



LAÍS HERNANDES NOGUEIRA

**DOSES DE CALCÁRIO E SILICATO NA CONSTRUÇÃO DA
FERTILIDADE DO SOLO E SCREENING DE CULTIVARES DE
CANA-DE-AÇÚCAR AOS CORRETIVOS**

**LAVRAS - MG
2023**

LAÍS HERNANDES NOGUEIRA

**DOSES DE CALCÁRIO E SILICATO NA CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO
SOLO E SCREENING DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR AOS CORRETIVOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Agronomia, para a
obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel
Orientador

Me. Sérgio Hebron Maia Godinho
Coorientador

LAVRAS - MG
2023

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos com as quais me presenteou.

À Universidade Federal de Lavras, pela formação de excelência.

Ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de condução do experimento.

Ao Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Lavras, pela disponibilidade para análises dos resultados.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de iniciação científica. A CAPES e ao CNPq.

Ao Professor Guilherme e ao Sérgio, pela orientação na desenvoltura e análises dos experimentos, disposição, ensinamentos e amizade.

Ao NECANA, GMAP e todos os colegas do departamento pela disponibilidade de mão-de-obra para que esse trabalho fosse concretizado.

Aos meus pais, Adilson e Lurdinha, e ao meu irmão, Guilherme, pelo amor e apoio incondicional em todas as minhas decisões nas diferentes etapas da minha vida.

Ao João, meu ombro amigo, responsável pela minha dedicação em estudos sobre cana-de-açúcar.

Aos meus companheiros, em especial, ao Leonardo, Pedro, Vitor e Bruno, por sempre estarem juntos desde o início.

À todas as pessoas que, de alguma forma, auxiliaram na execução e conclusão desta graduação.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A maioria dos solos brasileiros são naturalmente ácidos devido à lixiviação dos nutrientes do solo e pela extração exigida pela cultura sem sua correta reposição. Apesar de tolerante a acidez, a cana-de-açúcar apresenta bons resultados na produtividade quando são incorporados corretivos no solo a fim de corrigir a acidez e contribuir para maior disponibilidade de nutrientes essenciais. Nesse contexto, objetivou-se com o trabalho avaliar o desenvolvimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar (screening) sob diferentes doses de calcário e silicato. Ambos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras utilizando dez cultivares de cana-de-açúcar para a avaliação sob calcário (CTC4, CTC9003, CTC9001, CTC9007, CV7870, RB867515, RB966928, RB92579, RB036091 e RB036066), e duas cultivares para a avaliação sob silicato (Vertex 5 e RB966928). Os tratamentos foram constituídos do controle e das doses de 6, 12, 24 e 48 t.ha⁻¹ dos corretivos, com 10 repetições. Avaliou-se o Peso de Matéria Seca tanto de Parte Aérea (PMSA) quanto de Raízes (PMSR). Houve interação significativa entre os fatores, analisando o fator dosagem no experimento com calcário as doses de 24 e 48 t.ha⁻¹ corresponderam às maiores médias no PMSA Já no quesito PMSR, as cultivares RB92579 e RB966928 corresponderam às maiores médias. Em relação ao silicato, a cultivar RB966828 apresentou maior peso em todos os quesitos (PMSA e PMSR). As dosagens de 12 e 24 toneladas de calcário contribuíram para os maiores pesos de parte aérea e raiz. A dose de 12 t.ha⁻¹ de silicato associou-se aos melhores resultados.

Palavras-chaves: *Saccharum* spp. Cálcio. Magnésio. Silício.

ABSTRACT

Most Brazilian soils are naturally acidic due to the leaching of nutrients from the soil and the extraction required by the crop without its correct replacement. Although tolerant to acidity, sugarcane presents good results in productivity when correctives are incorporated into the soil in order to correct acidity and contribute to greater availability of essential nutrients. In this context, the objective of this work was to evaluate the initial development of sugarcane cultivars (screening) under different doses of limestone and silicate. Both experiments were conducted in a greenhouse at the Federal University of Lavras using ten sugarcane cultivars for evaluation under lime (CTC4, CTC9003, CTC9001, CTC9007, CV7870, RB867515, RB966928, RB92579, RB036091 and RB036066), and two cultivars for evaluation under silicate (Vertex 5 and RB966928). The treatments consisted of the control and doses of 6, 12, 24 and 48 t.ha⁻¹ of correctives, with 10 repetitions. The Dry Matter Weight of both Aerial Part (PMSA) and Roots (PMSR) was evaluated. There was a significant interaction between the factors, analyzing the dosage factor in the experiment with limestone, the doses of 24 and 48 t.ha⁻¹ corresponded to the highest averages in the PMSA. As for the PMSR item, the cultivars RB92579 and RB966928 corresponded to the highest averages. In relation to silicate, cultivar RB966828 presented the highest weight in all aspects (PMSA and PMSR). The dosages of 12 and 24 tons of limestone contributed to the highest shoot and root weights. The dose of 12 t.ha⁻¹ of silicate was associated with the best results.

Keywords: *Saccharum* spp. Calcium. Magnesium. Silicon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Casa de vegetação da UFLA onde o experimento foi conduzido

Figura 2 - Emergência das cultivares 20 dias após o plantio (20 DAP)

Figura 3 - Dendrograma de dissimilaridade fenotípica.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de solo (camada de 0-20 cm) antes da implantação do experimento.

Tabela 2 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSA), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob calcário.

Tabela 3 - Peso da matéria seca da raiz (PMSR) em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar após 60 dias do plantio sob calcário.

Tabela 4 - Pesos médios de Matéria Seca das Raízes (PMSR) e das Partes Aéreas (PMSA) das cultivares analisadas no dendrograma, sob as doses de calcário.

Tabela 5 - Peso de massa seca da raiz (PMSR), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob silicato

Tabela 6 - Peso de massa seca da parte aérea (PMSA), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob silicato

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
3	MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1	Screening de cultivares de cana-de-açúcar a doses de calcário e silicato	7
3.2	Análise estatística	9
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
4.1	Tratamento sob doses de calcário	10
4.1.1	Peso da Matéria Seca da Parte Aérea (PMSA)	12
4.1.2	Peso da Matéria Seca da Raiz (PMSR)	13
4.1.3	Screening de cultivares de cana-de-açúcar a doses de calcário	14
4.1.4	Discussão dos resultados	15
4.2	Tratamento sob doses de silicato	17
4.2.1	Peso da Matéria Seca da Raiz (PMSR)	18
3.2.2	Peso da Matéria Seca da Parte Aérea (PMSA)	18
4.2.3	Discussão dos resultados	19
5	CONCLUSÕES	20
6	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	21

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta pertencente à família Poaceae. Morfologicamente apresenta caule em colmos, raízes fasciculadas e folhas serrilhadas. É considerada uma planta de metabolismo C4 e de alto potencial energético capaz de converter energia luminosa em energia química, alcançando um alto rendimento em um curto período devido a sua grande produção de biomassa (TEJERA et al., 2007).

A cultura da cana-de-açúcar possui grande relevância no setor sucroenergético devido a produção de suas commodities (açúcar e etanol). O processamento na safra de 2022/23 foi de 610,10 milhões de toneladas (CONAB, 2023). O açúcar, na safra 2022/23, foi de 37 milhões de toneladas e de 27,37 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2023). Mesmo obtendo altos valores de produção, a cultura enfrenta vários desafios em relação ao manejo e ao aumento de produtividade. Sendo assim, são necessários incentivos de pesquisas relacionadas à área para que haja uma melhoria, visto a importância econômica da cultura.

Um dos desafios em relação ao manejo está relacionado com as condições dos solos. A maioria dos solos do cerrado brasileiro são naturalmente ácidos e apresentam baixos teores de cátions básicos (FAGERIA, 2001). Sabe-se que a acidez afeta as características físicas, químicas e biológicas dos solos, criando uma barreira que impede o aumento da produtividade da maioria das culturas (FOLONI et al., 2008). Assim, o uso do calcário é de grande importância, pois visa corrigir a acidez por alumínio (Al^{3+}), elevar a concentração de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e do potencial hidrogeniônico (pH), além de contribuir para maior disponibilidade de nutrientes essenciais.

Contudo, os efeitos da aplicação ficam restritos à camada superficial do solo, não ultrapassando 0,10 a 0,20 m de profundidade, em vista das aplicações em superfície em cana-soca dos corretivos a profundidades mais elevadas. Segundo Silva et al. (2017), a correção da acidez em profundidade deve considerar a necessidade de calcário para corrigir a primeira camada de solo (0 a 0,20 m) juntamente com a segunda camada (0,20 a 0,4 m), e ainda, é dependente do implemento utilizado para fins de incorporação.

O cálcio participa ativamente no desenvolvimento e formação do sistema radicular da cana-de-açúcar e está presente nas membranas celulares (parede celular), evitando o vazamento do conteúdo citoplasmático, além de agir como regulador enzimático e mensageiro secundário (TAIZ et al., 2017). O magnésio participa da molécula de clorofila e é ativador de diversas enzimas ligadas ao metabolismo energético (TAIZ et al., 2017).

O silício (Si) é considerado um nutriente benéfico para as plantas, apesar de não ser essencial, sendo capaz de substituir os calcários agrícolas por apresentarem ação corretiva para acidez do solo por alumínio (Al^{3+}). O pH pode aumentar ou diminuir sua concentração devido a presença de silício no solo (RAIJ e CAMARGO, 1973; LINDSAY, 1979). Além disso, ao ser absorvido pela planta, o nutriente é depositado nas folhas, formando uma proteção mecânica contra-ataques de insetos sugadores (WANGEN, 2007), devido a sua forma de sílica amorfa (EPSTEIN, 1999).

Tendo em vista a importância da utilização de corretivos juntamente com a necessidade de estudos que dizem respeito às respostas das cultivares, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito de doses de calcário e silicato sobre o desenvolvimento inicial de diferentes cultivares de cana-de-açúcar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

Segundo o 1º Levantamento de Cana-de-Açúcar realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima-se que 8,4 milhões de hectares sejam destinados à colheita, com um rendimento de 75 t.ha⁻¹. A produção da cultura estima-se, também, em 637,1 milhões de toneladas, representando um aumento de 4,4% em relação à safra 2022/23 (CONAB, 2023).

O Censo Varietal, realizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na safra 2021/22, levantou informações de 225 unidades produtoras em todo o país, dentre usinas, destilarias e fornecedores (BRAGA JÚNIOR *et al.*, 2023). O censo calculou índices estratégicos a fim de avaliar as condições dos canaviais produtivos, como reforma de canavial, estágio médio de corte, cultivares mais plantadas, etc. A região Centro-Sul apresentou a cultivar RB867515 como a mais cultivada (15,2%), seguida da CTC 4 (13,4%); RB966928 (13,3%); CTC 9001 (6,4%); e RB92579 (3,8%). Em relação à reforma de canavial, mais de 1 milhão de hectares foram renovados, sendo as cultivares RB867515, RB966928, CTC 4, RB975242 e CTC 9001 as mais utilizadas (BRAGA JÚNIOR *et al.*, 2023).

O bom desempenho dessas cultivares está inteiramente ligado ao sucesso do melhoramento genético que sempre procura desenvolver cultivares que visam aumentar a produtividade, aumentar a tolerância aos estresses, resistir às pragas e doenças, e adaptar-se à colheita mecanizada (EMBRAPA, 2022). As instituições de pesquisa, como Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), são responsáveis pelo cruzamento e lançamento das cultivares existentes no mercado.

A cultivar CTC 4 possui alguns pontos de destaque como tonelada de cana por hectare (TCH) elevado, adaptabilidade ao plantio mecanizado, perfilhamento elevado, maturação média (colheita de junho a setembro), exigência de ambiente A-C, alto teor de sacarose e baixo teor de fibra (CTC, 2021).

Na linha das cultivares “9000”, a cultivar CTC 9001 garante um valor de açúcar total recuperável (ATR) elevado, adaptabilidade à colheita mecanizada, precocidade em ambiente restritivo e exigência de ambiente B-D (CTC, 2021). Já a cultivar CTC 9003 apresenta tolerância à seca, com elevado perfilhamento e baixas chances de florescimento. Considerada uma cultivar suscetível ao carvão (*S. scitamineum*), exigindo ambientes A-C (CTC, 2021).

A cultivar CTC 9007 também possui florescimento raro e, além disso, garante altas toneladas de açúcar por hectare (TAH), boa sanidade, tolerante à algumas doenças, como carvão (*S. scitamineum*), escaldadura (*Xanthomonas albilineans*), mosaico (sugarcane mosaic virus), ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) e marrom (*Puccinia melanocephala*). Ideal de ser cultivada em ambientes A-C e colhida precocemente (abril a agosto) (CTC, 2021).

A cultivar RB867515 venceu desafios por possuir porte ereto, com bom desempenho em ambientes C-D, alto TCH e teor de sacarose, alta capacidade de brotamento e produtividade. Sua maturação é considerada média e colheita feita de julho a novembro (RIDESA, 2010).

A cultivar RB966928 garante alta produtividade agrícola, com boa germinação e alto perfilhamento. Sua maturação é considerada precoce, colhida no início ao meio da safra, recomendada para ambientes A-B. Além disso, possui sanidade às principais doenças e alto teor de sacarose se for em conjunto com alta produtividade (RIDESA, 2010).

A cultivar RB92579 impacta com sua alta produtividade. Resistente à ferrugem marrom (*P. melanocephala*) e ao carvão (*S. scitamineum*), possui ótimo perfilhamento e valores de ATR também elevados. Sua maturação é considerada média, podendo ser colhida entre junho a agosto na região centro-sul (RIDESA, 2010).

A cultivar RB036066 possui um alto potencial produtivo, com elevado perfilhamento e brotação, com maturação média e colheita feita entre os meses de junho e setembro. Também é tolerante às principais doenças e exige ambientes de produção A-C (RIDESA, 2015). A cultivar RB036091 conta com uma alta produtividade, porte ereto, exigência em ambientes de produção A-C, colheita ideal entre os meses de junho e agosto, tolerante às principais doenças da cultura, com alto teor de fibra, podendo manter o TCH acima de 3 dígitos ainda no 3º corte (RIDESA, 2015).

Para obter valores elevados, desenvolver novas cultivares, gerar empregos e, principalmente, produzir em maiores quantidades, a cultura precisa se expandir para novas áreas. Porém, essas áreas de expansão se encontram em ambientes desfavoráveis, como, por exemplo, problemas de acidez do solo e, conseqüentemente, com necessidade de correções. O preparo do solo é um dos fatores que afetam o desenvolvimento da cana-de-açúcar, haja vista que, para se obter bons resultados é necessário que o solo se encontre em condições ideais de cultivo.

2.2 A calagem em cana-de-açúcar

Os solos brasileiros, em sua maioria, são ácidos e com baixa concentração de cátions básicos (FAGERIA, 2001). Essa acidez excessiva é causada pela presença do alumínio no solo, o que implica em limitações na produtividade, com perdas em até 40% (QUAGGIO, 2000). Quimicamente, os íons H^+ são mais adsorvidos pelos colóides dos solos devido a presença da sua ligação covalente. Em seguida, o íon Al^{+3} é adsorvido devido a presença de três cargas (+3) e, conseqüentemente, permanece no solo por mais tempo enquanto que os demais cátions, como o Ca, Mg e K, são lixiviados (BOHNEN, 2000). Isso explica o motivo pelo qual o pH do solo é diminuído enquanto que a saturação por Al é elevada (RAIJ, 1991).

Segundo Rossetto et al. (2004), a calagem tem a função de elevar o pH do solo, neutralizar ou eliminar os teores de alumínio (Al^{+3}), além de fornecer cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), fazendo com que as raízes alcancem altas profundidades no solo e, assim, não sofrer com o déficit hídrico em período de seca. Geralmente, a ação corretiva do calcário fica retida nas primeiras camadas do solo (0 - 20 cm) (DE RESENDE, 2016). Para isso, faz-se necessário realizar a incorporação do calcário em camadas mais profundas do solo a fim de melhorar a condição química, desenvolver o sistema radicular e, conseqüentemente, aumentar a produtividade.

Segundo Prado et al. (2002), a produtividade de cana-de-açúcar respondeu positivamente à medida que a dosagem de calcário foi sendo aumentada, com uma produtividade de 103 e 74 t.ha⁻¹ em cana-planta e cana-soca, respectivamente.

O cálcio é um macronutriente essencial importante para o desenvolvimento de folhas, raízes e colmos da cana-de-açúcar. São extraídos do solo cerca de 87 kg do elemento para cada 100 toneladas de cana, sendo 47 kg destinados para o colmo e 40 kg para as folhas (ORLANDO, 1983). O magnésio também é um macronutriente que está relacionado com a produção de açúcares, fotossíntese e respiração celular. Sua extração é de 49 kg de Mg para cada 100 toneladas de cana, sendo 33 kg ao colmo e 16 kg às folhas (ORLANDO, 1983).

Alcântara et al. (2020) avaliou o efeito de doses de óxido de Ca e Mg aplicadas em sulco de plantio a fim de obter incrementos em toneladas de cana e de açúcar por hectare (TCH e TAH, respectivamente). Em seu primeiro experimento, os incrementos de TCH foram entre 13% e 19% em TAH, utilizando 150 kg.ha⁻¹ do óxido. No segundo experimento, houve um aumento de 15% em TAH com a dose de 100 kg.ha⁻¹ do óxido.

2.3 O uso de silicatos em cana-de-açúcar

O silício (Si) é um nutriente benéfico para as plantas e, na cana-de-açúcar, é o nutriente mais absorvido depois do potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (TISDALE et al., 1985). Assim que absorvido pelas raízes, ele é translocado para a parte aérea. Logo, uma nutrição silicatada proporciona benefícios para o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, um incremento de produtividade.

Os silicatos, principais fontes de silício, podem ser substitutos do calcário por apresentarem as mesmas funções no solo, como alteração de pH, aumento de cálcio e magnésio, além de ser 6,78 vezes mais solúvel que o calcário (ALCARDE, 1992).

O cimento, fonte não convencional de silício, foi utilizado em experimentos e os resultados comprovaram um aumento de 14 t.ha⁻¹ na produtividade ao adotar-se 4 t.ha⁻¹ de cimento no plantio da cana-de-açúcar (CASAGRANDE, 1981).

Segundo Datnoff et al. (2001), ao aplicar doses de silicato de cálcio e magnésio variando de 0,7 a 5,2 t.ha⁻¹, o aumento da produção de cana-de-açúcar em cana-planta variou de 11 a 16%, enquanto que em cana-soca, de 11 a 20%.

De acordo com os estudos realizados por Dos Reis et al. (2013), ao incrementar doses de silicato de cálcio no solo, a cana-de-açúcar obteve respostas positivas em relação à produção, atingindo a produção máxima de 230 t.ha⁻¹, na maior dose de 6 t.ha⁻¹ de silicato de cálcio.

Além da ação no solo, o silício também desempenha a função de proteção à planta contra os ataques de pragas e doenças. Em pesquisa feita por Keeping e Meyer (2003), constatou-se uma redução de 33,7% no ataque ocasionados pela broca dos colmos (*Eldana saccharina*) ao adicionar-se 5 t.ha⁻¹ de silicato de cálcio.

O silício pode auxiliar, também, na tolerância à seca. Segundo Rossetto et al. (2005), as cultivares RB855035 e RB835486, dentre um grupo de seis, foram as que apresentaram maior concentração de silício nas folhas e as que menos sentiram os efeitos da estiagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Screening de cultivares de cana-de-açúcar a doses de calcário e silicato

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 1) no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (latitude: -21.2659139, longitude: -45.0373171.), adotando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde foi avaliado o desempenho inicial de 10 cultivares de cana-de-açúcar entre 12 e 18 meses de idade (CV7870, CTC9003, CTC9007, RB036066, RB036091, RB966928, CTC9001, RB92579, RB867515, e CTC4) sob condições de controle (sem corretivo - V% inicial do solo), e de 4 (quatro) doses diferentes do corretivo (6, 12, 24 e 48 t.ha⁻¹). A implantação se deu em bandejas com 50 células individuais e volume 0,195 litros. Foram 10 repetições de cada cultivar sob cada tratamento do corretivo.

Figura 1 - Casa de vegetação da UFLA onde o experimento foi conduzido



O experimento sob dosagens de silicato também foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde avaliou-se o desempenho inicial de 2 cultivares de cana-de-açúcar (Vertex 5 e RB966928) sob condições de controle (sem silicato - V% inicial do solo), e de 4 (doses) doses diferentes do corretivo (6, 12, 24 e 48 t.ha⁻¹). A implantação em bandejas foi igual ao experimento de calcário (Figura 1).

A aplicação do calcário e silicato à terra (análise química do solo, Tabela 1) foi feita em betoneira, com prévio cálculo do volume de solo e da quantidade do corretivo a ser aplicada, sendo o equipamento limpo a cada nova mistura.

Posteriormente a homogeneização do solo ao corretivo, foram então transferidas a vasos de 5 (cinco) litros de volume, nos quais a incubação (reação dos corretivos) ocorreu por um período de 90 dias.

Tabela 1 - Análise de solo (camada de 0-20 cm) antes da implantação do experimento.

Identificação Amostra	pH	K	P	Na	Ca	Mg	Al	H + Al
		mg.dm ⁻³			cmolc.dm ⁻³			
0-20 cm	7,1	50,23	0,20	0,00	1,71	0,29	0,00	1,30

Identificação Amostra	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Si
	cmolc.dm ⁻³			%		dag.kg ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.kg ⁻¹
0-20 cm	2,13	2,13	3,43	62,06	0,00	0,66	2,80	5,83

Identificação Amostra	Classificação do solo	Argila	Silte	Areia
		dag.kg ⁻¹		
0-20 cm	textura argilosa	44	40	16

Ao final do prazo de reação dos corretivos, foram selecionadas as cultivares de cana-de-açúcar, para que fossem colhidas e então seccionados seus minitoletes através de uma guilhotina manual com secção de 5 cm para plantio nas bandejas (com dimensões 56 x 8 x 28,5 cm). Os solos destinados ao estudo não receberam qualquer outro tratamento, visando isolar o efeito do corretivo. Foi colocado em cada célula um volume de solo, o minitolete com a gema voltada para cima, e o complemento com volume de solo que preenche todo o espaço da célula.

Com todas as células plantadas e preenchidas com terra, as bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação pelo período de 60 dias, onde receberam irrigação automática e constante monitoramento. A emergência foi avaliada aos 20 dias após o plantio (20 DAP) (Figura 2). Após os 60 dias, as plantas foram coletadas e foi determinado o Peso de Matéria Seca da Parte Aérea e Radicular (PMSA e PMSR, respectivamente) - sendo as mesmas secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C pelo período de 72 horas, ou até atingirem peso constante.

Figura 2 - Emergência das cultivares 20 dias após o plantio (20 DAP)



3.2 Análise Estatística

Os dados foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade, seguidos da análise de variância (ANOVA). As interações entre os fatores foram avaliadas e as médias comparadas por meio do teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Além disso, foi realizada uma análise de agrupamento e gerado um dendrograma, por meio do software Past3 (Paleontological Statistics, Version 3.20, Oslo, Noruega) (Hammer et al., 2001), na qual o índice de similaridade Euclidiana foi calculado para cada combinação de duas amostras. Sendo que as matrizes foram padronizadas, dividindo-se o valor de cada elemento pelo desvio padrão da respectiva matriz, com a finalidade de reduzir a amplitude de variação em cada uma delas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tratamentos sob doses de calcário

4.1.1 Peso da Matéria Seca da Parte Aérea (PMSA)

Houve interação significativa entre os tratamentos. Analisando o desdobramento das cultivares sob as doses (Tabela 2), a cultivar CTC4 respondeu às doses de 12, 24 e 48 t.ha⁻¹. As cultivares CTC9001 e RB966928 responderam às doses de 6 e 12 t.ha⁻¹. As cultivares CTC9003 e RB036066 responderam às doses de 12 t.ha⁻¹. As cultivares CV7870 e RB036091 responderam às doses de 0, 6, 12 e 48 t.ha⁻¹. A cultivar RB92579 obteve resposta às doses de 0, 12, 24 e 48 t.ha⁻¹. As demais cultivares não obtiveram resultados significativos. As maiores médias corresponderam às cultivares CTC9007, CV7870, RB036091, RB867515 e RB92579. Analisando o desdobramento das doses sob as cultivares (Tabela 2), as maiores médias corresponderam às maiores doses (24 e 48 t.ha⁻¹).

Tabela 2 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSA), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob calcário.

Cultivares	Doses					Média
	0 t.ha ⁻¹	6 t.ha ⁻¹	12 t.ha ⁻¹	24 t.ha ⁻¹	48 t.ha ⁻¹	
CTC4	0,39 Cb ¹	0,25 Cb	0,47 Ca	0,88 Aa	0,61 Ba	0,52 a
CTC9001	0,19 Bb	0,62 Aa	0,54 Aa	0,28 Bb	0,35 Bb	0,38 b
CTC9003	0,37 Ab	0,34 Ab	0,29 Aa	0,31 Ab	0,15 Ab	0,29 c
CTC9007	0,61 Aa	0,49 Aa	0,57 Aa	0,64 Aa	0,53 Aa	0,57 a
CV7870	0,52 Aa	0,59 Aa	0,59 Aa	0,40 Ab	0,67 Aa	0,56 a
RB036066	0,33 Ab	0,29 Ab	0,29 Aa	0,30 Ab	0,33 Ab	0,31 c
RB036091	0,47 Aa	0,55 Aa	0,36 Aa	0,42 Ab	0,58 Aa	0,48 a
RB867515	0,52 Ba	0,48 Ba	0,45 Ba	0,75 Aa	0,73 Aa	0,61 a
RB92579	0,42 Aa	0,15 Bb	0,59 Aa	0,85 Aa	0,52 Aa	0,49 a
RB966928	0,29 Ab	0,56 Aa	0,43 Aa	0,46 Ab	0,39 Ab	0,42 b
	0,41 B	0,43 B	0,46 B	0,53 A	0,48 A	
Média Geral			0,47			
C.V (%)			37,54			

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4.1.2 Peso da Matéria Seca da Raiz (PMSR)

Houve interação significativa entre os tratamentos. Analisando o desdobramento das cultivares sob doses de calcário (Tabela 3), a cultivar CTC4 respondeu às doses de 0, 24 e 48 t.ha⁻¹. As cultivares CTC9001, CTC9003, CTC9007, CV7870 e RB036066 responderam apenas à dose de 48 t.ha⁻¹. As cultivares RB036091 e RB867515 responderam às doses de 24 e 48 t.ha⁻¹. A cultivar RB92579 respondeu às doses de 0, 12, 24 e 48 t.ha⁻¹. Já a cultivar RB966928 respondeu às doses de 6, 24 e 48 t.ha⁻¹. As maiores médias corresponderam às cultivares RB92579 e RB966928. Analisando o desdobramento das doses sob as cultivares (Tabela 3), apenas a dose de 12 t.ha⁻¹ obteve a maior média entre os demais tratamentos (0,37g de PMSR).

Tabela 3 - Peso da matéria seca da raiz (PMFR) em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar após 60 dias do plantio sob calcário.

Cultivares	Doses					Média
	0 t.ha ⁻¹	6 t.ha ⁻¹	12 t.ha ⁻¹	24 t.ha ⁻¹	48 t.ha ⁻¹	
CTC4	0,37 Aa ¹	0,03 Bc	0,48 Ab	0,43 Aa	0,23 Ba	0,31 b
CTC9001	0,03 Ab	0,09 Ac	0,12 Ad	0,08 Ab	0,29 Aa	0,12 c
CTC9003	0,19 Ab	0,27 Ac	0,15 Ad	0,07 Ab	0,09 Aa	0,15 c
CTC9007	0,16 Ab	0,16 Ac	0,14 Ad	0,18 Ab	0,14 Aa	0,15 c
CV7870	0,27 Ab	0,42 Ab	0,35 Ac	0,27 Ab	0,16 Aa	0,29 b
RB036066	0,14 Ab	0,24 Ac	0,28 Ac	0,17 Ab	0,15 Aa	0,19 b
RB036091	0,23 Ab	0,35 Ab	0,36 Ac	0,43 Aa	0,33 Aa	0,34 b
RB867515	0,09 Bb	0,28 Ac	0,42 Ac	0,45 Aa	0,28 Aa	0,30 b
RB92579	0,52 Ba	0,13 Dc	0,79 Aa	0,32 Ca	0,42 Ca	0,43 a
RB966928	0,11 Bb	0,62 Aa	0,61 Ab	0,52 Aa	0,26 Ba	0,42 a
Média	0,21 B	0,26 B	0,37 A	0,29 B	0,23 B	
Média Geral						0,28
C.V (%)						56,11

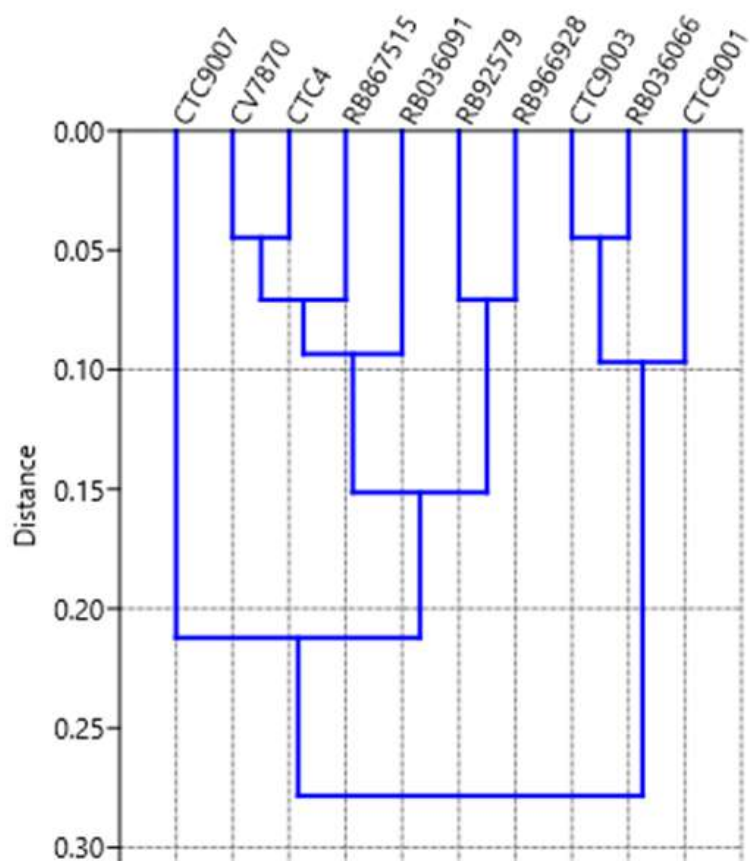
¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao teste de Scott-Knott a 5% de significância

4.1.3 Screening de cultivares de cana-de-açúcar

No que concerne a análise de agrupamentos, com a aplicação do método Clássico, foi obtido o dendrograma, como mostra a Figura 3, para os valores médios de dois parâmetros, sendo considerado o peso de matéria seca da raiz (PMSR) e peso da matéria seca da parte aérea (PMSA). Como pode ser visualizado, de forma inicial, podem ser indicados 4 (quatro) grupos, a partir da variância existente entre as cultivares de cana-de-açúcar.

A cultivar CTC9007 (grupo 1), as cultivares CTC9001, CTC9003 e RB036066 (grupo 2), as cultivares RB92579 e RB966928 (grupo 3), possuem valores mais discrepantes e foram classificadas em um grupo distinto cada, mais distante do outro agrupamento, principalmente a cultivar CTC9007. O outro grupo corresponde às cultivares CTC4, CV7870, RB036091 e RB867515 (grupo 4) de menores distâncias Euclidianas (Figura 3).

Figura 3 - Dendrograma de dissimilaridade fenotípica.



4.1.4 Discussão dos resultados a doses de calcário

Considerando o comportamento gerado no dendrograma, nota-se que a cultivar CTC9007 (Tabela 4), apresenta uma grande diferença entre a parte aérea e a raiz, concluindo que essa cultivar provavelmente possui uma maior tendência de investir mais na parte aérea, do que em raízes, em condições de não acidez do solo e com aumento dos teores de Ca e Mg. Contudo, as cultivares RB92579 e RB966928 (Tabela 4) tiveram os pesos distribuídos de maneira semelhante em ambas as estruturas da planta, obtendo as melhores médias nas análises. Os pesos da parte aérea das cultivares CTC9001, CTC9003 e RB036066 foram o dobro do peso de suas raízes, concluindo que essas cultivares também possuem uma maior tendência em investir seu desenvolvimento mais na parte aérea, do que em raízes, em condições de solo corrigido e nutrido com Ca e Mg.

Sob presença de Ca,

Tabela 4 – Pesos médios de Matéria Seca das Raízes (PMSR) e das Partes Aéreas (PMSA) das cultivares analisadas no dendrograma, sob as doses de calcário.

CULTIVARES	PMSR (g)	PMSA (g)
CTC4	0,31	0,52
CTC9001	0,12	0,38
CTC9003	0,15	0,29
CTC9007	0,15	0,57
CV7870	0,29	0,56
RB036066	0,19	0,31
RB036091	0,34	0,48
RB867515	0,3	0,61
RB92579	0,43	0,49
RB966928	0,42	0,42

A dúvida que nos cerca é o porquê das raízes serem mais pesadas nos tratamentos de 12 t.ha⁻¹. As possíveis respostas podem estar relacionadas com a nutrição de Ca e Mg. A dosagem de 12 t.ha⁻¹ possivelmente supriu a demanda do solo e a extração das mudas de todas variedades para a formação das estruturas da planta e, por isso, derivou o melhor resultado de matéria seca de raiz, uma vez que o solo já apresentava acidez corrigida antes da instalação do experimento.

As altas doses que obtiveram resultados ruins possivelmente foram causadas em função do excesso de calcário. Como os cátions Ca e K possuem o mesmo sítio de absorção, ao aumentarmos as doses de calcário, também aumentam os teores de Ca. Isso também se relaciona com a Lei dos Incrementos Decrescentes, onde a partir de uma certa quantidade de nutriente fornecida à planta, o efeito é insignificante. Além disso, os fatores também podem estar associados com os resultados alcançados, como, por exemplo, o fato de algumas cultivares serem mais responsivas em condições de solo corrigido, como é o caso da cultivar RB867515, considerada uma cultivar rústica e ideal para ambientes de produção C-D.

4.2 Tratamento sob doses de silicato

4.2.1 Peso da Matéria Seca de Raiz (PMSR)

A cultivar RB966928 obteve bons resultados apenas no tratamento controle, enquanto que a cultivar Vertix 5 também obteve bons resultados no tratamento controle, além da dosagem de 12 t.ha⁻¹ (Tabela 5).

Tabela 5 - Peso de matéria seca da raiz (PMSR), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob silicato.

Doses de silicato (t.ha ⁻¹)	Vertix 5	RB966928
0	0,50 A ¹	1,18 A
6	0,28 B	0,48 B
12	0,48 A	0,70 B
24	0,20 B	0,64 B
48	0,20 B	0,38 B
Média Geral	0,33	0,67
CV(%)	52,19	37,36

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferente estatisticamente ao teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4.2.2 Peso da Matéria Seca da Parte Aérea (PMSA)

Cultivar RB966928 não apresentou diferenças significativas sob quaisquer dosagens, já a cultivar Vertix 5 obteve bons resultados nas dosagens de 12 e 48 toneladas (Tabela 6).

Tabela 6 - Peso de massa seca da parte aérea (PMSA), em gramas, por cultivar de cana-de-açúcar aos 60 dias após o plantio sob silicato.

Doses de silicato (t.ha ⁻¹)	Vertix 5	RB966928
0	0,51 B ¹	0,74 A
6	0,53 B	0,46 A
12	0,68 A	0,66 A
24	0,53 B	0,78 A
48	0,73 A	0,82 A
Média Geral	0,60	0,69
CV(%)	27,42	43,97

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferente estatisticamente ao teste de Scott-Knott a 5% de significância.

4.2.3 Discussão dos resultados a doses de silicato

A cultivar RB966928 apresentou maiores médias para PMSA e PMSR, tendo o controle a melhor resposta para PMSR e sem variação significativa para PMSA. A cultivar Vertex 5 apresentou diferenças significativas para PMSR e PMSA. Os tratamentos controle e dose equivalente a 12 t.ha⁻¹ renderam maior peso tanto para PMSA e PMSR, sendo conjuntamente, de maior peso que as demais. Quanto ao PMSA, as doses de 12 e 48 toneladas se associaram aos maiores pesos, sendo estatisticamente superiores às demais.

Ao aumentarmos os teores de silício no solo, promoveu-se menor crescimento da parte radicular, haja visto que o solo já apresentava condições neutras de acidez e alumínio. Desta forma, a cultivar RB966928 apresentou maior incremento da parte aérea (biomassa) em relação a cultivar Vertex 5.

É importante atentar-se sobre os reais efeitos dos corretivos sob determinadas doses a fim de que se obtenha os mesmos resultados ao repetirmos o experimento. Somente assim é possível construir uma ideia de que a dose realmente faz diferença na construção da fertilidade.

Além disso, para compreender de uma maneira mais ampla, esses tratamentos devem ser levados ao campo para avaliar o desempenho ao final da colheita. Assim, formaremos um estudo completo sobre se esses efeitos vão ser traduzidos no futuro, se esses efeitos não dizem respeito somente aos corretivos, ou se a possível melhora no desempenho inicial de fato resulta em melhores resultados no campo.

5. CONCLUSÕES

Ao avaliar o efeito do calcário, as doses de 12 e 24 t.ha⁻¹ contribuíram para os maiores pesos de parte aérea e de raiz. Enquanto que, sob condições de silicato, a dose equivalente a 12 t.ha⁻¹ foi a que mais se associou às mais altas médias de peso.

Ao avaliar o efeito das cultivares sob diferentes doses dos corretivos, a cultivar CTC9007 teve melhor desempenho com aumento das doses de calcário, enquanto que a cultivar RB966928 teve melhor desempenho com o aumento das doses de silicato.

6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ALCÂNTARA, Hélio Peres de. **Óxido de cálcio e magnésio aplicado no fundo do sulco de plantio da cana-de-açúcar**. 2020. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3014>
- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6).
- AYRES, A.J. **The utility of soil analysis in determining the need for applying calcium to sugar cane**. In: ISSCT CONGRESS, Mauritius, 1962, 162-196.
- BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e evolução. In: KAMINSKI, J. (Coord.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p 9-19 (Boletim, 4).
- BRAGA JÚNIOR, R. LANDELL, M. G. A., XAVIER, M. A., et al. **BOLETIM TÉCNICO IAC - Censo varietal IAC de cana-de-açúcar no Brasil - Safra 2021/22**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2023. 56p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 230).
- CASAGRANDE, J. C.; ZAMBELLO, E.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de silício em cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Brasil Açucareiro**, v. 98, n. 1, p. 54-60, 1981.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>
- CTC - **Centro de Tecnologia Canavieira**. Bula Técnica Variedades - CTC 4. Edição Agosto 2021.
- CTC - **Centro de Tecnologia Canavieira**. Bula Técnica Variedades - CTC 9001. Edição Agosto 2021.
- CTC - **Centro de Tecnologia Canavieira**. Bula Técnica Variedades - CTC 9003. Edição Agosto 2021.
- CTC - **Centro de Tecnologia Canavieira**. Bula Técnica Variedades - CTC 9007. Edição Agosto 2021.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 424 p. (Studies in Plant Science, v. 8).
- DE RESENDE, Álvaro Vilela et al. Solos de fertilidade construídos: características, funcionamento e manejo. **Inf. Agrônomicas**, pág. 1-19, 2016.
- DOS REIS, Juarez Junior Dias et al. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 3-9, 2013.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/avanco-tecnologico/melhoramento-genetico#>

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999

FAGERIA, N. K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOLONI, J. S. S.; SANTOS, D. H.; CRESTE, J. E.; SALVADOR, J. P. **Resposta do feijoeiro e fertilidade do solo em função de altas doses de calcário em interação com a gessagem**. Colloquium Agrariae, v. 4, n. 2, p. 27-35, 2008.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Effects of four sources of silicon on resistance of sugarcane varieties to *Eldana saccharina*. In: **Proceedings of the South African Sugar Technologist Association**, v. 7, p. 99-103, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319 p., 1997.

ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983. 369 p. (Planalsucar, 2).

OTTO, R. FRANCO, H.C.J. FARONI, C.E.; VITTI, A.C & TRIVELIN, P.C.O. **Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, p. 398-405, 2009.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p.129-135, 2002.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Cálcio, magnésio e correção da acidez do solo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 313-321.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 32, p. 223-236, 1973.

RIDESA - **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar - Curitiba, 2010.

RIDESA - **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar / Ricardo Augusto de Oliveira, Edelclaiton Daros, Hermann Paulo Hoffmann, organizadores. – 1. ed. – Curitiba: 2015.

RODRIGUES, J. C.; PALHARES, A. C. Efeito da aplicação de calcário nas propriedades químicas do solo e na produtividade de cana-de-açúcar. In: **Seminário de Tecnologia Agrônômica**, p. 303-320. Coopersucar, Piracicaba. 1986.

ROSSETTO, R.; LIMA FILHO, O. F.; AMORIM, H. V.; TSAI, S. M.; CAMARGO, M. S.; MELONI, A. B. Silicon content in different sugarcane varieties. In: Silicon in Agriculture Conference. 3., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2005. p. 134.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF. **Embrapa Informação Tecnológica**, 627 p., 2009.

SILVA, F. C. da; FREITAS, P. L. de; ALVES, B. J. R. **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. EMBRAPA. p.755-765, 2017

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam ,v.102, p.64–72, 2007.

TISDALE, S., NELSON, W., BEATON, J. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. London: Macmillan Publishers, 1985. 754 p.

WANGEN, Dalcimar Regina Batista. **Silício na produtividade e no controle da cigarrinha Mahanarva fimbriolata Stal da cana-de-açúcar**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

ANEXO

Desempenho da cana-de-açúcar sob doses de calcário aplicadas no sulco de plantio

Estava programada a avaliação do desempenho final do experimento para o início de maio de 2022, como constava no cronograma presente no plano de trabalho do experimento. Infelizmente não foi possível obter os resultados devido a colheita não programada feita pela destilaria. Em virtude disso, apresentaremos apenas os resultados do screening das cultivares feito em casa de vegetação sob dosagens diferentes de calcário e silicato.