cana-de-açúcar. No caso de toxicidade por zinco, as folhas apresentam pigmentação vermelha no pecíolo e nas nervuras, sendo comum também a clorose em razão da baixa concentração de ferro, visto que o excesso de Zn pode interferir na absorção do ferro (Williams, 2015).

2.1.1. PROCESSOS DE ABSORÇÃO DE ZINCO (ZN)

Para que o íon seja absorvido, é necessário que ocorra o estabelecimento do contato íon-raiz, feito pelos processos de interceptação, fluxo de massa e difusão. Na Figura 2, pode ser observada a absorção do íon pela raiz.

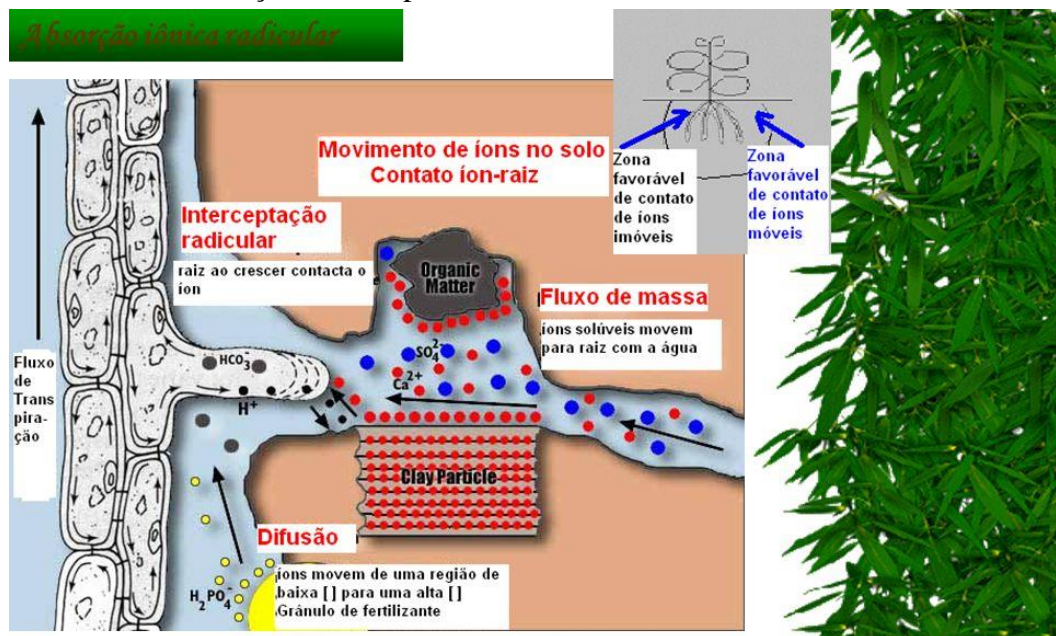


Fig. 2 Meio de contato íon raiz
Fonte: Pietra Marta (2015)

O zinco é absorvido pela planta predominantemente como Zn^{2+} e costuma se aglomerar nas raízes, principalmente quando consumido em grandes quantidades. A translocação para a parte aérea é mínima. Assim, a absorção de zinco é um processo ativo, visto ser consideravelmente diminuída em baixa temperatura (menos que 150 C) e por inibidores metabólicos em raiz de cevada, cana-de-açúcar e arroz (Teixeira Filho, 2011).

Diante da pouca mobilidade, os indícios de deficiência de Zn nas plantas são evidenciados nas folhas e em outras partes mais novas da planta. Além da diminuição em Zn, as plantas apresentam menores teores de nitrogênio e enxofre em razão da participação do Zn na redução do nitrato e na síntese proteica (RNA)

O contato íon-raiz do zinco é realizado em maior parte pelo processo de difusão (Figura 3).

Elemento	Processo de contato (% do total)			Aplicação do fertilizante
	Interceptação radicular	Fluxo de massa	Difusão	
Nitrogênio	1	99	0	Distante, em cobertura (parte)
Fósforo	2	4	94	Próximo das raízes
Potássio	3	25	72	Próximo das raízes, em cobertura
Cálcio	27	73	0	A lanço
Magnésio	13	87	0	A lanço
Enxofre	5	95	0	Distante, em cobertura (parte)
Boro	3	97	0	Distante, em cobertura (parte)
Cobre ¹	15	5	80	Próximo das raízes
Ferro ¹	40	10	50	Próximo das raízes
Manganês ¹	15	5	80	Próximo das raízes
Zinco ¹	20	20	60	Próximo das raízes
Molibdênio ²	5	95	0	Em cobertura (parte)

Fig. 3 Processos de interceptação radicular, fluxo de massa e difusão.
Fonte: Malavolta (2006)

O zinco é essencial para o desenvolvimento das plantas por ser um ativador de várias enzimas, além de estruturas celulares. A falta deste micronutriente gera perdas consideráveis ao metabolismo vegetal, refletindo-se diretamente na diminuição da produtividade de culturas (Taiz et al., 2017).

Nas plantas C4, o zinco atua na fotossíntese, através da enzima carboxilase pirúvica, fundamental para a produção de triptofano, aminoácido precursor do AIA, importante hormônio vegetal, promotor de crescimento, além de participar do metabolismo do nitrogênio (Taiz et al., 2017).

O Zn está disponível em maior quantidade nas faixas de pH 5,0 a 6,5. Na Figura 3, é possível observar a relação entre o pH e a disponibilidade dos nutrientes. Baixas temperaturas e excesso de umidade são fatores que prenunciam deficiências de Zn (Marangoni, 2016).

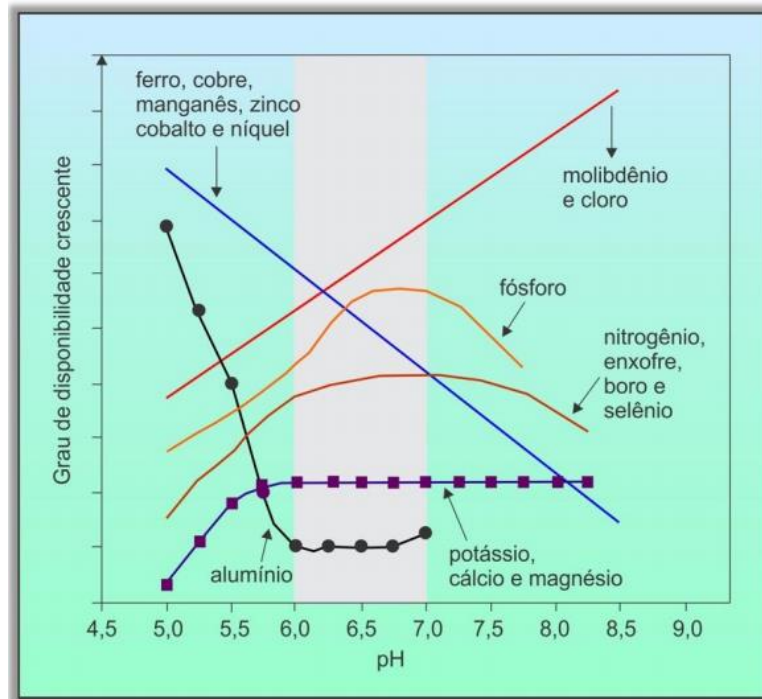


Fig. 4 pH x Disponibilidade de nutrientes
 Fonte: Malavolta (2006)

Em canaviais cultivados em solos com baixo teor deste nutriente, a adubação com Zn pode ocasionar maior crescimento dos internódios, aumentar o crescimento do topo da cana-de-açúcar e, por consequência, aumentar o comprimento e a produtividade de colmos (Teixeira Filho et al., 2013).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de doses de zinco nas variáveis biométricas, na produtividade de colmos e na qualidade industrial de duas cultivares de cana-de-açúcar, no ciclo de primeira soqueira, cultivadas em um Latossolo Vermelho eutrófico de Cerrado.

3.2. Objetivos Específicos

- Observar o potencial produtivo da cana-de-açúcar com a aplicação do zinco em solo do cerrado;
- Estabelecer entre as cultivares da cana-de-açúcar (RB92579 e SP801816) qual responde melhor à adubação de zinco; e
- Avaliar as variações biométricas e tecnológicas da cana-de-açúcar após a adubação com diferentes doses de zinco.

4. CAPÍTULO II

Normas da Revista Sugar Tech

ANÁLISES BIOMÉTRICAS E TECNOLÓGICAS DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE ZINCO

K. S. MATIAS; A. E. C. SOUSA; F. A. L. SOARES; P. V. F. SILVA; E. C. SILVA; W. A. MORAIS

Resumo

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 diâmetro do colmo (DC) e número de gemas (NG), não tendo ocorrido interação entre variedades e doses. As variáveis biométricas (AP, NF, LF e CF) e as tecnológicas (ATR, POL, PC, FIBRA, ART, PBU, AR, PRZ e BRIX) não mostraram significância. A produtividade de colmos da cultura não foi influenciada pelos tratamentos avaliados.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., sulfato de zinco, produtividade, micronutriente

Abstract

This study aimed to evaluate the biometric behavior and technological attributes of two varieties of sugarcane, cultivated under the application of different zinc sulfate doses, in a Eutrophic Red Latosol in Cerrado (Brazilian Savannah). It was carried out in the Sugarcane Research Unit, at the Goiano Federal Institute, Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, in partnership with CRV Industrial. A completely randomized block, 4 x 2 factorial scheme, and three replicates, consisting of four zinc doses (0, 5, 10, and 15 kg ha⁻¹) was the experimental design applied to RB92579 and SP801816 sugarcane cultivars. 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 (FC), Total Reducing Sugar (TRS), Reducing Sugars (RS) were the variables evaluated. Analysis of variance of the data obtained was carried by Sisvar statistical software. The application of different zinc doses showed significant results only in the Stem Diameter (SD) and in the Number of Buds (NB); however, there was no interaction between variety and dose. The biometric variables [PH, NL, LA, and Leaf Length (LL)] and the technological variables [Total Recoverable Sugar (TRS), POL, BP, FC, TRS, Wet Bagasse Weight (WBW), RS, PRT and BRIX] did not show significance. The culm productivity of the culture was not influenced by the evaluated treatments.

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

4.1. INTRODUÇÃO

De acordo com Santos et al. (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 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).

A aplicação de zinco via foliar é uma alternativa pouco estudada para a cultura da cana-de-açúcar. Considerando que as doses de zinco exigidas pelas culturas são pequenas e existem dificuldades em distribuir uniformemente os adubos na aplicação via solo, tem-se, assim, como alternativa a aplicação foliar (Marangoni 2016).

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.

No Brasil, a deficiência de Zn em cana-de-açúcar mostra-se com frequência em solos de tabuleiros na região Nordeste, bem como nas regiões de vegetação de cerrado (Orlando Filho et al. 2001). Ainda de acordo com estes autores, na região Centro-Sul do país, com a expansão da cultura para solos de baixa fertilidade natural, têm sido obtidas boas respostas da cana-de-açúcar ao Zn.

O micronutriente zinco na nutrição mineral das plantas, após o contato íon-raiz, é absorvido pelo xilema como Zn²⁺, sendo essa absorção construída por processo ativo, e esse micronutriente tende a se acumular nas raízes, a translocação via aérea é mínima. O zinco em forma de íon pode entrar na raiz imediatamente pelo simplasto, cruzando a membrana plasmática de uma célula epidérmica, ou pode penetrar no apoplasto (Taiz et al. 2017). A absorção de zinco pelas raízes da planta pode ser prejudicada por diversos fatores, entre eles a ação adsortiva exercida pelas argilas, principalmente em solos argilosos e muito intemperizados (Malavolta 2006).

Além do uso de solos de baixa fertilidade natural, o uso de novas variedades nas lavouras brasileiras, apesar de proporcionar ganhos expressivos de produtividade, vem tornando a produção de cana-de-açúcar mais intensiva, o que vem consumindo as reservas de micronutrientes do solo, até mesmo em áreas tradicionais de cultivo, o que diminui a eficiência de produção ao longo dos anos, mesmo em solos férteis. Isto exige um manejo mais

aprimorado da fertilidade do solo para a obtenção de produções economicamente viáveis. Portanto, além de calagem e da adubação NPK, a aplicação de micronutrientes está se tornando muito importante, principalmente para a obtenção de informações relativas à resposta de distintas variedades de cana-de-açúcar à aplicação de Zn em diferentes condições edafoclimáticas (Orlando Filho et al. 2001).

O zinco afeta diretamente o perfilhamento e o crescimento da planta, dois fatores fundamentais para a produtividade da cana-de-açúcar assim como para a longevidade das soqueiras. No metabolismo da planta, o Zn é essencial para a síntese de triptofano, que é precursor do ácido indolacético (AIA), que irá formar e ativar as enzimas responsáveis pelo alongamento e crescimento celular. Contudo, a cana-de-açúcar pode apresentar, com frequência, a chamada “fome oculta”, situação em que não aparecem os sintomas de deficiência visuais, no entanto, os níveis são insuficientes, limitando economicamente a produtividade da cultura (Orlando Filho et al. 2001).

Estudos recentes desenvolvidos pelo Instituto Agronômico 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 $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ (Melis et al. 2014). Para a região de Cerrado, a atual recomendação de Zn é de 6 kg ha^{-1} (Souza e Lobato 2004). Assim, em cultivos com emprego da irrigação e em áreas de alto potencial produtivo, postula-se que possa haver resposta ao zinco em doses mais elevadas. A deficiência deste nutriente na cana-de-açúcar pode ocasionar redução do perfilhamento, internódios mais curtos e colmos mais finos (Malavolta et al. 1997).

O Zn se concentra nas zonas de crescimento, em razão da maior concentração de auxinas (Taiz et al. 2017), sendo seu principal efeito, no desenvolvimento e alongamento das partes jovens das plantas. Dessa forma, a adubação com Zn em canaviais cultivados em solos com baixo teor deste nutriente é importante para manter níveis adequados para a cultura e, assim, proporcionar maior crescimento dos internódios, aumentar o crescimento do topo da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, aumentar o comprimento e a produtividade de colmos, além da qualidade tecnológica.

Estudos desenvolvidos por Franco et al. (2009), com doses de Zn ($0, 3 \text{ e } 6 \text{ kg ha}^{-1}$) aplicadas ao solo na forma de sulfato de zinco, não observaram aumento na produtividade de colmos, mas verificaram aumento nos teores de Brix, Pol e açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana soca.

É importante destacar que o Zn atua diretamente no processo de acúmulo de biomassa

pela cana-de-açúcar; portanto, o conhecimento das relações entre as variáveis de produção submetidas a níveis deste nutriente pode contribuir para aprimorar a recomendação de doses mais precisas de fertilizantes, visando a aumentar os rendimentos da cana-de-açúcar, assim melhorar a qualidade industrial, uma vez que esta cultura se encontra em expansão no Estado de Goiás, na atualidade o segundo maior produtor brasileiro, que ainda carece de conhecimentos em relação à nutrição mineral.

4.2. 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 e longitude 49°36'23.70". 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.



Fig. 5 Localização do experimento.
Fonte: Google Eath (2019).

Através de um pluviômetro inserido próximo do experimento, foram coletadas informações sobre a precipitação, Gráfico 1, que foi de 1737,29 mm no período de 17 de dezembro de 2019 a 14 de maio de 2020.

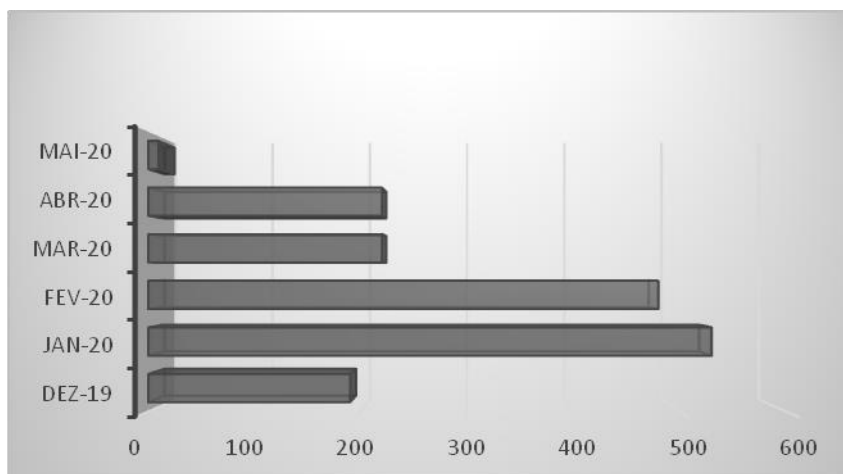


Gráfico 1: Relação de precipitações ao decorrer dos meses
Fonte: Arquivo pessoal (2020)

Antes da aplicação das dosagens, foram determinadas as propriedades químicas do solo, tendo as amostras sido coletadas na profundidades de 0-25 cm. Os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 1. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico textura argilosa (Santos et al. 2018).

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

pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+ Al	K	T	K	Zn	P	V	m
em H ₂ O	g/dm ³	cmol _c /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: Laboratorio de solos, IF Goiano Campus Ceres.

O delineamento experimental aplicado foi de blocos inteiramente casualizados com três repetições, com esquema fatorial 4 x 2. 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. O micronutriente aplicado com fonte de adubação foi o sulfato de zinco (20% Zn, 8,85% S e 1% K).

No dia 01 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 (Figura 6).



Fig. 6 Aplicação do sulfato de zinco no sulco do plantio.
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

A Figura 7 mostra a forma como foi feito o delineamento, com suas respectivas dosagens.

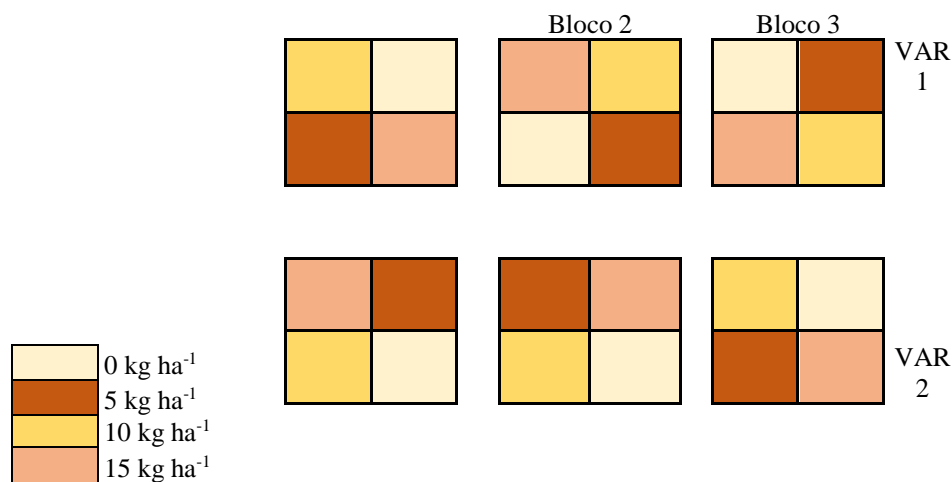


Fig. 7 Croqui
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas da plantio com 5 m de comprimento, espaçadas de 1,5 m entre si, com área 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), número de gemas (NG) e produtividade de colmos (PRO). Foram retiradas também 10 plantas na linha central de cada parcela para

determinar o peso total e parcial.

Essas mesmas 10 plantas retiradas da linha central foram encaminhadas 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, conforme o sistema Consecana (2003).

O cálculo da área foliar seguiu a metodologia proposta por Rocha et al. (2016), utilizando a seguinte equação: Comprimento de folha (M) * Largura de folha (M) * 0,75 * (Número de folhas + 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. Para os resultados que apresentaram diferença significativa, foi feito o teste de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR. (Ferreira 2011).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve interação significativa entre variedades e doses de Zn para nenhuma das avaliações das Tabelas 2, 3 e 4. Não houve efeito significativo 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).

Segundo Teixeira Filho (2011), é importante salientar que os teores foliares de zinco encontrados na cana planta e na primeira soca em seus experimentos, independentemente da dose aplicada, estiveram dentro da faixa considerada adequada (10 a 50 mg de Zn kg⁻¹ de matéria seca) para a cultura da cana-de-açúcar, relatada por Raij et al. (1997). Assim, é possível identificar que até mesmo os tratamentos que não tiveram aplicação de Zn não estavam defasados deste nutriente, sendo possível acreditar que a adubação com Zn não tenha influenciado o desenvolvimento da cultura.

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

Tabela 2 Análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e número de gemas (NG) de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco.

Fonte de variação	GL	QM (AP)	QM (NF)	QM (DC)	QM (LF)	QM (CF)	QM (NG)
Bloco	2	0,067252 ^{NS}	1,187500 ^{NS}	3,142144 ^{NS}	0,101508 ^{NS}	0,012377 ^{NS}	3,395833 ^{NS}
Variedade	1	0,029502 ^{NS}	1,020833 ^{NS}	3,291769 ^{NS}	0,076800 ^{NS}	0,004219 ^{NS}	11,020833 ^{**}
Dose	3	0,272947 ^{NS}	0,576389 ^{NS}	6,041247 ^{**}	0,189189 ^{NS}	0,043019 ^{NS}	1,187500 ^{NS}
Var x Dose	3	0,165008 ^{NS}	0,631944 ^{NS}	0,506841 ^{NS}	0,847911 ^{NS}	0,052824 ^{NS}	0,909722 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,165008	0,631944	0,506841	0,847911	0,052824	0,909722
Resíduo (B)	35	0,054313	0,339881	5,627433	0,210798	0,009135	1,647024
CV (A) %		11,96	20,19	2,48	21,89	16,30	4,52
CV (B) %		6,86	14,81	8,26	10,92	6,78	6,08

* Significativo a 1% de probabilidade; ** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo,

O diâmetro do colmo (DC) da cana-de-açúcar (RB92579) foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para a interação de doses de zinco em relação à dose 2 (5kg ha⁻¹). Para tal resultado, foi obtida a equação de regressão apresentada na Figura 8.

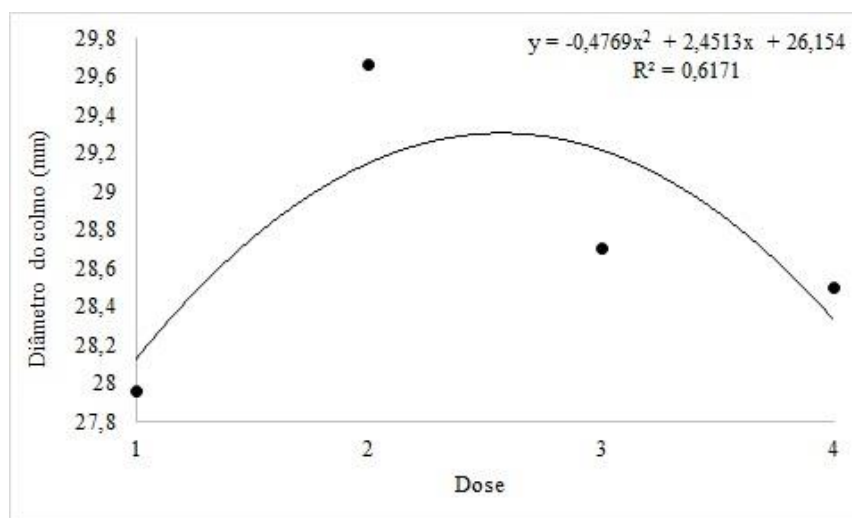


Fig. 8 Equação quadrática do diâmetro do colmo

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.

Oliveira et al. (2017), em pesquisa sobre biometria do colmo em cana soca, utilizando cinco doses de zinco, observaram diferença de 10,60% 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 significativa para os fatores isolados e/ou interativos (Tabela 3).

Tabela 3 Análise de variância para Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de zinco.

Fonte de variação	GL	QM (BRIZ)	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

* Significativo a 1% de probabilidade; ** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo

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 significativamente do sulfato de Zn.

Os resultados pertencentes às variáveis pol do caldo, teor de sacarose aparente e fibra não expressaram diferença significativa, não tendo ocorrido efeito considerável para fatores isolados e/ou interativos (Tabela 4).

Tabela 4 Análise de variância para 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.

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

* Significativo a 1% de probabilidade; ** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo

Diferentemente dos resultados obtidos no presente estudo, Marinho e Albuquerque (1981) observaram efeito significativo 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 significativa para os fatores isolados e interativos (Tabela 5).

Tabela 5 Análise de variância para 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.

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

* Significativo a 1% de probabilidade; ** Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo

As diferentes doses de Zn não afetaram açúcares redutores e açúcares redutores totais nas duas cultivares de cana-de-açúcar (Tabela 5). 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 resultados significativos.

Diante de tais resultados, Teixeira Filho (2011) salienta que as doses de Zn aplicadas em seu experimento também não aumentaram significativamente 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.

Todavia, apesar de não ter sido identificada resposta significativa 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.

4.4. CONCLUSÕES

A aplicação do micronutriente zinco sob a forma de sulfato teve influência no diâmetro do colmo, em relação à dose e também ao número de gemas em relação à variedade, porém, não ocorreu entre elas interação entre variedade e dose.

As variáveis biométricas (AP, NF, LF e CF) e as variáveis tecnológicas (ART, AR, POL_CAN, POL_CAL, FIBRA, PBU, PRZ e BRIX) não mostraram resultados significativos.

A produtividade de colmos não foi influenciada significativamente pelos tratamentos avaliados.

4.5. AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos à Usina CRV Industrial, pelo apoio e serviços prestados em todas as etapas de condução deste experimento.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Ceres e a todos os professores e colaboradores do programa de pós-graduação em irrigação no cerrado.

À família, amigos e colegas de mestrado, que contribuíram física e emocionalmente para que este trabalho fosse concluído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, E.S. e Santos, J.A.P. 2013. O Desenvolvimento da Cultura da Cana-de-Açúcar no Brasil e sua Relevância na Economia Nacional. *FACIDER - Revista Científica*. <http://seicesucol.edu.br/revista/index.php/facider/article/view/37/87>. Acessado em 09 de fevereiro de 2019.
- Azevedo, H.M. 2012. *Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba*. Campina Grande: UFCG. 112p. Tese Doutorado.
- Casarin, V., Villa Nova, V.S. e Forli, F. 2001. Micronutrientes em cana-de-açúcar. In: Marques, M. O. e Mutton, M.A. (Coord.). *Tópicos em tecnologia sucroalcooleira*. Jaboticabal: FUNEP, 2001.
- CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. 2003. *Manual de instruções*. Piracicaba: CONSECANA. 115p.
- Costa Filho, R.T. e Prado, R.M. 2008. 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.
- Cunha, F. N. 2017. Desenvolvimento, Produtividade e Qualidade Industrial da Cana-De-Açúcar Fertilizada com Nitrogênio E Zinco. Rio verde-GO, Tese de Doutorado.
- Diniz, M.Q. *Manejo nutricional via foliar na cultura do milho em segunda safra*. 2017. Rio Verde:UniRV. 33p. Dissertação Mestrado.
- Farias, C.H.A., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R. e Dantas Neto, J. 2009. 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>
- Ferreira, D. F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35:1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Franco, H.C.J., Trivelin, P.C.O., Vitti, A.C., Faroni, C.E. e Sartori, R.H. 2009. Produtividade e atributos tecnológicos da cana-planta relacionados à aplicação de zinco. *STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos*. 27:30-34.
- Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2019.
- Leme Filho, J.R.A. 2009. *Desenvolvimento da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhço*. Piracicaba: USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 111p. Tese Doutorado.
- Malavolta, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: CERES. 638p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C. e Oliveira, S.A. 1997. *Avaliação do estado nutricional de plantas*:

princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos. 308p.

- Marangoni, F.F. 2016. *Boro e zinco no sulco de plantio na cultura da cana-de-açúcar*. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista. 78p. Tese Doutorado.
- Marasca, I., Silva, R.B., Sartori, M.M.P., Gonçalves, A.P. e Lanças, K.P. 2015. Morfologia de la caña de azúcar en la preparación profunda del suelo en canteros. *Idesia (Arica)*. 33:23-29. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000400004>
- Marinho, M.F. e Albuquerque, G.A.C. 1981. Efeitos do cobre e do zinco na produção de cana-de-açúcar em solos de tabuleiros de Alagoas. *Brasil Açucareiro*. 98:41-50.
- Mellis, E.V., Quaggio, J.A., Teixeira, L.A.J. e Vieira, R.C. 2014. Effect of rates and sources of zinc in sugarcane. In: Word Fertilizer Congress of CIEC, 16, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: CIEC.
- Moraes, A. 2017. *Tamanho ideal de amostra em diferentes espaçamentos entre plantas para avaliação de famílias de cana-de-açúcar*. Lavras: UFLA. 48p. Dissertação Mestrado.
- Novais, R.F., Alvarez, V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Canturitti, R.B. e Neves, J.C.L. (Ed.). 2007. *Fertilidade do solo*. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa: SBCS. 1017p.
- Orlando Filho, J., Rosseto, R. e Casagrande, A. A. Cana-de-açúcar. 2001. 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.
- Oliveira Filho, F.X., Miranda, N.O., Medeiros, J.F., Silva, P.C.M., Mesquita, F.O. e Costa, T.K.G. 2015. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. 19:186–193. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p186-193>.
- Oliveira, G. S., Cunha, F.N., Teixeira, M.B., Morais, W.A., Gomes, F.H.F. e Horschutz, A.C.O. 2017. 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>
- Raij, B.van, Cantarella, H. e Camargo, C.E.O. 1997. Outras culturas industriais. In: Raij, B.van, Cantarella, H., Quaggio, J.A. e Furlani, A.M.C. *Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC. (Boletim técnico, 100).
- Rhein, A.F.L., Pincelli, R.P., Arantes, M.T., Dellabiglia, W.J., Kölln, O.T. e Silva, M.A. 2016. Technological quality and yield of sugarcane grown under nitrogen doses via subsurface drip fertigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. 20:209-214. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n3p209-214>
- 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. 2015. *Sugarcane: agricultural production, bioenergy and ethanol*. Academic Press. 492p.
- Santos, H. G., Jacomine P.K.T, Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araújo Filho, J.C., Oliveira, J.B. e Cunha, T.J.F. 2018. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa. 356p.
- Sobral, L. F. 2015. *Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 13p. (Documentos / EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).
- Solanki, M.K., Wang, Z., Wang, F.Y., Li, C.N., Lan T.J., Singh, R.K., Singh, P., Yang, L.T. e Li, Y.R. 2017. Intercropping in sugarcane cultivation influenced the soil properties and enhanced the diversity of vital diazotrophic bacteria. *Sugar Tech*. 19:136–147. <https://doi.org/10.1007/s12355-016-0445-y>
- Sousa, D. M. G. e Lobato, E. 2004. *Cerrado: Correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 416 p.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.A. e Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888p.
- Teixeira Filho, M.C.M., Buzetti, S., Garcia, C.M.P., Benett, C.G.S., Rodrigues, M.A.C., Maestrello, P.R., Celestrino, T.S. e Gazola, R.N. 2013. 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)
- Teixeira Filho, M.C.M. 2011. *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.
- Williams, M. 2015. Teaching tools in plant biology. *The Plant Cell*.