

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

DOSES DE MANGANÊS EM CULTIVARES DE CANA-DE-
AÇÚCAR CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO DE
CERRADO

Autora: Karla Nara da Costa Abrantes
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

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

DOSES DE MANGANÊS EM CULTIVARES DE CANA-DE-
AÇÚCAR CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO DE
CERRADO

Autora: Karla Nara da Costa Abrantes

Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

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.

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

AAB161 Abrantes, Karla Nara da Costa
DOSES DE MANGANÊS EM CULTIVAR DE
CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADAS EM SOLO
LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO/
Karla Nara da Costa Abrantes; orientador Frederico
Antônio Loureiro Soares; co-orientador Antônio Evami
Cavalcante Sousa. -- Ceres, 2021.
29p.

Dissertação (Mestrado em IRRIGAÇÃO NO
CERRADO) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres,
2021.

1. *Saccharum officinarum*. 2. Micronutriente. 3. Sulfato
de manganês. 4. Variáveis. 5. Produtividade.
I. Soares, Frederico Antônio Loureiro , orient. II. Sousa,
Antônio Evami Cavalcante , co-orient. III. Título.

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

DOSES DE MANGANÊS EM CULTIVARES DE CANA-DE-
AÇÚCAR CULTIVADAS EM LATOSSOLO VERMELHO DE
CERRADO

Autora: Karla Nara da Costa Abrantes
Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares
Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa

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

Aprovada em 01 de março de 2021

Dr. Edson Cabral da Silva
Avaliador externo
Pesquisador

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares
(Orientador)
IF Goiano - Campus Rio Verde

Dr. Wilker Alves Moraes
Avaliador externo
Pesquisador

Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa
(Coorientador)
IF Goiano – Campus Ceres

Dedico este trabalho:

Primeiramente a Deus, por ser a essência em minha vida.

À minha mãe Maria Divina e aos meus avós Maria e Orias (*in memoriam*), que me ensinaram valores para toda a vida.

Aos meus orientadores Antônio e Frederico, nos quais depositei minha confiança e lealdade.

Às minhas amigas Karla, Marcia, Kátia e ao Romualdo, que sempre estiveram ao meu lado e me ajudaram.

Ao meu amor Kesley, por ser essa pessoa maravilhosa e apoiadora das minhas conquistas.

Ofereço:

A toda minha família, que sempre depositou fé e esperança em meus projetos.

Às minhas afilhadas, que me ensinaram o amor incondicional todos os dias.

Aos amigos que construí durante o mestrado, que demonstraram afeto, respeito e com quem sempre terei força.

Ao meu amor Kesley, por ter acreditado e dado força em cada obstáculo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me orientar e conceder a graça da sabedoria e inteligência e por me amar incondicionalmente.

À minha mãe Maria Divina e à minha avó Maria, para quem não tenho palavras de agradecimento por tudo que fizeram e fazem por mim, acreditando e apoiando meus estudos. Agradeço pelas palavras sábias e por sempre estarem em meu lado, apoiando, rezando e amando incondicionalmente.

Ao meu avô Orias (*in memoriam*), que sempre acreditou em meu potencial e por ser um exemplo de princípios. Ao meu maninho Marcelo, mesmo sendo sistemático, demonstra carinho e admiração.

A meu amor Kesley, agradeço por ser tão amável e compreensivo. É o meu companheiro de todo momento, não me deixando abalar com as dificuldades. Não tenho palavras para reconhecer sua ajuda emotiva e emocional nessa pesquisa!

Ao Prof. Dr. Antônio, de quem tive a honra de ser sua orientada. Agradeço por aceitar essa responsabilidade. Agradeço a Deus por ter colocado essa pessoa humilde, de conhecimento admirável, para me direcionar e me instruir. Reconheço cada esforço e dedicação, e a amizade que floresceu nesse percurso.

Ao Prof. Dr. Frederico, agradeço por sempre me auxiliar e orientar, mesmo estando distante.

Aos meus queridos amigos Karla Matias, Kátia, Romualdo e Márcia, que foram presentes de Deus para minha vida. Vocês tornaram muito mais fácil vencer os obstáculos!

Agradeço em especial à Usina CRV Industrial e a toda a equipe pelo apoio e serviços prestados em todas as etapas de condução do experimento, o financiamento e a contribuição durante a realização dessa pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, pelo apoio.

Aos amigos e colegas de mestrado que contribuíram física e emocionalmente

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a concretização dessa pesquisa.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Karla Nara da Costa Abrantes, filha de Maria Divina da Costa Abrantes e Orias da Costa Abrantes (*in memoriam*), nasceu em 08 de maio de 1995 em Uruaçu, (GO).

Em 2011, ingressou no Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, no curso Técnico Integrado em Química, dispondo em 2014 do título de Técnica em Química. No ano de 2015, ingressou no curso de Licenciatura Plena em Química pelo Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, se graduando em 2018.

Em 2019, ingressou no curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Área de Concentração Irrigação. Durante o curso de Mestrado, trabalhou como professora de Química.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO

ABRANTES, KARLA NARA DA COSTA. Instituto Federal Goiano - Campus Ceres – GO, fevereiro de 2021. **Doses de manganês em cultivares de cana-de-açúcar cultivadas em latossolo vermelho de cerrado.** Orientador: Prof. Dr. Frederico Antônio L. Soares. Coorientador: Prof. Dr. Antônio Evami Calvacante Sousa.

O desenvolvimento da cana-de-açúcar está associado à demanda de macro e micronutrientes. Entre os micronutrientes essenciais para a cana-de-açúcar, o manganês (Mn) é o segundo elemento mais requerido. O Mn na cana-de-açúcar é solicitado no processo de ativação das enzimas desidrogenase, descarboxilase, quinase, oxidase e peroxidase. A maior atuação de Mn na planta ocorre na reação fotossintética, em que o gás oxigênio (O_2) é produzido a partir da oxidação da água. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de doses de manganês no crescimento, desenvolvimento e nos atributos tecnológicos de duas cultivares de cana soca. O experimento foi conduzido na área experimental da unidade de pesquisa em cana-de-açúcar do IF Goiano/CRV Industrial, no município de Ceres, situado no Nordeste do Estado de Goiás, em um Latossolo Vermelho eutrófico, de textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas cultivares de cana-de-açúcar (RB92579 e SP801816) com quatro doses de manganês (0; 5,0; 10 e 15 kg ha⁻¹). As variáveis analisadas 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. Com os resultados encontrados, foi feita análise de variância. A aplicação de manganês influenciou a área foliar, pol do caldo e teor de sacarose aparente, mas não ocorreu interação entre cultivares e doses. Tanto para as variáveis biométricas [AP, DC, número de gemas (NG), NF, largura de folhas (LF) e comprimento de folhas (CF)] quanto as variáveis tecnológicas [açúcar total recuperável (ATR), teor de sólidos solúveis (TSS), PC, FIBRA, ART, peso de bagaço úmido (PBU), açúcares redutores (AR), pureza (PRZ) e BRIX], não houve significância. A produtividade de colmos não foi influenciada pelos tratamentos avaliados.

Palavras-chaves: *Saccharum officinarum*. Micronutriente. Sulfato de magnésio. Produtividade. Variáveis.

ABSTRACT

ABRANTES, KARLA NARA DA COSTA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, February 2021. **Doses of manganese in sugarcane cultivars grown in a red oxisol of cerrado (Brazilian Savannah).** Advisor: Prof. Dr. Soares, Frederico Antônio L. Co-advisor: Prof. Dr. Sousa, Antônio Evami Calvacante.

Sugarcane development is associated with the demand for macro and micronutrients. Among the essential micronutrients for sugarcane, manganese (Mn) is the second most required element. Mn in sugarcane is required in the activation process of dehydrogenase, decarboxylase, kinase, oxidase, and peroxidase enzymes. The greatest performance of Mn in the sugarcane plant takes place in the photosynthetic reaction, in which oxygen gas (O₂) is produced from the oxidation of water. This study aimed to evaluate the effect of manganese doses on the growth, development, and technological attributes of two ratoon cane cultivars. The experiment was carried out in a eutrophic red latosol with a clay texture in the experimental area of the Sugarcane Research Unit, Goiano Federal Institute/CRV Industrial in the Ceres municipality, northeast of Goiás State. The experimental design was in randomized blocks, 2 x 4 split-plot scheme with three replicates. The treatments consisted of two sugarcane cultivars (RB92579 and SP801816) with four doses of manganese (0, 5.0, 10, and 15 kg ha⁻¹). Plant height (PH), number of leaves (NL), stem diameter (SD), leaf area (LA), stem productivity (PRO), broth pol (BP), apparent sucrose content (ASC), fiber content (FC), total reducing sugar (TRS), and reducing sugars variables were analyzed. Analysis of variance was done with the results. The manganese application influenced the leaf area, broth pol, and apparent sucrose content; however, there was no interaction among varieties and doses. There was no significance for the biometric variables [PH, SD, number of buds (NB), NL, leaf width (LW) and leaf length (LL)] and for the technological variables [total recoverable sugar (TRS), soluble solids content (SSC), BP, FC, TRS, wet bagasse weight (WBW), reducing sugars (RS), purity (PRT) and BRIX]. The stem productivity was not influenced by the evaluated treatments.

Keywords: *Saccharum officinarum*. Magnesium sulphate. Micronutrient. Productivity. Variables.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 Resultados das análises químicas do solo, antes da instalação do experimento, Ceres, 2019.....	6
Tabela 2 Análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	9
Tabela 3 Análise de variância para largura de folha (LF), comprimento de folha (CF) e número de gemas (NG) de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	9
Tabela 4 Análise de variância para Área Foliar (AF) de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	10
Tabela 5 Análise de variância para produtividade de colmo (PRO) de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	11
Tabela 6 Análise de variância para pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_ CAN) e fibra de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	11
Tabela 7 Análise de variância para Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcares Redutores (AR), Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.....	12

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Precipitação registrada durante o período de condução do experimento.....	6
Figura 2 Layout da distribuição do experimento.....	7
Figura 3 Layout do experiment.....	7

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

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Objetivos	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	6
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
5 CONCLUSÕES	13
6 REFERÊNCIAS	14

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), no momento atual, é uma das culturas de grande importância socioeconômica no Brasil, por ser matéria-prima na indústria sucroalcooleira para a fabricação de açúcar e etanol (BENETT *et al.*, 2012).

A produtividade da cana-de-açúcar é diretamente influenciada pela disponibilidade de nutrientes no solo, visto que os elementos considerados essenciais fazem parte da composição intrínseca da estrutura e/ou do metabolismo da planta. Esses nutrientes são classificados em macro e micronutrientes, de acordo com suas concentrações relativas no tecido vegetal. A ausência destes elementos causa anormalidades graves no crescimento, desenvolvimento e produção vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O manganês (Mn) é um elemento essencial nas plantas, participando da estrutura proteica e das 42 enzimas de fosforilação (SANTOS, E., 2017). Na cana-de-açúcar, é elemento essencial para seu desenvolvimento, sendo absorvido em pequenas quantidades.

O manganês é utilizado na nutrição das plantas sob a forma de Mn^{2+} , estando adsorvido aos colóides, solúvel na solução do solo na forma iônica (pequena concentração) ou na forma de quelado (FAQUIN, 2005).

No solo, o Mn pode ser encontrado em três formas principais: trocável, complexado organicamente e associado a óxidos. Da interação entre essas três formas, resulta sua disponibilidade para as plantas. Essa interação depende do tipo de solo, pH e do teor de matéria orgânica (MARSCHNER, 1995). Solos do Cerrado apresentam teores totais de Mn equivalentes à metade do valor da média mundial (MARQUES, *et al.*, 2004).

Por consequência, o agricultor tem de estar atento para a capacidade do solo de suprir os nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar, com o intuito de evitar problemas na produção e futuros prejuízos financeiros. O emprego de micronutrientes em cana-de-açúcar está relacionado à essencialidade desses elementos para as plantas e a suas funções no metabolismo (BENETT *et al.*, 2011b).

O sintoma principal de deficiência de Mn é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas. Essa clorose pode

ocorrer em folhas jovens ou nas mais velhas (FERNANDO; LYNCH, 2015).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No processo fotossintético na cana-de-açúcar, o elétron excitado é doado a uma molécula receptora, desencadeando reações redox, esses elétrons participando da redução de NADP^+ para NADPH (SANTOS, F.; BORÉM; CALDAS, 2015).

O elétron requerido no processo de fotossíntese provém do processo de fotoxidação da água, catalisado e mediado pelo complexo, transformando-se em oxigênio. Neste caso, envolve a oxidação de duas moléculas de água, concedendo quatro prótons e quatro elétrons. Isto é, para absorver a energia de quatro fótons, a planta comporta um grupo de quatro íons de manganês, que atuam como acumuladores de cargas positivas (SANTOS, F.; BORÉM; CALDAS, 2015). Como resultado, quatro átomos de Mn estão relacionados a cada complexo de liberação de oxigênio (TAIZ *et al.*, 2017).

Dessa forma, o manganês é um cofator essencial no processo de oxidação da água por sofrer uma série de oxidações denominadas como estados S e rotuladas de S^0 , S^1 , S^2 , S^3 e S^4 (TAIZ *et al.*, 2017).

A perda de quatro elétrons sucessivamente faz com que o manganês passe do estado S^0 para S^{4+} , que é o componente oxidante que reage com a água, restaurando, assim, o estado de oxidação do manganês para S^0 , como podemos observar a seguir (SANTOS, F.; BORÉM; CALDAS, 2015).

O manganês na cana-de-açúcar é solicitado no processo de ativação de algumas enzimas como $2\text{H}_2\text{O} + \text{S}^{4+} \rightarrow \text{S}^0 + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$, salientando-se a desidrogenase e a descarboxilase, em que ambas, abrangidas no ciclo de Krebs, são, por ele, especificamente ativadas, além das enzimas quinase, oxidase e peroxidase (TAIZ *et al.*, 2017). A maior atuação de Mn na planta da cana-de-açúcar é na reação fotossintética, em que o oxigênio (O_2) é produzido a partir da água (FISCHER; HEMP; JOHNSON, 2015).

Assim, sua deficiência ocasiona danos aos cloroplastos, afetando a fotólise da água por proporcionar os elétrons necessários ao processo de fotossíntese na cana-de-açúcar (SANTOS, E., 2017).

O principal sintoma da deficiência de Mn é a clorose entre as nervuras, relacionada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas. Essa manifestação

ocorre em folhas jovens ou mais velhas, dependendo da espécie vegetal e da velocidade de crescimento da cana-de-açúcar (CALCIANO, 2018).

A cana-de-açúcar necessita de determinada quantidade de manganês, e o seu excesso pode provocar redução na taxa de fotossíntese foliar. E além das alterações no funcionamento adequado dos cloroplastos, as cultivares também sofrer efeitos no desenvolvimento (ZAMBROSI *et al.*, 2016).

A tolerância aos excessos deste metal depende da cultivar de cana-de-açúcar, sendo sua toxicidade favorecida em solos ácidos (SANTOS, E., 2017).

Além disso, o Mn pode estar associado à resistência da cana-de-açúcar a fungos, por meio da lignificação ou inibição direta. A enzima manganês peroxidase atua na síntese de lignina e fenóis simples. A deposição de lignina é importante para atribuir impermeabilidade e resistência aos tecidos da planta (CARVALHO *et al.*, 2015).

A cana-de-açúcar segue a rota C₄, ou de Melvin Calvin, que reduz a perda de água em ambientes considerados quentes e secos, assim sendo, pode acumular o dobro de biomassa por área foliar em relação às plantas de rota C₃ (TAIZ *et al.*, 2017).

A quantidade de nutrientes encontrada na palhada da cana-de-açúcar se reflete no final do ciclo, que será capaz de retornar ao solo e tornar-se disponível em ciclos subsequentes, por meio da ciclagem (SALVIANO *et al.*, 2017).

O manganês presente no solo entra em contato com a planta na forma de íon Mn^{2+} pela raiz, por três processos: interceptação, fluxo de massa e difusão. O manganês tem maior taxa de contato via difusão, movendo-se de uma região de maior concentração para uma de menor concentração, também ocorrendo via fluxo de massa e interceptação, porém com menor intensidade (TAIZ *et al.*, 2017).

O manganês, após entrar em contato com a raiz, é absorvido pelo sistema radicular das plantas na forma de Mn^{2+} , via simplasto, atravessando a membrana plasmática da célula epidérmica via apoplasto, difundindo-se entre as células epidérmicas através das paredes celulares (Figura 1) (TAIZ *et al.*, 2017).

O transporte do manganês no xilema ocorre na forma de Mn^{2+} , em razão da baixa estabilidade do quelado de Mn. O elemento manganês é pouco redistribuído na planta pelo fato de ser imóvel, como resultado, os sintomas de carência se expressam primeiramente nas folhas mais novas (FAQUIN, 2005).

Células do mesófilo, o espaço entre as células mesofílicas e as paredes celulares epidérmicas externas, são as principais áreas em que há ocorrência de acúmulo de Mn (CHEN *et al.*, 2017).

2.1 Objetivos

Constitui **objetivo geral** valiar o efeito de diferentes doses de manganês no desenvolvimento, produtividade e nos atributos tecnológicos em duas cultivares de cana-de-açúcar.

Os **objetivos específicos** são:

- a) analisar a resposta da cana-de-açúcar à adubação com manganês, em solos do Cerrado;
- b) avaliar a produtividade da cultura em função do manganês;
- c) analisar as variáveis biométricas (de crescimento) da planta; e
- d) avaliar o teor de fibra, POL e ATR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Unidade de pesquisa em cana-de-açúcar, IF Goiano/CRV Industrial, no município de Ceres, situado no Centro do Estado de Goiás, com coordenadas 15°20'45.17" S e 49°36'23.70" O e 571 m de altitude. O clima da região é classificado como Aw, que tem como características inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (climate-data.org), com temperatura média de 28,32 °C entre os meses de dezembro e fevereiro.

As informações de precipitação foram coletadas por um pluviômetro instalado próximo ao experimento (Figura 1) em que se verificou uma precipitação de 1.737,29 mm entre 17 de dezembro de 2019 e 14 de maio de 2020.

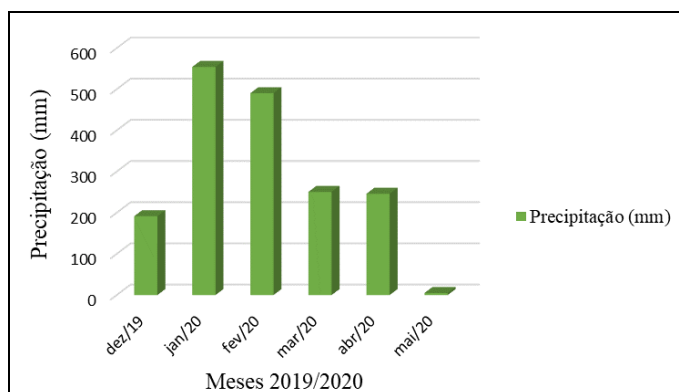


Figura 1 - Precipitação registrada durante o período de condução do experimento

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS, H. *et al.*, 2013). As propriedades químicas do solo foram determinadas antes da aplicação das dosagens, tendo sido coletadas amostras na profundidade de 0 a 25 cm (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados das análises químicas do solo, antes da instalação do experimento, Ceres, 2019

Camada	pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+ Al	K	T	K	P	V	M
cm	em H ₂ O	g/dm ³	cmolc/dm ³				mg/dm ³			%		
0 a 25	5,6	16,8	3,2	1,4	0,1	2,2	0,4	7,4	158,5	9,0	70,3	1,7

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizado em esquema de parcelas subdivididas 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas cultivares de cana-de-açúcar, RB92579 e SP801816, e quatro doses de manganês (0; 5,0; 10 e 15 kg ha⁻¹). Aplicou-se como fonte o sulfato de manganês (31%

Mn, 17% S e 1% K).

Foram aplicados 600 kg ha⁻¹ de macronutrientes com formulação NPK 05-25-25, seguindo os padrões de adubação da Usina CRV, no dia 01 de outubro de 2019. No dia 22 de novembro do ano de 2019, foi aplicado nas duas cultivares de cana-de-açúcar o sulfato de manganês no suco de plantio.

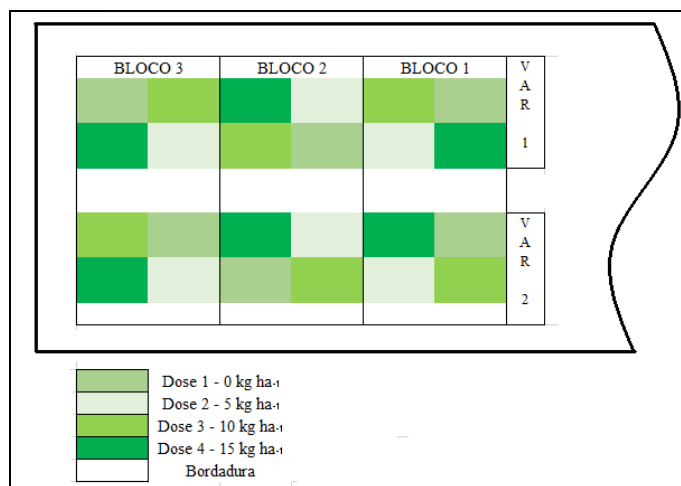


Figura 2 - Layot da distribuição do experimento

As parcelas apresentavam largura média de 450 m², constituídas por 5 linhas de 5 m de largura, espaçadas de um metro e meio (Figura 3).

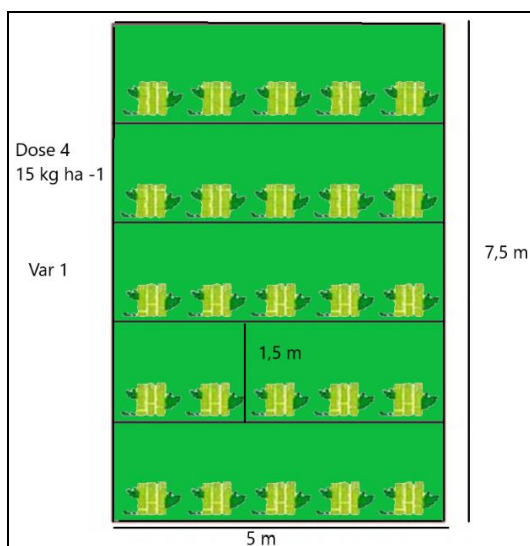


Figura 3 - Layout do experimento

As análises biométricas foram feitas no dia 27 de agosto de 2020, data da colheita. Foram anotados 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). Em cada parcela, foram colhidos 10 colmos da linha

central.

Seguindo a metodologia proposta por Oliveira *et al.* (2016), a altura de planta foi estabelecida pela medida da distância do primeiro nó, após o corte, até a base da folha da planta. Foram medidos o comprimento e a largura da folha com uma fita métrica. O diâmetro foi aferido no meio do primeiro colmo com auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros.

O cálculo da área foliar seguiu a metodologia proposta por Rocha *et al.* (2016), sendo utilizada 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 avaliada dentro das 24 parcelas experimentais, em que, a cada metro, cortava-se e pesava-se um metro quadrado de cana-de-açúcar com auxílio de uma balança digital.

Para as análises tecnológicas, foram coletadas dez plantas em cada parcela, na linha central. Esse material foi devidamente identificado e encaminhado ao Laboratório de Análise Tecnológicas da Usina CRV Industrial. 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.

Os resultados obtidos foram 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 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados pertencentes às variáveis (AP), (NF) e (DC) mostram que não houve efeito significativo entre os tratamentos, consequentemente não ocorreu efeito considerável para o manejo, assim como para fatores interativos (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (AP)	QM (NF)	QM (DC)
Bloco	2	0,017033 ^{NS}	0,437500 ^{NS}	5,738819 ^{NS}
Variedade	1	0,000033 ^{NS}	1,020833 ^{NS}	8,208802 ^{NS}
Dose	3	0,165572 ^{NS}	0,354167 ^{NS}	3,107191 ^{NS}
Var x Dose	3	0,046739 ^{NS}	1,354167 ^{NS}	9,589541 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,046739	1,354167	9,589541
Resíduo (B)	35	0,040849	0,406548	5,468086
CV (A) %		6,21	30,52	10,79
CV (B) %		5,81	16,72	8,15

*Significativo a 1% de probabilidade; **Significativo

Benett (2011a) evidenciou, pela aplicação de cinco doses de Mn no sulco do plantio da cana-de-açúcar, aumento no número de internódios e no diâmetro médio de colmos da cana até as doses de 6,9 e 6,6 kg ha⁻¹ de Mn.

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes às variáveis (LF), (CF) e (NG), tendo sido verificado efeito significativo apenas para largura de folha.

Tabela 3 - Análise de variância para largura de folha (LF), comprimento de folha (CF) e número de gemas (NG) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (LF)	QM (CF)	QM (NG)
Bloco	2	1,737708*	0,026275 ^{NS}	0,770833 ^{NS}
Variedade	1	0,016875 ^{NS}	0,012033 ^{NS}	5,333333 ^{NS}
Dose	3	0,483542*	0,027039 ^{NS}	14,138889 ^{NS}

(continua...)

Tabela 3 –

(conclusão)			
3	0,003542 ^{NS}	0,037083 ^{NS}	6,500000 ^{NS}
3	0,003542	0,037083	6,500000
35	0,618732	0,010537	3,932143
	1,59	14,16	12,16
	20,99	7,55	9,46

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

As variáveis (CF) e (NG) não apresentaram diferença significativas (Tabela 3). Por conseguinte, diversos fatores podem influenciar na absorção do manganês pela cana-de-açúcar, destacando-se tipo de solo, condições climáticas, pH, matéria orgânica e manejo (VILLAR, 2007). Pode-se ainda ressaltar que baixa precipitação pluvial influencia diretamente no diâmetro do colmo, essencialmente na fase de desenvolvimento.

A calagem é outro fator também capaz de influenciar na disponibilidade de Mn^{2+} , visto que pode ocasionar a diminuição, em razão da formação de hidróxidos não disponíveis para a planta.

O transporte do manganês no xilema ocorre na forma de Mn^{2+} , em razão da baixa estabilidade do quelado de Mn. Em consequência, o elemento Mn é pouco redistribuído na planta (FAQUIN, 2005), assim sendo, é uma provável razão por não interferir nas variáveis analisadas.

A variável área foliar não apresentou diferença significativa para fatores isolados e interativos (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância para altura Área Foliar (AF) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (AF)
Bloco	2	15.522537 ^{NS}
Variedade	1	0.608017 ^{NS}
Dose	3	14.231928 ^{NS}
Var x Dose	3	8.952328 ^{NS}
Resíduo (A)	3	8,952328
Resíduo (B)	11	41,122619
CV (A) %		13,56
CV (B) %		29,06

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

Em relação à variável produtividade de colmos, não houve diferença significativa para os fatores isolados e interativos (Tabela 5).

Tabela 5 - Análise de variância para produtividade de colmo (PRO) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (PRO)
Bloco	2	0,800137 ^{NS}
Variedade	1	0,003267 ^{NS}
Dose	3	0,958800 ^{NS}
Var x Dose	3	1,065067 ^{NS}
Resíduo (A)	3	1,065067
Resíduo (B)	11	0,550460
CV (A) %		20,10
CV (B) %		14,45

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

Esses resultados assemelham-se aos verificados por Benett *et al.* (2012) quando avaliaram a produtividade de colmos da cana planta e cana soca em função das três fontes de Mn Quelato (7% Mn), FTE BR 12 pó (1,8% B; 0,8% Cu; 3,0% Fe; 2,0% Mn; 0,10% Mo e 9,0% Zn) e sulfato de manganês (31% Mn e 18% S), sendo que em 5 doses de manganês (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 kg ha⁻¹) não foram constatados efeitos significativos.

Benett e colaboradores (2016) relataram que a aplicação de doses de manganês na cana-de-açúcar em cortes sucessivos não incrementou a produtividade de colmos.

As cultivares utilizadas apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis pol do caldo e teor de sacarose aparente. E nota-se que não houve resposta significativa para interação entre variedade e dose e isoladamente (bloco). A variável fibra não mostrou diferença significativa para fatores isolados e interativos (Tabela 6).

Tabela 6 - Análise de variância para pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_CAN), e fibra em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (POL_CAL)	QM (FIBRA)	QM (POL_CAN)
Bloco	2	0.196467 ^{NS}	0.199063 ^{NS}	0.242317 ^{NS}
Variedade	1	1.782150**	0.050417 ^{NS}	1.358504**
Dose	3	0.218961 ^{NS}	0.674989 ^{NS}	0.037315 ^{NS}
Var x Dose	3	0.138872 ^{NS}	0.455317 ^{NS}	0.126882 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0.138872	0.455317	0.126882
Resíduo (B)	11	0.693835	1.454472	0.397938
CV (A) %		2,08	5,13	2,39
CV (B) %		4,64	9,16	4,24

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

As variáveis açúcares redutores totais e brix mostraram efeito significativo ($p < 0,05$) em relação à cultivar, não tendo ocorrido diferença significativa para interação entre cultivar e dose e isoladamente (bloco). A variável pureza apresentou efeito

significativo, ($p < 0,01$) para os fatores isolados bloco e variedade e não significativo para dose e interação entre variedade e dose (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de variância para Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcares Redutores (AR), Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês

Fonte de variação	GL	QM (ART)	QM (AR)	QM (PBU)	QM (PRZ)	QM (BRIX)
Bloco	2	0.284337 ^{NS}	0.000204 ^{NS}	31.538488 ^{NS}	0.086337*	0.371667 ^{NS}
Variedade	1	1.535204**	0.000204 ^{NS}	7.605004 ^{NS}	0.190817*	2.940000**
Dose	3	0.039804 ^{NS}	0.000071 ^{NS}	105.636037 ^{NS}	0.015917 ^{NS}	0.347222 ^{NS}
Var x Dose	3	0.145549 ^{NS}	0.000082 ^{NS}	71.397437 ^{NS}	0.007850 ^{NS}	0.214444 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0.145549	0.000082	71.397437	0.007850	0.214444
Resíduo (B)	11	0.452553	0.000280	227.388204	0.129410	1.186061
CV (A) %		2,34	1,38	5,50	0,11	2,14
CV (B) %		4,12	2,54	9,82	0,43	5,04

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

O cultivo de vários ciclos da cultura de cana-de-açúcar em áreas tradicionais das unidades de produção tem levado ao empobrecimento do solo em micronutrientes, devido à remoção contínua com as colheitas, em consequência, deve-se aplicar uma quantidade expressiva de nutrientes para suprir as necessidades da planta (OLIMPIO, 2004). No entanto, para definir o manejo de Mn na cultura da cana-de-açúcar, é preciso considerar fatores como variedade, manejo do solo, manejo da própria cultura e principalmente adubação e seu efeito residual.

5 CONCLUSÕES

A aplicação de manganês influencia na largura de folha, pol do caldo e teor de sacarose aparente, mas não ocorreu interação entre cultivar e dose. Tanto para as variáveis biométricas (altura de planta, diâmetro de colmo, número de gena, número de folha e comprimento de folha) quanto para as tecnológicas (açúcar redutor total, teor de sólidos solúveis, pol do caldo, fibra, peso de bagaço úmido, açúcar redutor, pureza e brix) não houve significância em função de doses de Mn.

Houve efeito significativo para cultivares em relação aos atributos tecnológicos pol caldo, pol cana, açúcar redutor total, pureza e brix

A produtividade de colmos das cultivares RB92579 e SP801816 não foi influenciada pelas doses de manganês aplicadas.

6 REFERÊNCIAS

- BENETT, C. G. S. *et al.* Produtividade e desenvolvimento da cana-planta e soca em função de doses e fontes de manganês. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.5, p.1661-1667, Viçosa set./out. 2011b. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000500020&lng=pt&nrm=iso. Acessos em: 10 jun. 2019. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500020>.
- BENETT, C. G. S. *et al.* Qualidade e produtividade da cana planta e cana soca em função de doses e fontes de manganês. *Bioscience Journal*, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, v.28, n.2, p.198-205, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11680/8478>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- BENETT, C. G. S. *et al.* Produtividade e teores nutrientes na cultura da cana-de-açúcar após aplicação de manganês em cortes sucessivos. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.21, n.1, p.1-6, 2016. ISSN 2446-8053. Disponível em: <https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/pap.2016.001>. Acesso em: 13 ago. 2019.
- BENETT, C. G. S. Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 69f.: il., fevereiro 2011a. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106156/benett_cgs_dr_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 23 jul. 2019.
- CALCINO, D. *et al.* Australian sugarcane nutrition manual. [Indooroopilly, Queensland]: *Sugar Research Australia, eBook: Document*, 2018. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/australian-sugarcane-nutrition-manual/oclc/1049150463>. Acesso em: 29 maio 2019.
- CARVALHO, E. R. *et al.* Mn foliar sobre a qualidade sanitária e lignina de sementes de soja convencional e resistente ao glifosato. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, *Revista Ciência Agronômica*, v.46, p.135-143, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rca/v46n1/0045-6888-rca-46-01-0135.pdf>. Acesso em: 27 out. 2020.
- CHEN, H-X. *et al.* Manganese superoxide dismutase gene–modified mesenchymal stem cells attenuate acute radiation-induced lung injury. *Human gene therapy*, v.28, n.6, p.523-532, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27806643/>. Acesso em: 7 mar. 2020. doi: 10.1089/hum.2016.106
- FAQUIN, V. *Nutrição mineral de plantas*. Universidade Federal de Lavras - UFLA Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE Lavras – MG, 183p.: il., 2005. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/26684256/livro-nutricao-mineral-de-plantas-prof-valdemar-faquin-ufla>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FERNANDO, D. R; LYNCH, J. P. Manganese phytotoxicity: new light on an old problem. *Annals of Botany*, v.116, n.3, p.313–319, 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/116/3/313/170253>. Acesso em: 5 abr. 2020
doi: 10.1093/aob/mcv111

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p. 039-1042, Lavras, MG, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23 set. 2019.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FISCHER, W. W; HEMP, J; JOHNSON, J. E. Manganese and the evolution of photosynthesis. *The journal Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 3.ed., p.351-357, 2015. Disponível em: <http://web.gps.caltech.edu/~wfischer/pubs/Fischeretal2015.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2020.
DOI 10.1007/s11084-015-9442-5

MARSCHNER, H. (ed.) Mineral nutrition of higher plants. 2nd.ed. San Diego, Academic Press, ISBN: Paperback ISBN: 9780124735439, eBook ISBN: 9780080571874, 1995. 889p. Disponível em: <https://www.elsevier.com/books/mineral-nutrition-of-higher-plants/marschner/978-0-08-057187-4>. Acesso em: 23 maio 2019.

MARQUES J. J. *et al.* Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, Amsterdam, v.121, n.1-2, p.31-43, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joao-Marques-17/publication/27229417_Trace_element_distributions_in_Brazilian_Cerrado_soils_at_the_landscape_and_micro_meter_scales/links/56fd09ec08ae3c85c0c9a61f/Trace-element-distributions-in-Brazilian-Cerrado-soils-at-the-landscape-and-micrometer-scales.pdf. Acesso em: 26 set. 2019.

OLIMPIO, J. A. *A agricultura comercial e suas consequências sobre o ambiente nos municípios de Palmeira do Piauí e Currais*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí (UFPI), 1Teresina. PI, 146f., 2004. Disponível em: http://www.emater.pi.gov.br/download/200812/EMATER01_02e42d437b.pdf. Acesso em: 10 jun. 2019.

OLIVEIRA, A. R. *et al.* Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do submédio São Francisco. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v.31, p.48-58, 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1061876/1/190084781PB.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2016v31n1p48-58>

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, Goiânia/GO, 4 a 6 de outubro de 2016. Disponível em: <https://www.feagri.unicamp.br/gitap/images/trabalhossemeventos/9---MURILLO-GRESPAN-DA-ROCHA.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SALVIANO, A. M. *et al.* Acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. *Revista Científica Intelletto*, Venda Nova do

Imigrante, ES, Brasil v.2, n.2, p.16-27, 2017. Disponível em: <https://faculdadecerquillo.com.br/wp-content/uploads/sites/18/2019/11/3-Cana-macronutrientes-V2-N2-2017.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020. DOI:<http://dx.doi.org/10.17648/intellecto-2525-9075-v2-n2-03>

SANTOS, E. F. *et al.* Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. *Plant Physiol Biochem*, n.113, p.6-19, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28157580/>. Acesso em: 19 jan. 2020. doi: 10.1016/j.plaphy.2017.01.022. Epub 2017 Jan 25.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. Sugarcane: agricultural production, bioenergy and ethanol. *Academic Press*, 1.ed., 492p., 2015.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. rev.e ampl. Rio Brasília, DF, *Embrapa Solos*, 353p.:il. color, 2013. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00053080.pdf>. Acesso em: 8 maio 2019.

TAIZ, L. *et al.* *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888p., 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 918p.:il. color, 2013.

VILLAR, M. L. P. Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação. Cuiabá: EMPAER-MT, *Série Documentos n. 35*, 188p., 2007. Disponível em: <http://www.empaer.mt.gov.br/documents/8024815/9382198/Manual+de+Interpretação+de+Análise+de+Plantas+e+Solos+e+Recomendação+de+AdubaçãoA3o/09cae279-bdf6-5b4a-4b05-67fe9b4522f1>. Acesso em: 7 jun. 2019.

ZAMBROSI, F. C. B. *et al.* Anatomical and physiological bases of sugarcane tolerance to manganese toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, v.132, p.100-112. 2016. Elsevier B. V.: Amsterdam, Netherlands. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163385391>. Acesso em: 4 out. 2019. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2016.08.011