



**GUSTAVO HENRIQUE BESSA DE LIMA**

**EFEITO DO SILÍCIO NOS CARACTERES MORFOLÓGICOS  
DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**LAVRAS - MG**

**2021**

**GUSTAVO HENRIQUE BESSA DE LIMA**

**EFEITO DO SILÍCIO NOS CARACTERES MORFOLÓGICOS DE  
VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Ms. Sérgio Hebron Maia Godinho  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

**GUSTAVO HENRIQUE BESSA DE LIMA**

**EFEITO DO SILÍCIO NOS CARACTERES MORFOLÓGICOS DE VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**EFFECT OF SILICON ON THE MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF  
SUGARCANE VARIETIES**

Monografia apresentada à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 04/05/2021

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel

Ms. Sérgio Hebron Maia Godinho

Ms. Inara Alves Martins

Ms. Jefferson Henrique Santos Silva.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Ms. Sérgio Hebron Maia Godinho  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus pela saúde que me concede à cada dia para buscar meus sonhos.

A meus pais, que me deram todo apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus irmãos que sempre me acompanharam em todos os meus projetos.

Aos meus avós, tios, que sempre torceram muito por mim nesse período de agronomia na UFLA.

Aos professores e funcionários da UFLA, em especial ao Departamento de Agricultura, que durante a minha caminhada na Universidade deram o que tinham de melhor para a minha formação.

Ao Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel, por toda orientação, conselho, vivência e amizade construída dentro da Universidade.

Ao Ms. Sérgio Godinho, pela coorientação.

À banca examinadora.

Deus sempre nos surpreende!

## RESUMO

A cana-de-açúcar é considerada uma planta acumuladora de silício (Si), e embora este não seja considerado um nutriente essencial, existem estudos que comprovam que variedades de cana-de-açúcar que tiveram maior resiliência a fatores bióticos, abióticos e absorção de fósforo em função do Si. Com isso, o trabalho foi dividido em três experimentos, sendo o objetivo geral a avaliação dos caracteres morfológicos (altura, comprimento de arco foliar e ângulo de inserção da folha +1), biomassa fresca e seca da cana-de-açúcar com aplicação de silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). No primeiro experimento, objetivou-se avaliar o desempenho de 10 variedades de cana-de-açúcar em solos corrigidos com silicatos de Ca e Mg e calcário. No segundo, objetivou-se avaliar os mesmos caracteres na variedade IAC91-1099 quando submetida a doses de necessidade de calagem (NC) com uso de silicato de Ca e Mg. E por fim, no terceiro, objetivou-se avaliar os mesmos caracteres e variedade na interação dos corretivos de solo com fósforo. A pesquisa foi realizada no setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), conduzido em casa de vegetação em vasos com 10 L de solo. Após 120 dias de plantio, os caracteres supracitados foram avaliados e analisados em SISVAR ao nível de significância de 5%. Com base nas análises do trabalho no experimento com variedades e corretivos, não houve diferença significativa entre os tratamentos. De forma isolada, para os caracteres morfológicos avaliados em correção com silicato, houve diferença significativa quanto à biomassa fresca e seca, em que as variedades RB966928, CTC9001, RB92579, IAC91-1099 e CV7870 obtiveram as maiores médias. Para comprimento de arco foliar e altura, as variedades CV7870 e CTC 9001, foram as de maior valor significativo, respectivamente. Para o experimento de doses crescentes, os tratamentos  $3 \times NC$ ;  $4 \times NC$ ; e  $5 \times NC$  de silicato de Ca e Mg, diferiram significativamente apenas para biomassa fresca. Nas avaliações com fósforo e silicato, não houve diferenças para corretivos e também na interação destes com fósforo.

**Palavras-Chave:** cultivares; silicatagem; doses; *Saccharum* spp.; fosfatagem.

## ABSTRACT

Sugarcane is considered an accumulator plant of silicon (Si), and although this is not considered an essential nutrient, there are studies that prove that varieties of sugarcane that had greater resilience to biotic, abiotic and absorption factors phosphorus as a function of Si. With this, the work was divided into three experiments, the general objective being the evaluation of the morphological characters (height, leaf arc length and leaf insertion angle +1), fresh and dry sugarcane biomass -sugar with application of calcium silicate (Ca) and magnesium (Mg). In the first experiment, the objective was to evaluate the performance of 10 varieties of sugar cane in soils corrected with Ca and Mg silicates and limestone. In the second, the objective was to evaluate the same characters in the IAC91-1099 variety when subjected to liming requirements (NC) with the use of Ca and Mg silicate. Finally, in the third, the objective was to evaluate the same characters and variety in the interaction of soil amendments with phosphorus. A survey carried out in the Large Crops sector of the Department of Agriculture, Federal University of Lavras in a completely randomized design (DIC), conducted in a greenhouse in pots with 10 L of soil. After 120 days of planting, the aforementioned characters were obtained and displaced in SISVAR at a significance level of 5%. Based on the analysis of the work in the experiment with varieties and remedies, there was no difference between treatments. In isolation, for the morphological characters elaborated in correction with silicate, there was a significant difference in terms of fresh and dry biomass, in which the varieties RB966928, CTC9001, RB92579, IAC91-1099 and CV7870 obtained the highest averages. For leaf arc length and height, as varieties CV7870 and CTC 9001, they were the most significant, respectively. For the experiment of increasing doses, the treatments  $3 \times \text{NC}$ ;  $4 \times \text{NC}$ ; and  $5 \times \text{NC}$  of Ca and Mg silicate, differed only for fresh biomass. In the evaluations with phosphorus and silicate, there were no differences for correctives and also in the interaction of this with phosphorus.

**Keywords:** varieties; silicate; doses; *Saccharum* spp.; phosphating.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
2.1	A cultura da cana-de-açúcar e nutrição com silício .....	10
2.2	O SILÍCIO .....	11
2.2.1	Silício no solo.....	11
2.2.2	Silício nas plantas.....	12
2.2.3	Silicatagem em cana-de-açúcar.....	13
2.2.4	A interação entre silício e fósforo nos solos .....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1.	Local, tempo de condução, ferramentas utilizadas para medir os caracteres avaliados nos experimentos e análises estatísticas.....	15
3.2.	Experimento com variedades .....	16
3.3.	Experimento com doses de silicato de Ca e Mg .....	16
3.4	Experimento de interação entre fósforo e silício .....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
4.1	Experimento com variedades .....	18
4.2	Experimento com doses de silicato de Ca e Mg .....	19
4.3	Experimento de interação entre fósforo e silício .....	20
5	CONCLUSÕES .....	21
6	REFERÊNCIAS .....	22

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é considerada uma planta acumuladora de silício (Si), podendo absorver grandes quantidades, superiores às de N e K. Embora o Si não seja considerado um elemento essencial, os seus baixos teores em alguns solos poderiam limitar a produção da cultura por causa da sua alta extração ao longo dos cortes (CAMARGO, 2011).

O ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), principal forma de absorção de Si pela cana, depois de absorvido, é depositado principalmente nas paredes das células da epiderme, contribuindo substancialmente para fortalecer a estrutura da planta e aumentar a resistência ao acamamento e ao ataque de pragas e doenças, além de reduzir a transpiração (TUBANA; HECKMAN, 2015).

Teores de Si nas folhas podem variar de acordo com as variedades de cana-de-açúcar. Segundo Kordörfer al. (2000), os teores encontrados para as variedades RB72454, SP79-1011 e SP71-6163 foram de 0,76%; 1,04% e 1,14% de Si, respectivamente. Portanto, acredita-se que um estudo direcionado para a identificação de variedades responsivas (com altos teores foliares de Si) poderá aumentar a resistência da cana-de-açúcar ao tombamento (acamamento), e com isso facilitar a colheita mecanizada. Possibilita ainda, o direcionamento dos programas de melhoramento genético para a seleção de materiais promissores, a fim de gerar clones com estreita relação entre os elevados teores de Si nas folhas e a tolerância à seca.

Portanto, o objetivo geral com o presente trabalho foi avaliar os caracteres morfológicos (altura, comprimento de arco foliar e ângulo de inserção da folha +1), biomassa fresca e seca da cana-de-açúcar com aplicação de silicato de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). No primeiro experimento, objetivou-se avaliar o desempenho de 10 variedades de cana-de-açúcar em solos corrigidos com silicatos de Ca e Mg e calcário. No segundo, objetivou-se avaliar os mesmos caracteres na variedade IAC91-1099 quando submetida a doses de necessidade de calagem (NC) com uso de silicato de Ca e Mg. E por fim, no terceiro, objetivou-se avaliar os mesmos caracteres e variedade na interação dos corretivos de solo com fósforo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura da cana-de-açúcar e nutrição com silício

O Brasil destaca-se no âmbito mundial da produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), pois é o maior produtor mundial da cultura. Em números, o Brasil produziu na safra 2019/20 mais de 642,7 milhões de toneladas de colmo e isso representou um aumento de 3,6% na produtividade em relação à 2018/19, mesmo com a queda de área plantada na ordem de 1,7% (CONAB, 2020).

A cultura se destaca por ser uma matéria prima de grande flexibilidade na indústria sucroenergética, pois se destina à produção de etanol, destilados e geração de energia elétrica a partir do bagaço, coproduto gerado na produção dos produtos principais da cultura. O destaque sustentável da cultura é ainda maior, pois se aproveita tudo como: torta, méis e resíduos de colheita (UNICA, 2006).

Um canavial para ser sustentável necessita de planejamento adequado frente às características edafoclimáticas da região cultivada. As condições de solo influenciam sobremaneira na produtividade da cultura e o manejo correto permite que o canavial apresente sustentabilidade ao longo dos cortes feitos a cada ano. E, embora a cana-de-açúcar apresente certa tolerância a pH ácido, o uso adequado de corretivos e fertilizantes, garante maior produtividade, pois permite que áreas menores obtenham grandes produtividades (ROSSETO et al, 2005).

A extração de nutrientes pela cana-de-açúcar para uma produção média esperada de 100 t ha<sup>-1</sup> de colmos é na média de 143 kg de N, 43 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 210 kg K<sub>2</sub>O, 87 kg Ca, 49 g de Mg e 44 kg S. Para micronutrientes são necessários 7,3 g de Fe, 2,5 g de Mn, 592 g de zinco Zn, 339 g de Cu e 235 g de B (ORLANDO FILHO, 1993). Todo cálculo acerca da quantidade de nutrientes a ser aplicado varia com variedades, tipo de solo, disponibilidade nutricional anterior ao plantio e deve sempre atentar-se à sustentabilidade econômica e ambiental nas recomendações de adubação da cultura, baseando-se em amostragem de solo (ROSSETO et al, 2005).

O Silício embora seja um elemento benéfico, tem relevância na cana de açúcar que possui uma enorme capacidade de acúmulo de silício (Si). Segundo Samuels (1969) e Ross et al. (1974), um canavial com até 12 meses de idade pode acumular somente na parte aérea até 370 kg ha<sup>-1</sup> de silício e esse acúmulo pode ser ainda maior de acordo com a produtividade esperada.

A característica da cana-de-açúcar em absorver e acumular silício notadamente influencia na resistência da cultura ao ataque de pragas. Pragas de importância econômica como broca do colmo *Eldana saccharina* na África do Sul, e Broca da cana *Diatraea saccharalis*, causaram menores danos à cultura em solos com maiores teores de silício. (ELAWAD et al., 1982; KEEPING; MEYER, 2003).

Em trabalhos de pesquisa no Oeste do Estado de São Paulo, trabalhando com seis variedades (RB855536, RB855036, RB855035, SP81-3250, RB845486 e RB855035) que são variedades de destaque em relação a períodos de estiagem, as variedades RB845486 e RB855035 foram as que tiveram maior absorção de Si e coincidentemente maiores produtividades (ROSSETO et al., 2005),

Portanto, estudar o efeito do silício na cultura da cana-de-açúcar se faz importante a fim se entender como este elemento, embora benéfico e não essencial, influencia no desenvolvimento da cultura e quais são os resultados obtidos com o uso do corretivo.

## **2.2 O SILÍCIO**

### **2.2.1 Silício no solo**

O silício (Si) representa 28,8% do peso que compõe a superfície terrestre e pode variar a ocorrência nos solos entre 0,52 e 47%. Com isso, é possível notar solos com baixa e alta abundância de Si. Notadamente em Argissolos e Latossolos, predominam solos mais pobres em Si, devido ao processo de intemperização e Organossolos pelo alto teor de matéria orgânica e baixos níveis de minerais. Solos arenosos e/ou de uso intensivo também apresentam teores baixos de Si no solo, o que diminui ainda mais a disponibilidade de nutriente nesses ambientes (KORNDÖRFER, 2006).

No solo, o Si se encontra na forma solúvel, no qual é aproveitado pelas plantas, sendo a forma de Ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ); polimerizado, de baixo aproveitamento pelas plantas; precipitado ou adsorvido pelos óxidos de Fe, Al e Mn (MCKEAGUE; CLINE, 1963); e a forma cristalina, praticamente indisponível (KORNDÖRFER et al., 2005).

O ácido monossilícico no solo é oriundo de diversas fontes dentre as quais: fertilizantes silicatados, dissociação da fração argila do solo (óxidos de Fe e Al), dissolução de minerais cristalinos, não cristalinos e água. As principais fontes de perdas de Si no solo são a lixiviação, adsorção entre óxidos e hidróxidos de Fe e Al, absorção pelas plantas e precipitação (KORNDÖRFER et al., 2005).

Além das fontes de perdas citadas anteriormente, segundo Birlkland, (1974) a perda de Si é mais pronunciada pela erosão, intemperismo e/ou lixiviação, o que indica estreita relação com a média anual de chuvas local.

O ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) apresenta carga nula e é a única forma que a planta absorve. Quando absorvido é depositado nos tecidos da planta na forma de sílica. Há além dessa forma complexos formados com o silício que através da ligação que faz com as partículas do solo, melhoram sua capacidade de agregação e de retenção de água, particularmente em solos de textura leve (NORTON, 1984).

Além dos efeitos supracitados, o Si é capaz de alterar dinâmica de vários elementos, devido à sua alta capacidade de adsorção no solo, influenciando diretamente na disponibilidade de alguns nutrientes (TUBANA; HECKMAN, 2015).

No Brasil, o Si está incluído na Legislação para produção de Comercialização de Fertilizantes e Corretivos como micronutriente benéfico para plantas e, portanto, pode ser comercializado isoladamente ou em mistura com outros nutrientes (KORNDÖRFER et al., 2011).

### **2.2.2 Silício nas plantas**

O ácido monossilícico é após absorvido pelas plantas na forma neutra, via xilema, por processo ativo ou passivo, é acumulado na parede das células epidérmicas contribuindo substancialmente para o fortalecimento destas células e aumentando a resistência ao acamamento, ataque de pragas e doenças além de diminuir a transpiração (KORNDÖRFER et al., 2011).

De acordo com Silveira Junior et al. (2003), devido a este acúmulo nas plantas pode haver um incremento na produtividade pois há redução da transpiração e melhoria da estrutura da planta. Acredita-se que com isso, a cultura da cana pode ter mais resiliência perante às adversidades climáticas.

De acordo com Schmidt et al. (1999), o aumento do conteúdo de clorofila também foi observado em gramados sobre condições de baixa umidade e segundo os mesmos autores esses efeitos podem estar associados à aplicação de Si.

Foi observado ainda que além dos efeitos protetores causados pelo acúmulo do elemento na planta, levando-as a serem mais resistentes a efeitos abióticos, doenças importantes tiveram efeito danoso suprimido em função da aplicação de Si (KORNDÖRFER et al., 2011). Isso se deve ao fato de que com o acúmulo do silício leva à formação e uma

dupla camada cutícula-sílica devido à deposição e polimerização do ácido monossilícico abaixo da cutícula (YOSHIDA, 1965).

Portanto, diante dos efeitos positivos do Si em plantas, por estarem envolvidos em processos importantes das mesmas e tendo a cana-de-açúcar destaque na economia brasileira, se faz importante abordar quais são esses efeitos na cultura (KORNDÖRFER et al., 2011)

### **2.2.3 Silicatagem em cana-de-açúcar**

Dentre as 10 principais culturas produzidas no mundo, sete são grandes acumuladoras de silício, que inclui: milho, arroz, beterraba sacarina, trigo e cana-de-açúcar (Guntzer et al. 2012). Outros autores como Korndörfer e Datnoff (1995), concordam que a cana de açúcar é grande acumuladora de silício, devido à amostra com teor de até 6,7% nos colmos e folhas velhas. Embora não seja considerado um nutriente essencial, o Si é o elemento mais assimilado pela cana-de-açúcar, seguido por Nitrogênio, Potássio, Cálcio e Magnésio (DATNOFF et al., 2001; CAMARGO, 2011).

Segundo Samuels (1969), quanto à comparação de quantidade, o acúmulo de silício pode chegar até 380 kg ha<sup>-1</sup>, ao passo que N, P e K atingem 140 kg ha<sup>-1</sup>, 20 kg ha<sup>-1</sup> e 180 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, com até um ano de cultivo. Segundo Camargo (2016), em comparação com nove variedades, a IAC91 – 1099 mostrou a maior absorção de Si e depósito do nutriente nas folhas e colmos ao final de três cortes, o que comprova que a variabilidade genética das variedades pode influenciar nos teores de acúmulo de Si e desenvolvimento dos genótipos.

O autor Samuels (1969) ainda sugere que o acúmulo de Si é devido ao nutriente ter uma função fisiológica e morfológica juntamente ao efeito benéfico em relação à estresses bióticos e abióticos como citado no tópico anterior. Pois de acordo com Rodrigues et al., (2004) o Si pode ativar genes relacionados com a produção de mecanismos de defesa da planta.

Camargo (2014) em seu artigo afirma que o efeito do silício promove melhor rendimento da cultura (açúcar superior, rendimento de colmos e biomassa seca acima do solo) após déficit hídrico precoce e tardio em comparação com sua ausência para as cultivares RB86-7515 (tolerante à seca) e RB85-5536 (sensível à seca).

Como há uma grande variabilidade nos solos em relação à teores de Si na superfície terrestre, autores como Camargo, (2011) e Savant et al. (1999), levando em conta a alta extração do nutriente pela cana-de-açúcar, abordam que solos com baixo teor de Si podem

limitar a produtividade da cultura devido ao grau de absorção do Si em relação a K, N e P, os principais macronutrientes.

Kordörfer e Lepsch (2001) em trabalhos com testes de produtividade, afirmaram que houve incremento de produtividade na cultura, com variação de 11 a 16% em cana planta e 11 a 20% em cana soca. Portanto, realizar a adubação silicatada no sistema de produção da cultura, pode promover ao longo dos cortes mais resiliência da cultura ao longo do ciclo de cortes.

#### **2.2.4 A interação entre silício e fósforo nos solos**

Estudos têm apontado algumas interações importantes entre o fósforo e silício. Existem alguns aspectos comuns envolvidos na dinâmica desses dois elementos no solo, pois foi observado que fosfato e silicato são adsorvidos pelos óxidos de ferro e de alumínio da fração argila, podendo silicato deslocar fosfato previamente adsorvido ou vice versa, das superfícies oxídicas e com isso aumentar a disponibilidade de P no solo (CARVALHO et al. 2001; LEITE, 1997; OLIVEIRA, 1984).

Por ocupar os mesmos sítios de adsorção na fração argila, a utilização de corretivos silicatados se faz importante, pois promove melhoria na disponibilidade do fósforo para as plantas (ROY et al., 1971; TISDALE et al., 1985; CARVALHO et al. 2001). Isso se faz importante, pois devido à alta fixação do fósforo no solo, a eficiência do uso do nutriente pela cultura é baixa, estando na ordem de 10 a 15% de eficiência do nutriente aplicado no solo. (ROSSETO et al 2005).

Em várias partes do mundo, é comum a aplicação de silicato na forma de escórias antes da fosfatagem, visando entre outros benefícios corrigir a acidez do solo e promover a competição entre fósforo e silício com o intuito de melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas (ROY et al., 1971; TISDALE et al., 1985; CARVALHO et al. 2001).

Partindo do pressuposto que a aplicação do silicato pode resultar em diminuição do efeito da fixação de fósforo e com isso aumentar a disponibilidade de fósforo no solo para as culturas, foi conduzido o experimento utilizando a variedade IAC91 – 1099 para avaliar se há efeito benéfico da adubação fosfatada e correção com silicato de cálcio.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

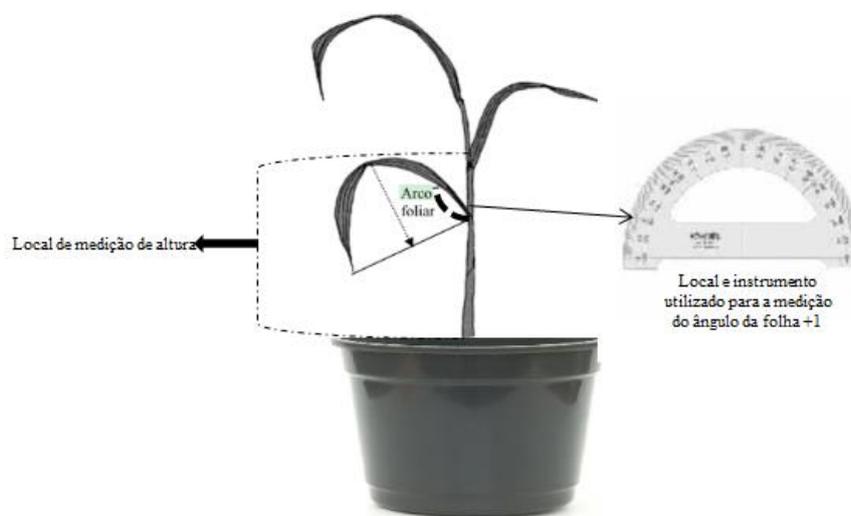
#### 3.1. Local, tempo de condução, ferramentas utilizadas para medir os caracteres avaliados nos experimentos e análises estatísticas.

O estudo foi realizado no setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura (DAG), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras, mesorregião Campo das Vertentes, Minas Gerais. O tempo total de condução dos três experimentos foi de 150 dias.

Nos primeiros 30 dias do trabalho foi feito a incubação dos vasos. Para a obtenção das plantas a serem usadas nos experimentos, com auxílio de uma guilhotina, foram seccionados colmos em mini toletes de 5 cm contendo uma gema lateral. Foram plantados inicialmente três mini toletes diretamente em vasos de 10L e após 30 dias mantido apenas uma planta por vaso, descartando 2 plantas menos vigorosas.

Após 120 dias de plantio, os caracteres avaliados foram biomassa fresca e seca (g) da parte aérea, altura (cm), comprimento de arco foliar (cm) e ângulo de inserção da folha +1 (graus °). Para avaliação da massa fresca e seca, foi retirada somente a parte aérea da planta e utilizada balança de precisão. A massa seca foi pesada apenas após ficar 72h em estufa à 65°C e atingir massa constante. A medição de altura e arco foliar foi medido com fita métrica com base na folha +1 (Figura 1). Para aferição do ângulo usou-se transferidor de 180° com base na ms da folha +1.

**Figura 1:** Esquema de medição dos caracteres morfológicos



Fonte: Adaptado de ZANÃO JÚNIOR, 2007.

No presente trabalho, o produto utilizado para a pesquisa foi Silicato de Cálcio e Magnésio da empresa SiliFértil.

Após mensurar os caracteres morfológicos, os resultados foram avaliados pelo teste Scott-Knott, com significância a 5% para análises estatísticas. Todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa Sisvar®.

### 3.2. Experimento com variedades

Para o experimento, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), conduzido em casa de vegetação, em fatorial  $2 \times 10$ , com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu aos corretivos: calcário ou silicato de Ca e Mg; o segundo, a dez variedades de cana-de-açúcar.

Inicialmente foram aplicados ao solo, os carbonatos de cálcio e magnésio (controle sem Si); e o silicato de cálcio e magnésio (SILIFÉRTIL), com o intuito de elevar a saturação de bases a 70%. Depois o solo foi homogeneizado e incubado por trinta dias (Figura 2).

**Figura 2.** Preparo e incubação dos vasos; adubação de base e plantio dos minitoletes.



Fonte: Do autor, 2021.

Após esse período foram coletados na Fazenda Experimental da UFLA, colmos das variedades: CTC9001, CV7870, RB966928, CTC9003, IAC91-1099, RB867515, RB92579, CTC4, IM76-228 e IACSP95-5000 e feito o plantio e análise estatística descrito no item 3.1.

### 3.3. Experimento com doses de silicato de Ca e Mg

Para o experimento com doses de silicato de Ca e Mg, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em casa de vegetação e as doses de silício ficaram como: 0

NC (controle apenas carbonato de cálcio visando a correção do solo e o aporte de Ca);  $1 \times$  NC;  $2 \times$  NC;  $3 \times$  NC;  $4 \times$  NC; e  $5 \times$  NC, sendo equivalentes a, respectivamente, de: 4,8g; 9,6 g; 14,4 g; 19,2 g; 24 g de silicato de cálcio e magnésio (SILIFÉRTIL), com o intuito de elevar a saturação de bases a 70% (formula de NC – necessidade de calagem do Estado de SP), Depois o solo foi homogeneizado e incubado por trinta dias (Figura 2). Após esse período foi utilizado a variedade IAC91-1099, sendo o plantio e análise estatística descrito no item 3.1.

### **3.4 Experimento de interação entre fósforo e silício**

Neste experimento foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado, conduzido em casa de vegetação, em fatorial  $2 \times 2$ , com 4 repetições, em vasos com 10 L. O primeiro fator foi com os carbonatos de cálcio e magnésio (controle sem Si); e o silicato de cálcio e magnésio, com o intuito de elevar a saturação de bases a 70%. O segundo fator foi com ou sem fósforo, totalizando-se 16 unidades experimentais. Depois o solo foi homogeneizado e incubado por trinta dias (Figura 2). Após esse período foi utilizado a variedade IAC91-1099 e o plantio e análise estatística descrito no item 3.1.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento com variedades

Após 120 dias de plantio, foram avaliados biomassa fresca e seca, altura, comprimento de arco foliar e ângulo de inserção da folha +1 das 10 variedades adotadas, e os dados se encontram na tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de biomassa fresca e seca (g), ângulo de inserção da folha +1 (graus), arco (cm) e altura (cm) após 120 dias após o plantio.

Variedade	Biomassa fresca (g)	Biomassa seca (g)	Ângulo da folha +1 (°)	Arco da folha +1(cm)	Altura (cm)
CTC9001	146,88 a	39,38 a	30,63 a	87,88 b	49,38 a
CV7870	130,00 a	36,88 a	33,75 a	113,75 a	40,56 b
RB966928	160,63 a	47,50 a	33,13 a	87,00 b	38,00 b
CTC9003	159,38 a	42,50 a	39,38 a	87,88 b	35,81 b
IAC91-1099	134,38 a	38,13 a	33,75 a	87,50 b	35,81 b
RB867515	106,88 b	35,63 b	34,38 a	80,25 b	35,63 b
RB92579	150,00 a	42,50 a	35,00 a	81,38 b	34,75 b
CTC4	112,50 b	30,00 b	31,88 a	75,00 b	34,69 b
IM76-228	75,00 c	27,50 b	30,63 a	56,75 c	33,25 b
IACSP95-5000	113,13 b	32,50 b	40,00 a	69,25 c	24,01 b
Silício	125,25 a	36,13 a	33,76 a	80,95 a	36,20 a
Calcário	132,50 a	38,38 a	35,13 a	84,38 a	36,18 a
Média Geral	128,88	37,25	34,25	82,66	36,19
C.V. (%)	24,91	21,90	26,77	19,98	26,56

Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a nível de 5% de significância.

De acordo com os dados da análise de variância, a respeito da interação entre variedades e corretivos, não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. De forma isolada, para os caracteres avaliados, houve diferença significativa quanto à biomassa fresca e seca, em que as variedades RB966928, CTC9001, RB92579, IAC91-1099, CTC9003 e CV7870 ocuparam as maiores médias. No quesito ângulo de inserção, não houve diferenças significativas entre as variedades. Em se tratando de comprimento de arco foliar, a variedade CV7870, foi a que mais se destacou.

No parâmetro altura a variedade CTC 9001 teve o maior valor significativo. Esta variedade é precoce e adaptada à ambientes restritivos (CTC, 2018). Pelo trabalho ter sido desenvolvido em ambiente de fatores controláveis, a característica de rápido desenvolvimento proporcionou essa diferença na altura entre as variedades.

Assim, de forma geral as diferenças morfológicas que foram significativas em relação às variedades, são decorrentes da variabilidade genotípica das mesmas, pois segundo Camargo (2016), a variabilidade genética das variedades pode influenciar nos teores de acúmulo de Si.

#### 4.2 Experimento com doses de silicato de Ca e Mg

Após 120 dias de plantio, foram avaliadas biomassa fresca e seca, altura, comprimento de arco foliar e ângulo de inserção da folha +1 dessa variedade. Os dados se encontram na tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios de biomassa fresca e seca (kg), ângulo de inserção da folha +1 (graus), arco (cm) e altura (cm) após 120 dias após o plantio.

Doses de Silicato de Ca e Mg (g)	Biomassa fresca (g)	Biomassa seca (g)	Ângulo da folha +1 (°)	Arco (cm)	Altura (cm)
0	125 c	33,25 c	28,33 b	88,66 a	37,17 a
4,8	120 c	35,00 c	28,75 b	79,75 a	28,88 b
9,6	160 b	40,00 b	41,25 a	77,00 a	33,63 a
14,4	180 a	46,67 a	31,25 b	86,00 a	33,88 a
19,2	183 a	46,67 a	32,50 b	84,50 a	30,88 b
24,0	160 b	43,75 a	41,25 a	81,00 a	33,00 a
Média Geral	154	41,00	33,89	82,82	32,90
C.V. (%)	9,35	7,49	21,62	8,83	8,49

Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a nível de 5% de significância.

De acordo com os resultados da ANAVA, houve diferença significativa entre os tratamentos para biomassa fresca, onde as doses 14,4 g e 19,2 g tiveram as maiores médias. Para massa seca, as doses 14,4 g; 19,2 g e 24,0 g; foram as de maior valor significativo.

Houve diferenças significativas para as médias de ângulo de inserção da folha +1 para as doses 9,6 g e 24 g por vaso. Para o caractere altura a somente a dose de 4,8g se diferenciou das demais, sendo o menor valor significativo.

Com os dados analisados neste experimento e as diferenças significativas, a dose de 14,4 g é a dosagem que mostrou maior viabilidade no experimento, pois o valor de biomassa fresca e seca não se diferenciou estatisticamente das doses 19,2g e 24,0g.

Por isso, as diferenças de massa nessas doses foram em função da variabilidade de absorção dentro da mesma variedade, no caso a IAC91 – 1099 (CAMARGO, 2016).

### 4.3 Experimento de interação entre fósforo e silício

Após 120 dias de plantio, foram avaliados biomassa fresca e seca, altura, comprimento de arco foliar e ângulo de inserção da folha +1 dos tratamentos. Os dados dos tratamentos isolados encontram na tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios de biomassa fresca e seca (kg), ângulo de inserção da folha +1 (graus), arco (cm) e altura (cm) após 120 dias após o plantio.

Tratamento	Biomassa fresca (g)	Biomassa seca (g)	Ângulo da folha +1 (°)	Arco (cm)	Altura (cm)
Com P	78,75 a	26,25 a	24,63 a	78,25 a	31,94 a
Sem P	35,00 b	18,13 b	26,25 a	63,38 b	23,56 b
Silício	56,88 a	21,88 a	26,88 a	73,63 a	27,50 a
Calcário	56,88 a	22,50 a	24,00 a	68,00 a	28,00 a
Média Geral	56,88	22,19	25,44	70,81	27,50
C.V. (%)	14,91	11,73	15,30	11,76	7,64

Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a nível de 5% de significância.

De acordo com os resultados da ANAVA, ( $p < 0,05$ ), não houve diferença significativa nos fatores fósforo e também na interação destes com corretivos. Porém, analisando de forma isolada o fator com e sem fósforo, os aspectos morfológicos massa fresca, massa seca, altura e comprimento de arco foliar mostraram diferenças significativas na presença de fósforo.

Os resultados denotam que é altamente importante a aplicação de fósforo, visto que a presença deste nutriente proporciona melhor desenvolvimento da cultura (AMTMANN et al., 2006).

Todavia, a não interação entre os fatores corretivos e com o fator fósforo, pode estar relacionado pela dinâmica de fosfato previamente adsorvido nas cargas de argila e a liberação do nutriente para absorção da planta, no solo utilizado para o experimento. Neste caso, não se pode descartar também o papel nutricional do elemento, mascarando ou confundindo-se na planta com os benefícios do P dessorvido do solo pelo Si (CARVALHO et al., 2001).

## 5 CONCLUSÕES

No primeiro experimento onde foi avaliado variedades submetidas à correção com silicato de Ca e Mg, não houve diferenças significativas que comprovem a eficácia em relação ao calcário, durante o tempo avaliado do experimento.

Para o segundo experimento, as maiores doses de silicato de Ca e Mg (14,4 g; 19,2 g; 24 g) favoreceram o incremento de massa fresca e seca.

Por fim, a utilização dos corretivos de solo (calcário e silicato) em associação a adubação com fósforo não proporcionaram aumento de biomassa e alterações nos caracteres morfológicos. Apenas com aplicação de fósforo houve incremento nos caracteres avaliados.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMTMANN, A.; HAMMOND, J. P.; ARMENGAUD, P.; WHITE, P. J. **Nutrient sensing and signaling in plants: potassium and phosphorus**. Advances in Botanical Research, New York, v. 43, p. 209-256, 2006.
- BIRKLAND, P.W. **Pedology, weathering and geomorphological research**. Nova Iorque, xford University Press. 1974.
- CAMARGO, M. S. de.; KORNDORFER, G. H.; FOLTRAN, D. E.; HENRIQUE, C.M.; ROSSETTO, R. **Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar**. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 4, p. 937944, 2010.
- CAMARGO, M. S. de; KORNDORFER, G. H.; WYLER, P. **Silicate fertilization of sugarcane cultivated in tropical soils**. Field Crops Research, Amsterdam, v. 167, p. 6475, 2014.
- CAMARGO, MS de. **Silício em cana-de-açúcar**. Pesquisa & Tecnologia, Campinas, v. 8, n. 88, 2011.
- CARVALHO, R.; FURTINI NETO A. E.; SANTOS, C. D. dos; FERNANDES, L. A.; CURTI, N.; RODRIGUES, D. de C. Interações silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 557-565, mar. 2001.
- CAMARGO, M., S. **Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas**. Informações Agronômicas Nº 155 – Setembro/2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/309465267\\_Efeito\\_do\\_silicio\\_na\\_tolerancia\\_das\\_plantas\\_aos\\_estresses\\_bioticos\\_e\\_abioticos](https://www.researchgate.net/publication/309465267_Efeito_do_silicio_na_tolerancia_das_plantas_aos_estresses_bioticos_e_abioticos). Acesso em: 16 de abr. de 2021.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar**. V7- Safra 2020-2021- Terceiro levantamento. Publicado em: dezembro de 2020. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/34870\\_e1c52a336b53ca05c29824831da3c9e9](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/34870_e1c52a336b53ca05c29824831da3c9e9) Acesso em: 16 de abr. de 2021.
- CTC. **Bula de VARIEDADES - EDIÇÃO JULHO 2018**. Disponível em: <https://ctc.com.br/produtos/wp-content/uploads/2018/09/Bula-CTC9001.pdf> Acesso em : 16 de abr. de 2021.
- DATNOFF, L. E., SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 403p.
- ELAWAD, S. H.; GASCHO, G. J.; STREET, J. J. **Response of sugarcane to silicate source and rate**. I: Growth and yield. Agronomy Journal, v. 74, p. 481-484, 1982.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GUNTZER, F.; KELLER, G.; MEUNIER, J. **Benefits of plant silicon for crops: a review**. Agronomy for sustainable development, Paris, v. 32, p. 201-213, 2012.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. **Effect of four sources of silicon on resistance of sugarcane varieties to *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae)**. Proceeding of the South African Sugar Technologists' Association, v. 77, p. 99-103, 2003.

KORNDÖRFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDE S, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz**. Informações Agronômicas, Piracicaba, v.70, p.1-5, 1995.

KORNDÖRFER, G.,H., RODRIGUES, F., A.; OLIVEIRA, L., A.; KORNDÖRFER, A., P.; **Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas**. Informações Agronômicas N° 134 – Junho/2011. Disponível em:[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/\\$FILE/Page14-20-134.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/$FILE/Page14-20-134.pdf). Acesso em: 16 de abr. de 2021.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Uso do silício na agricultura**. Boletim técnico N° 2 (3ª edição), Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, 2005, 25p

KORNDÖRFER, G;H.; LEPSCH,I. **Effect of silicone on plant growth and yield**. In. DATNOFF,L. E.; KORNDÖRFER,H.K.; SNYDER, G.H.(COORD.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 133-147.

LEITE, P. C. **Interação silício-fósforo em Latossolo-Roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação**. 1997. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

McKEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. **Silica in soil solution. II The adsorption of monosilic acid by soil by other substances**. Can. J. Soil Sci., 43:83-95, 1963

NORTON, L. D. **Micromorphology of silica cementation in soils**. In: RINGROSE-VOASE, A. J.; HUMPHREYS, G. S. (Eds.). **Soil micromorphology: studies in management and genesis**. De Soil Sci, S. I., v. 22, v. 811-824, 1984.

OLIVEIRA, M. G. A. **Determinação adsorção e deslocamento recíproco de silício e fósforo em Latossolos do Triângulo Mineiro**. 1984. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana de açúcar. In: CÂMARA, G. M. S; OLIVEIRA, E. A. M. (Eds). **Produção de cana de açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 133-146.

**phosphate solubility and availability in Hawaiian latossols**. In: SYMPOSIUM ON ROSS, L.; NABABSING, P. CHEONG, Y. W. Y. Residual effect calcium silicate applied to sugarcane soils. In: **Proceedings of International Society of Sugar Cane Technologists Congress**. 15, Durban, 1974. Proc., v.2, p. 539 - 542, 1974.

ROSSETTO, R. et al. **Silicon content in different sugarcane varieties**. In: III Silicon in agriculture conference. Uberlândia, UFU, 151p. 2005.,

ROY, A. C.; ALI, M. V.; FOX, R. L.; SILVA, J. A. **Influence of calcium silicate on**

SAMUELS, G. **Silicon and Sugar**. Sugar y Azucar, Engliword, v. 65, p. 25 - 29. 1969. Delhi: University of Hawaii, 1971. p. 756-765 SOIL FERTILITY AND EVALUATION, 1971

SAVANT, N. K., KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Silicon nutrition and sugarcane production: A review**. Journal of Plant Nutrition, Nova Iorque, v. 12, n.22, p. 1853 - 1903. 1999.

SCHMIDT, R. E.; ZHANG, X.; CHALMERS, D. R. **Response of photosynthesis and superoxide dismutase to silica applied to creeping bentgrass grown under two fertility levels**. Journal of Plant Nutrition, v. 22, p. 1763-1773, 1999.

SILVEIRA JUNIOR, E. G.; PENATTI, C.; KORNDÖRFER, G. H.; CAMARGO, M. S. **Silicato de cálcio e calcário na produção e qualidade da cana-de-açúcar – Usina Catanduva**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2003. p. 66.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, D. J. **Soil fertility and fertilizers**.

TUBANA, B. S.; HECKMAN, J. R. **Silicon in Soils and Plants**. In: RODRIGUES, F.

UNICA - UNIAO AGROINDUSTRIA CANAVIEIRA DE SAO PAULO. Estatísticas. São Paulo: União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, 2006. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br/acao/canajsp>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

YOSHIDA, S. **Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant**. Bulletin of the National Institute of Agricultural Science, v. 15, p. 1-58, 1965.

ZANÃO JÚNIOR, Luiz Antônio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Resistência do arroz à mancha-parda mediada por silício e manganês**. Orientador: Renildes Lúcio Ferreira Fontes. Co-Orientadores: Júlio César Lima Neves e Fabrício de Ávila Rodrigues.

Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5547/1/texto%20completo.pdf>  
Acesso em :02/04/2021

ZUCCARINI, P. **Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress**. Biologia Plantarum, v. 52, n. 1, p. 157-160, 2008.