

Campus
Sudeste
UnU - Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



ESTADO
DE GOIÁS



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

ADUBAÇÃO COM SILÍCIO NA CULTURA DO GRÃO-DE-BICO

ALANA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2021**

ALANA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA

ADUBAÇÃO COM SILÍCIO NA CULTURA DO GRÃO-DE-BICO

Orientador: Prof. Dr. Adilson Pelá

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRA.

Ipameri-GO
2021

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C C837 CRISTINA RODRIGUES DA COSTA, ALANA
a ADUBAÇÃO COM SILÍCIO NA CULTURA DO GRÃO-DE-BICO /
ALANA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA; orientador ADILSON
PELÁ. -- IPAMERI, 2021.
 49 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de
Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2021.

1. Grão-de-bico. 2. Adubação com silício. 3.
Sclerotium rolfsii. I. PELÁ, ADILSON, orient. II.
Título.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “ADUBAÇÃO COM SILÍCIO NA CULTURA DO GRÃO-DE-BICO (*cicer arietinum* L.)”

AUTOR(A): Alana Cristina Rodrigues da Costa

ORIENTADOR(A): Adilson Pelá

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:

Prof. Dr. Adilson Pelá (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Prof. Dr. Nei Peixoto
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri-GO

Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Instituto Federal Goiano/Campus Urutai

Registro de Declaração

Número: 117

Livro: R-01 Folhas: 2A

Data: 26/03/2021

Data da realização: 26 de março de 2021



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por sempre me dar forças para continuar, mesmo quando o caminho torna-se difícil.

À minha mãe Edileuza Rodrigues, por sempre ter acreditado em mim, e me ajudado em todos os momentos que eu precisei, principalmente durante as análises do projeto.

Ao meu pai Cleber Pereira por ter dado exemplos, onde não se consegue nada sem esforço e dedicação ao trabalho.

Ao meu irmão João Cleber Rodrigues por sempre estar junto a mim, nos momentos de alegria ou tristeza.

A todos os meus amigos, em especial aos da turma de mestrado em Produção Vegetal, por ter me deixado tantas lembranças boas, por terem contribuído para o meu crescimento.

Aos professores do curso, por ter passado seus conhecimentos, ajudando-me a obter novos aprendizados. Além de terem contribuído com informações e produtos para que fosse possível a realização deste trabalho.

Em especial aos meu orientador Adilson Pelá, que em plena pandemia de COVID-19 me ajudou muito nas análises de silício e nas dúvidas sobre a dissertação... o meu muito obrigada!

Aos meus amigos do mestrado Westefann Sousa e Thiago Campos que fizeram os dias mais felizes em Ipameri e sempre me ajudaram nos momentos turbulentos.

Às minhas amigas Amanda Tavares e Mariana Nascimento que foram minhas conselheiras sobre as dúvidas de escrever a dissertação.

A todos os profissionais da UEG, que sempre estiveram à disposição para ajudar no que fosse necessário.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vi
ABSTRACT GERAL	vii
INTRODUÇÃO GERAL	8
CAPÍTULO I: TEORES DE SILÍCIO NA PLANTA E PRODUTIVIDADE NA CULTURA DE GRÃO-DE-BICO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Local do experimento	17
3.2. Cultivar utilizada	17
3.3. Delineamento experimental	17
3.4. Condução do experimento	17
3.5. Variáveis analisadas	18
3.6. Procedimentos estatísticos	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO II: SILÍCIO NO CONTROLE DE MURCHA DE ESCLERÓCIO (<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc) NA CULTURA DE GRÃO-DE-BICO (<i>Cicer arietinum</i> L.)	27
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. OBJETIVO	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Local do Experimento	33

3.2. Cultivar utilizada	33
3.3. Tratamentos e delineamento experimental.....	33
3.4. Condução do experimento.....	33
3.5. Variáveis analisadas	35
3.6. Procedimentos estatísticos.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Incidência de <i>Sclerotium rolfsii</i>	41
5. CONCLUSÕES.....	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

RESUMO GERAL

Fonte de proteínas, fibras e ferro, o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) destaca-se no cenário mundial por sua relevância econômica, social e versatilidade. Para o bom desenvolvimento da planta, a nutrição é um dos fatores que mais influenciam. Estudos têm demonstrado que o silício está envolvido em diversos aspectos estruturais, bioquímicos e fisiológicos na vida das plantas, promovendo melhorias no metabolismo, ativando genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa. A alta produção de grãos e o manejo inadequado na condução das culturas vêm ocasionando altas incidências de fungos de solo, estes que podem ficar presente nos solos por anos. Entre os patógenos de solo que mais causam danos à cultura do grão-de-bico, pode ser citado a murcha de esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc). Assim, neste trabalho o primeiro experimento teve por objetivo avaliar a produtividade de biomassa e os teores de silício na planta em função de diferentes doses de Si aplicadas na adubação de base na cultura de grão-de-bico. Foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, em ambiente protegido. A cultivar utilizada foi a BRS Cícero e o delineamento foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e quatro repetições. As análises realizadas foram: altura de plantas, comprimento de raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e teor de silício na biomassa. Pode-se concluir que a adubação com silício influenciou na altura de plantas. Maiores teores foram encontrados nas raízes do grão-de-bico que na parte aérea. A melhor dose de Si para acúmulo nas folhas foi de 96 kg ha⁻¹. O segundo experimento teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de silício na produtividade da cultura de grão-de-bico e na resistência ao patógeno *S. rolfsii*. A pesquisa foi conduzida em Pires do Rio – Goiás, com coordenadas geográficas 17°17'33" S 48°16'19" W, possui aproximadamente 755 m de altitude. O cultivar utilizado de grão-de-bico foi o BRS Cícero. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e oito repetições. Realizou-se a inoculação nas plantas quando estas estavam com 20 dias após a emergência, inoculou-se pedaços de micélio em três pontos nas folhas. As variáveis analisadas foram: índice relativo de clorofila, altura de plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta, área foliar e biomassa. Foi avaliado o teor silício nas folhas e hastes e a severidade da doença. O silício influenciou positivamente no índice de área foliar e os teores de silício nas hastes e folhas. Nas hastes a melhor dose foi a de 122 kg ha⁻¹ e para acúmulo nas folhas foi a dose de 139 kg há⁻¹, não foi verificado o desenvolvimento da murcha de esclerócio, independentemente do uso ou não da adubação silicatada.

Palavras-chave: *Cicer arietinum*; Silício; *Sclerotium rolfsii*.

GENERAL ABSTRACT

A source of protein, fiber, and iron, chickpeas (*Cicer arietinum* L.) stand out in the world scenario for their economic and social relevance, and versatility. For the good development of the plant, nutrition is one of the most influential factors. Studies have shown that silicon is involved in several structural, biochemical and physiological aspects in plant life, promoting improvements in metabolism, activating genes involved in the production of phenols and enzymes related to defense mechanisms. The high grain production and the inadequate management of crops have caused high incidences of soil fungi, which can remain present in the soil for years. Among the soil pathogens that cause most damage to chickpea culture, it can be mentioned the sclerotial wilt (*Sclerotium rolfsii* Sacc). Thus, in this work, the first experiment aimed to evaluate biomass yield and silicon content in the plant as a function of different doses of Si applied as a base dressing in chickpea culture. It was conducted at the Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, in a protected environment. The cultivar used was BRS Cicero and the design was entirely randomized, with five treatments (0, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ of silicon) and four repetitions. The analyses performed were: plant height, root length, aboveground fresh mass, root fresh mass, total fresh mass, aboveground dry mass, root dry mass, total dry mass and silicon content in biomass. It can be concluded that silicon fertilization influenced plant height. Higher levels were found in the roots of chickpea than in the aboveground part. The best dose of Si for accumulation in the leaves was 96 kg ha⁻¹. The second experiment aimed to evaluate the effect of different doses of silicon on the productivity of chickpea and on the resistance to the pathogen *Sclerotium rolfsii*. The research was conducted in Pires do Rio - Goiás, with geographical coordinates 17°17'33" S 48°16'19" W, has approximately 755 m of altitude. The chickpea cultivar used was BRS Cícero. The design used was entirely randomized, with five treatments (0, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ of silicon) and eight repetitions. The plants were inoculated when they were 20 days after emergence, inoculating pieces of mycelium at three points on the leaves. The variables analyzed were: relative chlorophyll index, plant height, stem diameter, number of pods per plant, leaf area and biomass. The Si content in leaves and stems and the severity of the disease were evaluated. Silicon positively influenced the leaf area index and the levels of silicon in stems and leaves. In the stems, the best dose was 122 kg ha⁻¹ and for accumulation in the leaves was the dose of 139 kg ha⁻¹. The development of sclerotium wilt was not observed, regardless of the use or not of silicon fertilization.

Keywords: *Cicer arietinum*; Silicon; *Sclerotium rolfsii*.

INTRODUÇÃO GERAL

O Si é o segundo elemento em maior quantidade presente na crosta terrestre, sendo derivado de minerais como feldspato, areia, quartzo, mica, caulinita etc. Os solos tropicais são, normalmente, mais intemperizados e com isso a disponibilidade do silício é baixa. Em solos argilosos há uma maior quantidade de filossilicatos, se comparado aos solos arenosos, apresentando maior quantidade de Si em solução, isto ocorre pois o solo arenoso é composto por minerais de difícil decomposição química, como o quartzo (DEMATTÊ, 2011).

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

As principais fontes de silício, além do próprio solo, são os silicatos, que apresentam uma série de ações benéficas, influenciadas pela alteração do pH, entre elas o aumento de Ca, Mg, saturação por bases e P (DEMATTÊ, 2011). Pode-se citar: escórias de siderúrgicas, Wallostonita, subprodutos da produção de fósforo elementar em fornos elétricos, cinzas de casca de arroz, termofosfato, metassilicato de sódio, metassilicato de cálcio, xisto e sílica gel (SILVA et al., 2020). Entre os procedimentos analíticos testados para a determinação de silício em solo, plantas e fertilizantes, podemos mencionar os gravimétricos, colorimétricos, e por espectrofotometria de absorção (KORNDÖRFER, 2004).

Sendo considerado um elemento benéfico às plantas, ou seja, ele se encontra onipresente e sua deficiência pode ser severa ou suficiente para apresentar efeitos ou anormalidades no crescimento, desenvolvimento, reprodução ou viabilidade (LIMA FILHO, 2009). O silício é absorvido na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomas, espinhos, etc.) como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa) (MARAFON, 2013).

Entre as funções do silício, pode-se citar: resistência a pragas e doenças; resistência à toxicidade a metais (Fe, Mn, Al e Na); reduz a taxa de senescência foliar; maior utilização de P; melhora a taxa de fertilidade da planta; redução da transpiração excessiva; maior rigidez celular, melhorando a arquitetura foliar da planta e favorece a fotossíntese (PRADO, 2020).

Uma das cultivares que vêm sendo bastante estudada é o grão-de-bico, a falta de informações sobre a melhor adubação ainda é escassa no Brasil. Entre os nutrientes podemos

citar o silício, este possui diferentes benefícios às plantas, sendo assim podemos notar a importância de pesquisas sobre esta cultura que está crescendo no país.

Fonte de proteínas, fibras e ferro, o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) destaca-se no cenário mundial por sua relevância econômica, social e versatilidade. Constituindo-se assim, um importante produto para o comércio *in natura* e processados, podendo ser utilizado no consumo humano e animal, além dos seus benefícios como adubo verde e fixação de nitrogênio no solo.

Em 2016, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), declarou como o Ano Internacional das Pulses (pulses é o termo dado às sementes secas de leguminosas utilizada na alimentação), destacando a importância destes alimentos, em relação ao seu consumo, no combate a desnutrição (NASCIMENTO e SILVA, 2019). Dentro do grupo das pulses se encontram: o grão-de-bico, feijão-comum, feijão-caupi, fava, ervilha, lentilha, tremoço, guandu e feijão-bambara. Estas são leguminosas com alto teor de proteínas, sendo bastante consumidas em países como a Índia e China (LIMA FILHO, 2019).

A produção de grão-de-bico no Brasil ainda é muito baixa, no entanto, a partir de 2016 o cultivo aumentou, passando de 460 ha plantados para um total de aproximadamente 10 mil ha em 2018, obtendo um aumento de aproximadamente 1.000 % na área plantada (LIMA FILHO, 2019; WALENDORRF, 2019).

O grão-de-bico pertencente ao grupo Fabaceae, é uma leguminosa autogâmica, onde a polinização é completada antes da abertura das flores, de crescimento indeterminado, possui flores de cores variadas dependendo do cultivar, sendo estas de cor creme a roxo ou azul desbotado (ARAÚJO, 2018).

Atualmente há dois tipos de cultivares que são consumidos, o tipo desi e o kabuli. Os cultivares do grupo desi apresentam sementes pequenas de coloração marrom, preta ou amarela, de forma angular e superfície áspera. As flores são róseas ou púrpuras, são produzidos de dois a três grãos por vagem. O grupo Kabuli possui sementes grandes, coloração creme, as flores são brancas e normalmente formam-se um a dois grãos por vagem (VIEIRA et al., 1999).

Apesar de ser considerada uma leguminosa de clima frio, o grão-de-bico se adapta bem a regiões de clima tropical e vem sendo uma alternativa na rotação de cultura, uma das grandes vantagens é a planta ser rústica, utilizar pouca água e ser altamente mecanizada (SNA, 2017).

Segundo Silva et al. (2019), verificaram que a adubação silicatada na cultura de feijão-caupi nas doses de 100 e 200 mg L⁻¹ de silício nas cultivares BRS Rouxinol e BRS Aracê,

reduziram os efeitos deletérios do estresse sobre o crescimento através da regulação do metabolismo enzimático e da prolina.

De acordo com Pereira (2017) a adubação com silício na cultura de feijão-caupi reduz o acúmulo de Cd nos tecidos da raiz, caule e folha, além de promover aumento de macro e micronutrientes nos tecidos vegetais. Indicando que o Si mitiga o efeito tóxico de Cd e melhora a absorção de nutrientes em plantas caupi.

**CAPÍTULO I: TEORES DE SILÍCIO NA PLANTA E PRODUTIVIDADE DE
BIOMASSA NA CULTURA DE GRÃO-DE-BICO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO
SILICATADA**

RESUMO

Para o bom desenvolvimento da planta, a nutrição é um dos fatores que mais influenciam, no entanto, a falta de pesquisas sobre a adubação do grão-de-bico e os benefícios do Si ainda é escasso no Brasil. Estudos têm demonstrado que o silício está envolvido em diversos aspectos estruturais, bioquímicos e fisiológicos na vida das plantas, promovendo melhorias no metabolismo, ativando genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa. Este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade de biomassa e os teores de silício na planta em função de diferentes doses de Si aplicadas na adubação de base na cultura de grão-de-bico. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, em ambiente protegido, no período de dezembro de 2019 a março de 2020. A casa de vegetação utilizada apresenta 3,5 m de pé direito, 30,0 m de comprimento, 7,0 m de largura, cercada com sombrite 50% na cor preta nas laterais, coberta com plástico transparente 150 micras. A cultivar utilizada foi a BRS Cícero. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e quatro repetições. A parcela foi composta por um vaso de 8 dm³, contendo quatro plantas. Após o estabelecimento e desenvolvimento da cultura foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas, comprimento de raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e teor de silício na biomassa. Pode-se concluir que a adubação com silício influenciou na altura de plantas. Maiores teores foram encontrados nas raízes do grão-de-bico que na parte aérea. A melhor dose de Si para acúmulo nas folhas foi de 96 kg ha⁻¹. Através deste trabalho podemos observar que o grão-de-bico é uma planta acumuladora de silício.

Palavras-chave: *Cicer arietinum*; silício; acúmulo de silício.

ABSTRACT

For good plant development, nutrition is one of the most influential factors, however, the lack of research on fertilization of chickpea and the benefits of Si is still scarce in Brazil. Studies have shown that silicon is involved in several structural, biochemical and physiological aspects of plant life, promoting improvements in metabolism, activating genes involved in the production of phenols and enzymes related to defense mechanisms. This work aimed to evaluate the biomass productivity and the silicon content in the plant as a function of different doses of Si applied as a base fertilizer in chickpea culture. The experiment was conducted at the State University of Goiás, Campus Ipameri, in a protected environment, in the period from December 2019 to March 2020. The vegetation house used has 3.5 m of right foot, 30.0 m long, 7.0 m wide, surrounded with 50% sombrite in black on the sides, covered with transparent plastic 150 microns. The cultivar used was BRS Cícero. The design used was entirely randomized, with five treatments (0, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ of silicon) and four repetitions. The plot was composed of one 8 dm³ pot, containing four plants. After the establishment and development of the culture, the following evaluations were performed: plant height, root length, aboveground fresh mass, root fresh mass, total fresh mass, aboveground dry mass, root dry mass, total dry mass and silicon content in biomass. It can be concluded that silicon fertilization influenced plant height. Higher levels were found in the roots of chickpea than in the aboveground part. The best dose of Si for accumulation in the leaves was 96 kg ha⁻¹. Through this work, we can observe that chickpea is a plant that accumulates silicon.

Keywords: *Cicer arietinum*; silicon; silicon accumulation.

1. INTRODUÇÃO

A adubação do solo é um dos fatores que mais influenciam o bom desenvolvimento da planta. Se a mesma não estiver bem nutrida, eventualmente aparecerá sintomas de deficiência nutricional. Os 13 nutrientes minerais fornecidos pelo solo podem ser divididos em primários, secundários, micronutrientes e os benéficos ou não essenciais (LOPES, 1998).

Estudos têm demonstrado que o silício está envolvido em diversos aspectos estruturais, bioquímicos e fisiológicos na vida das plantas, promovendo melhorias no metabolismo, ativando genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa (COELHO et al., 2019). Portela et al. (2019) constatou que a aplicação de silício na cultura de feijão-fava promove a redução da produção de ninfas, interferindo nos aspectos biológicos de *Aphis craccivora*, podendo ser utilizado em programas de manejo de pragas.

A absorção via solo se dá como ácido monossilícico (H_4SiO_4), embora o silício (Si) seja o segundo elemento mais prevalente no solo, ele nunca é encontrado na forma livre e está sempre combinado com outros elementos, geralmente formando óxidos ou silicatos (GUNES et al., 2007). A ciclagem do silício em solos intemperizados é provavelmente a principal fonte de silício para as plantas (FILGUEIRAS, 2007)

As plantas podem ser consideradas acumuladoras, intermediárias e não acumuladoras. Com base na relação Si:Ca, podendo ser classificadas como acumuladoras quando essa relação molar for maior que 1,0; intermediárias entre 0,5 e 1,0 e não acumuladoras menor que 0,5 (BRANDÃO et al., 2020).

Vários autores têm demonstrado que mesmo a planta não acumuladora, pode obter benefícios com a aplicação deste mineral, melhorando a resistência a estresses bióticos e abióticos, além da melhora na sua estrutura (QUEIROZ et al., 2018). Por ser uma cultura pouco cultivada no Brasil, ainda há poucas pesquisas sobre a nutrição adequada do grão-de-bico. E um dos nutrientes que está sendo bastante estudado é o silício, devido aos benefícios que ele trás às plantas.

O grão-de-bico (*Cicer arietnum* L.) tem sua origem no sudoeste da Turquia e foi introduzido no Brasil por imigrantes espanhóis e do Oriente Médio. Os primeiros relatos de plantio do grão foram no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, antes da Primeira Guerra Mundial. No entanto, até meados do ano dois mil, o plantio era praticamente inexistente, começando a ser cultivado em Cristalina-GO, devido ao seu baixo custo de produção e estabilidade no preço final de venda (SANTOS, 2017; SOUZA, 2019)

De acordo com Gunes et al. (2007) em seu trabalho, o silício melhorou o crescimento de dez cultivares de grão-de-bico em situações de déficit hídrico. O silício aplicado no solo na concentração de 100mg kg ha⁻¹ neutralizou os efeitos deletérios da seca na planta.

Em seus estudos Kurdali e Al- Chammaa (2013) observaram que o grão-de-bico é uma planta acumuladora, pois os resultados salientam que o Si não só está envolvido na melhoria do crescimento e na manutenção do estado da água, como também pode ser considerado um elemento importante para o desempenho simbiótico das plantas de grão de bico.

Segundo Rodrigues et al. (2018), o feijoeiro obteve uma resposta satisfatória à adubação silicatada, mesmo não sendo uma cultura acumuladora de silício, o elemento diminuiu a preferência alimentar das lagartas *Spodoptera frugiperda* e aumentou seu período de desenvolvimento larval.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade de biomassa e os teores de silício na planta em função de diferentes doses de Si aplicadas na adubação de base na cultura de grão-de-bico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, em ambiente protegido, no período de dezembro de 2019 a março de 2020. A casa de vegetação utilizada apresenta 3,5 m de pé direito, 30,0 m de comprimento, 7,0 m de largura, cercada com sombrite 50% na cor preta nas laterais, coberta com plástico transparente 150 micras.

O solo foi coletado na camada arável (0 - 20 cm) de um LATOSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2018), o qual foi destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm. Uma amostra foi submetida às análises químicas e físicas, conforme metodologias descritas em Silva (2009). Os resultados obtidos na análise de solo foram: argila 30,0 %, silte 15,9%, areia 54,1%, pH (CaCl₂) 4,2; CTC 4,6 cmol_c dm⁻³; S 4,3 mg dm⁻³; P (Mehlich 1) 0,9 mg dm⁻³; M.O 2,1 g dm⁻³; K 76,4 mg dm⁻³, Ca 0,3 cmol_c dm⁻³; Mg < 0,1 cmol_c dm⁻³; H+Al 4,0 cmol_c dm⁻³; V% = 13; m% = 25. Foi aplicado calcário dolomítico PRNT 92% visando elevar a saturação por bases para 60%, o solo foi incubado por 30 dias.

3.2. Cultivar utilizada

A cultivar utilizada foi Grão-de-bico BRS Cícero, que se adapta bem às condições edafoclimáticas do Brasil. A cultivar BRS Cícero pertence ao grupo Kabuli, apresenta plantas de tamanho médio (cerca de 45 cm de altura), porte semi-ereto, flores brancas, tendo em cada vagem uma a duas sementes grandes (320g/1000 sementes), com formato meio arredondado e coloração creme e tem ciclo médio de 110 dias (GIORDANO et al., 2005).

3.3. Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e quatro repetições.

3.4. Condução do experimento

Foram utilizados vasos com capacidade de 8 litros, estes foram preenchidos de solo e foi adicionado 8,8 g de calcário dolomítico PRNT 92%, para fazer a correção do solo. Após

30 dias foi realizado a adubação silicatada, fazendo a aplicação do produto Bugram Protect® nas doses de 0; 1,82 g vaso⁻¹; 2,73g vaso⁻¹; 3,64 g vaso⁻¹; 4,55g vaso⁻¹ e a adubação de NPK, sendo 0,3g de KCl por litro de solo, 0,4 g de Uréia por litro de solo e 0,4 g de STP por litro de solo. As sementes foram doadas pelo produtor Osmar Artiaga da cidade de Cristalina-GO. A semeadura foi realizada no dia três de fevereiro de 2020. Em cada vaso semeou-se oito sementes e após 10 dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando quatro plantas por vaso.

A irrigação foi realizada baseado em Nascimento et al. (1998), sendo de 0 - 15 dias utilizado 0,83 L/ vaso por semana; 16 - 30 dias foi irrigado com 1,39 L/ vaso por semana.

Após 30 dias foi retirado uma planta de cada vaso e estas passaram por análises da parte aérea e das raízes, para avaliar o teor de silício, além de ter sido feito análise de altura, peso e comprimento de raízes. Após estas, as plantas foram secas em estufa à 60°C com ventilação forçada por 48 h. Após esse período, o material seco foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1 mm e acondicionado em saquinhos de papel para análises de silício.

3.5. Variáveis analisadas

Após o estabelecimento e desenvolvimento da cultura foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas, comprimento de raízes, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e teor de silício na biomassa.

- Altura de plantas: foram realizadas medições com régua graduada em centímetros, considerando o comprimento entre a região da superfície do solo e a inserção da folha +1, aos 30 dias após a emergência.
- Comprimento de raízes: foi realizado a medição das raízes, quando as plantas estavam com 30 dias pós emergência.
- Massa fresca da parte aérea: após a coleta a parte aérea foi separada da raiz para pesagem.
- Massa fresca da raiz: a planta foi coletada, realizado a limpeza da raiz e feito a pesagem.
- Massa fresca total: foi obtida através da soma das massas frescas de cada parte da planta.
- Massa seca da parte aérea: após a pesagem, a parte aérea foi seca em estufa e depois retirada para a pesagem.

- Massa seca da raiz: após a pesagem, a raiz foi seca em estufa e depois retirada para a pesagem.

- Massa seca total: foi obtida através da soma das massas secas de cada parte da planta.

Teor de silício na biomassa: Para a realização das análises de silício as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1 mm, pesadas, e incineradas em forno mufla a 500°C, dissolvida em solução de ácido nítrico 1N para determinação espectrofotométrica de silício conforme metodologia descrita em Silva (2009).

3.6. Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão múltipla, utilizando o software R, versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis massas fresca e seca de parte aérea, raiz e total não apresentaram diferenças significativas em relação à adubação com silício (Tabela 1). Como o silício é um elemento benéfico, atuando mais quando as plantas passam por algum tipo de estresse como o hídrico, solos contaminados por metais pesados, bem como ataque de pragas e doenças, a não ocorrência de tais problemas pode justificar a ausência de resposta a adubação com o Si.

Diferentemente do presente trabalho, Carvalho et al. (2009) observaram que a aplicação de doses de silício no girassol aumentou a produção de matéria seca das raízes e da parte aérea. Galvão et al. (2020) também obtiveram resultados semelhantes aos de Carvalho, onde as doses de silício resultaram em um aumento linear na produção de massa de broto verde e massa seca de plantas de arroz.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, médias e regressão para massa fresca da parte aérea (MFPA), da raiz (MFR) e total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e total (MST) de plantas de grão-de-bico aos 30 dias da semeadura, em função das doses de silício. Ipameri - GO, 2020.

Fator de Variação	Quadrados Médios					
	MFPA (g)	MFR (g)	MFT (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Doses	0,18338 ^{ns}	0,03646 ^{ns}	0,30451 ^{ns}	0,01546 ^{ns}	0,03451 ^{ns}	0,07489 ^{ns}
Resíduo	0,29490	0,79546	1,28369	0,02222	0,04007	0,07051
CV (%)	25,58	51,04	29,27	23,13	44,79	24,32
Doses	Médias					
0	2,155	1,900	4,055	0,645	0,392	1,037
100	1,940	1,675	3,615	0,647	0,585	1,232
150	2,030	1,682	3,712	0,612	0,415	1,030
200	2,010	1,697	3,707	0,575	0,350	0,925
250	2,480	1,782	4,262	0,742	0,492	1,235
Modelo	Regressão					
Linear	Ns	Ns	Ns	ns	ns	Ns
Quadrática	Ns	Ns	Ns	ns	ns	Ns

ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O comprimento de raízes não foi influenciado pelas doses de Si, mas diferenças significativas foram observadas na altura de plantas e nos teores de Si na parte aérea e sistema radicular (Tabela 2). A dose que mostrou maior acúmulo na parte aérea foi a de 100 kg ha⁻¹. Já para o acúmulo de silício na raiz, a dose que foi mais absorvida foi a de 200 kg ha⁻¹ com

um total de 270,43 mg de absorção do nutriente, sendo o melhor tratamento em relação aos demais.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, médias e regressão para comprimento da raiz (CR), altura de planta (AP), teor de silício na parte aérea (SPA) e teor de silício na raiz (SRA) de plantas de grão-de-bico aos 30 dias da semeadura, em função das doses de silício. Ipameri - GO, 2020.

Fator de Variação	Quadrados Médios			
	CR (cm)	AP (cm)	SPA (mg kg ⁻¹)	SRA (mg kg ⁻¹)
Doses	31,7761 ^{ns}	78,2495 ^{**}	5,008105 ^{**}	39592,0 ^{**}
Resíduo	21,3341	14,9045	0,368392	229,270
CV (%)	23,25	12,96	10,01	12,76
Doses	Médias			
0	21,80	28,75	6,275	22,665
100	18,92	25,12	7,300	40,650
150	17,73	32,80	6,315	107,23
200	17,12	26,50	6,200	270,43
250	23,75	35,75	4,232	152,21
Modelo	Regressão			
Linear	Ns	**	**	**
Quadrática	Ns	Ns	**	*

ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A altura de planta (AP) e o teor de silício na raiz (SRA) se ajustaram linearmente em função das doses de silício, enquanto o teor de Si na parte aérea (SPA) apresentou o melhor ajuste a polinomial quadrática, indicando existir uma dose de máximo efeito para a variável mencionada (Figura 1), pode ser que acima de determinados valores a planta desenvolva algum mecanismo de proteção contra o transporte excessivo do Si para a parte aérea. Parecido et al. (2018) verificaram em seu trabalho que o fornecimento de Si, tanto via solo quanto via foliar, proporcionou maior altura das plantas de café. Rodrigues et al. (2018) também obtiveram resultados semelhantes em relação às variáveis altura de planta e peso fresco das raízes, estas apresentaram melhores resultados quando aplicado a dosagem de 25 mL L⁻¹ de K₂SiO₃.

Para cada incremento unitário da dose de silício (kg ha⁻¹) aplicado sob as plantas de grãos de bico, houve um aumento de 0,0222 cm para AP e 0,7903 mg kg⁻¹ para SRA (Figura 1A e 1C, respectivamente). O teor máximo para SPA foi de 7,205 mg kg⁻¹, na dose equivalente a 96 kg ha⁻¹ (Figura 1B).

A distribuição do silício no interior da planta ocorre no sentido do fluxo de água-transpiração. Sendo assim, os depósitos ocorrem nas regiões onde a água é perdida em grande quantidade. Lana et al. (2003) verificaram que na cultura do tomateiro, a planta se mostrou

não acumuladora de silício nas folhas, observando maior acúmulo de silício em folhas maduras em relação as folhas mais novas, indicando translocação do elemento da fonte para o dreno.

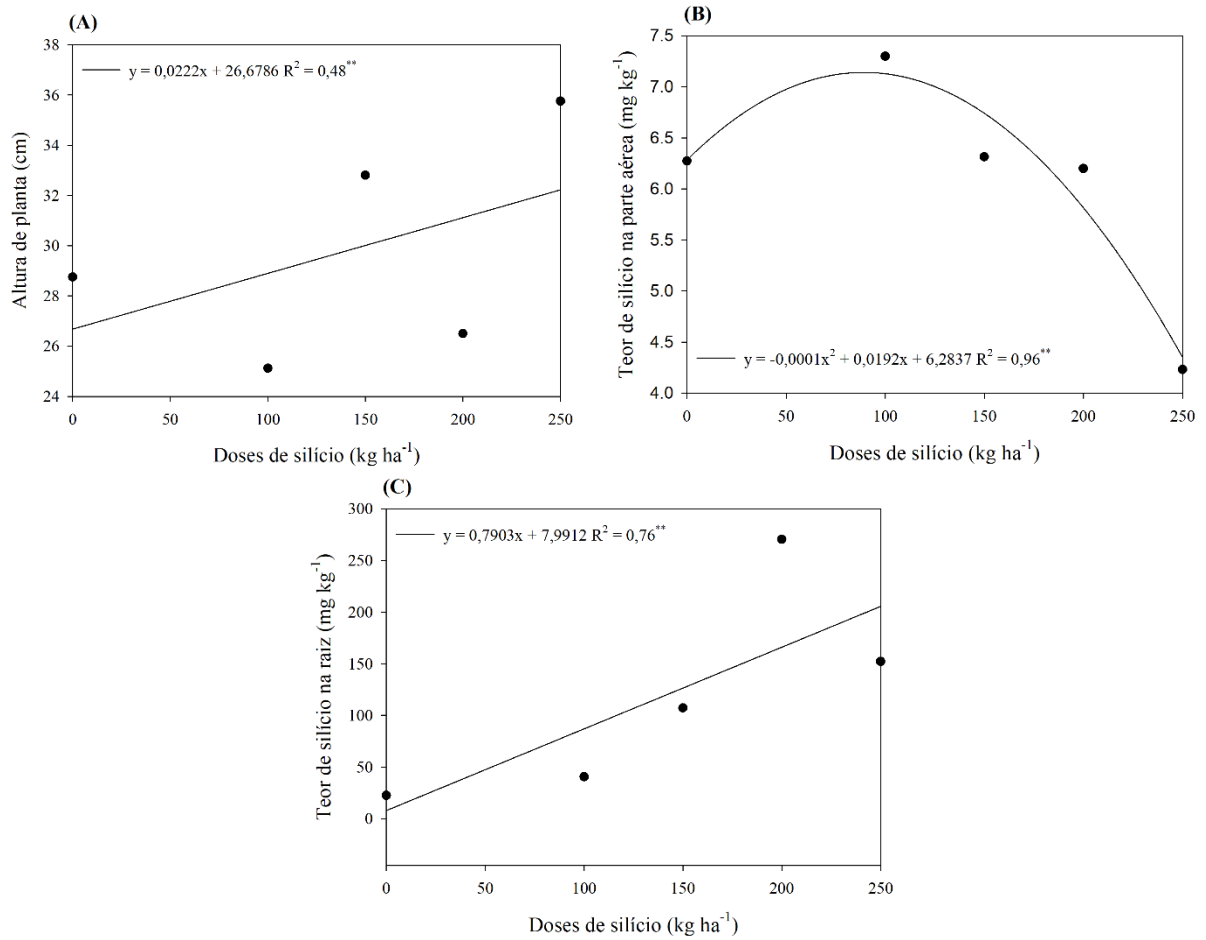


Figura 1. Regressão para as variáveis: altura de planta (A), teor de silício na parte aérea (B) e teor de silício na raiz (C) de plantas de grãos de bico em função das doses de silício.

5. CONCLUSÕES

A adubação com silício influenciou positivamente a altura de plantas. Maiores teores de Si foram encontrados nas raízes do grão-de-bico. A melhor dose de Si para teor na parte aérea foi de 96 kg ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, R. P.; RODRIGUES, R. B. R. Silício: Cana-de-açúcar mais saudável. **Campo e Negócios (online)**, 8 mai. de 2020. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/silicio-cana-de-acucar-mais-saudavel/>>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

CARVALHO, M. P.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p., Nov. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782009000800019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 de novembro de 2020.

COELHO, P. H. M.; BENETT, K. S. S.; ARRUDA, N.; BENETT, C. G. S.; NASCIMENTO, M. V. Crescimento e produtividade de dois cultivares de soja em função de doses de silício. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 3, p. 60-65, jul./set. 2019. ISSN 2358-6303. Disponível em: <<file:///D:/Usuario/Downloads/2602-13243-1-PB.pdf>> Acesso em 12 de fevereiro de 2021.

CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

FILGUEIRAS, O. Silício na agricultura. **Revista Fapesp**, ed. 140, out. 2007. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/silicio-na-agricultura/>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

GALVÃO, J.R.; OLIVEIRA, P. C. G.; PARISE, F. J. O.; GOMES, D. O.; SANTANA, M. A. C.; VIANA, T. C. Viana.; CARRERA, J. C.; JESUS, A. M. S. Níveis de aplicação de silício em *Oryza sativa l.* influenciados pela correção do solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 10, n. 1, p. 228-233, Outubro, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/9728/6119>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2021.

GUNES, A.; PILBEAM, D.J.; INAL, A.; BAGCI, E.G.; COBAN, S. Influence of silicon on antioxidant mechanisms and lipid peroxidation in chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars under drought stress. **Journal of Plant Interactions**, v.2, p.105-113, 2007. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429140701529399>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2021.

GIORDANO, L. B.; NASCIMENTO, W. M. Cícero Grão-de-bico. Brasília-DF: **Embrapa**, Brasília, jul. 2005. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159264/1/digitalizar0185.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2020.

KURDALI, F., AL-CHAMMAA, M. Growth and nitrogen fixation in silicon and/or potassium fed chickpeas grown under drought and well watered conditions **J. Stress. Physiol. Biochem.**, 9 (2013), pp. 385-406. Disponível em: <<https://cyberleninka.ru/article/n/growth-and-nitrogen-fixation-in-silicon-and-or-potassium-fed-chickpeas-grown-under-drought-and-well-watered-conditions/viewer>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2021.

LANA, R. M.Q.; KORNDORFER, G.H.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro.

Biosci. J., Uberlândia, v.19, n.2, p.15-20, May/Aug. 2003. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6447/4181>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2021.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed., rev. e ampl. – Piracicaba : POTAFÓS, 1998. 177 p. : il.

NASCIMENTO, W.M.; PESSOA, H. B. S. V.; GIORDANO, L. B. Cultivo de Grão-de-Bico (*Cicer arietinum* L.). In: **Hortaliças leguminosas**. Brasília-DF: Embrapa, 1998. Disponível em: file:///D:/Usuario/Downloads/digitalizar0229%20(8).pdf acesso em 22 de fevereiro de 2021.

PARECIDO, R. J.; SORATTO, R. P.; GOMES, G. G.; SILVEIRA, L.; PERDONÁ, M. J. Crescimento inicial e acúmulo de nitrogênio pelo café arábica afetado pela adubação nitrogenada e fornecimento de silício. In. SBiCafé 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2018, São Paulo, **Anais eletrônicos**, SP. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/11668#preview>. Acesso em 04 de novembro de 2020.

PORTELA, G. L. F.; SILVA, P. R. R.; GIRÃO FILHO, J. E.; PÁDUA, L. E. M.; MELO JÚNIOR, L. C. Silicon as resistance inducer in to control black aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854 in *Phaseolus lunatus* lima beans. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 86, e0512018, 2019.

QUEIROZ, D. L. D., CAMARGO, J. M. M., DEDECEK, R. A., OLIVEIRA, E. B. D., ZANOL, K. M. R., & MELIDO, R. C. N. (2018). Absorção e translocação de silício em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, 28(2), 632-640. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982018000200632&script=sci_arttext&lng=pt. Acesso em 22 de outubro de 2020.

R CORE TEAM. (2015) **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. L.; NUNES, A. M. C.; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **ACSA**, Patos-PB, v.14, n.2, p.141-148, Abril-Junho, 2018, ISSN: 1808-6845. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/977>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2021.

RODRIGUES, J. H. V.; ANGELINI, M. R.; OLIVEIRA, R. S.; QUEIROZ, A. A. Efeito de doses de silício na resistência do feijoeiro a *Spodoptera frugiperda*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 4, p. 13-19, out./dez. 2018. ISSN 2358-6303. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/2496/2568>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2021.

SANTOS, T. Grão-de-bico produzido em GO conquista o mercado internacional. **Globo Rural**, Goiás 17 out. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2017/09/grao-de-bico-produzido-em-go-conquista-o-mercado-internacional.html#:~:text=O%20clima%2C%20especialmente%20do%20Centro,e%20n%C3%A3o%20precisa%20de%20fungicida.&text=O%20agricultor%20recebe%20R%24%20240,com%2060%20quilos%20do%20gr%C3%A3o>>. Acesso em 09 de dezembro de 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. Distrito Federal: Brasília, 2009, 627p.

SOUZA, C.V.A. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de grão-de-bico em função da densidade de plantas. 2019, 43f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, **Universidade de Brasília - UnB**, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/35513/1/2019_CaioVin%C3%ADciusAlecrimSouza.pdf>. Acesso em 12 de fevereiro de 2021.

**CAPÍTULO II: SILÍCIO NO CONTROLE DE MURCHA DE ESCLERÓCIO
(*Sclerotium rolfsii* Sacc) NA CULTURA DE GRÃO-DE-BICO**

RESUMO

O consumo de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) no Brasil vem crescendo e a produção interna é insuficiente, o que torna o país dependente de importação para atender seu consumo interno. A alta produção de grãos e o manejo inadequado na condução das culturas vêm ocasionando altas incidências de fungos de solo, estes que podem ficar presente nos solos por anos. Entre os patógenos de solo que mais causam danos à cultura do grão-de-bico, pode ser citado a murcha de esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc). O uso do silício na nutrição apresenta vários benefícios às plantas, agindo na resistência à stress hídrico, pragas e doenças, melhorando o crescimento, desenvolvimento e produtividade de plantas e grãos. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de silício na produtividade da cultura de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e na resistência ao patógeno *S. rolfsii*. O experimento foi conduzido em Pires do Rio – Goiás, com coordenadas geográficas 17°17'33" S 48°16'19" W, possui aproximadamente 755 m de altitude. Preparou-se uma estrutura para colocar os vasos, onde foi utilizado dois cavaletes e três tábuas de 3 metros. O cultivar utilizado de grão-de-bico foi o BRS Cícero. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e oito repetições. Realizou-se a inoculação nas plantas quando estas estavam com 20 dias após a emergência, inoculou-se pedaços de micélio em três pontos nas folhas. Após três dias foi realizada outra inoculação, para garantir a infestação do fungo na planta. As variáveis analisadas foram: índice relativo de clorofila, altura de plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta, área foliar e biomassa. Foi avaliado o teor Si nas folhas e hastes e a severidade da doença ao logo do ciclo da cultura através da escala de notas. O silício influenciou positivamente no índice de área foliar e os teores de silício nas hastes e folhas. Nas hastes a melhor dose foi a de 122 kg ha⁻¹ e para acúmulo nas folhas foi a dose de 139 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Cicer arietinum*; Silício; *Sclerotium rolfsii* L.

ABSTRACT

Currently the consumption of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in Brazil is growing and domestic production is insufficient, which makes the country dependent on imports to meet its domestic consumption. The high production of grains and the inadequate management of crops have caused high incidences of soil fungi, which can remain present in the soil for years. Among the soil pathogens that cause the most damage to the chickpea crop, it can be mentioned the sclerotium wilt (*Sclerotium rolfsii* Sacc). The use of silicon in nutrition presents several benefits to plants, acting in the resistance to herbivory by phytophagous insects generating a favorable effect on growth, development and productivity of plants and grains, promoting better structure and reducing lodging. The objective of this work was to evaluate the effect of different doses of silicon on the productivity of chickpea and on the resistance to the pathogen *S. rolfsii*. The experiment was conducted in Pires do Rio - Goiás, with geographical coordinates 17°17'33" S 48°16'19" W, has approximately 755 m of altitude. A structure was prepared to place the pots, where two trestles and three 3-meter boards were used. The chickpea cultivar used was BRS Cicero. The design used was entirely randomized, with five treatments (0, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ of silicon) and eight repetitions. The plants were inoculated when they were 20 days after emergence, inoculating pieces of mycelium at three points on the leaves. After three days, another inoculation was performed to ensure the infestation of the fungus in the plant. The variables analyzed were: relative chlorophyll index, plant height, stem diameter, number of pods per plant, leaf area, and biomass. The Si content in leaves and stems and the severity of the disease throughout the crop cycle were evaluated using a scale of grades. Silicon positively influenced the leaf area index and the levels of silicon in stems and leaves. In the stems, the best dose was 122 kg ha⁻¹ and for accumulation in the leaves was 139 kg ha⁻¹.

Keywords: *Cicer arietinum*; Silicon; *Sclerotium rolfsii* L.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma das mais importantes leguminosas de grãos alimentares em todo o mundo (ARTIAGA et al., 2015). Segundo Avelar (2016), a espécie é cultivada em mais de 56 países, e os maiores produtores são: Rússia, Índia, USA, Canadá e México. Atualmente o consumo de grão-de-bico no Brasil vem crescendo e a produção interna é insuficiente, o que torna o país dependente de importação para atender seu consumo interno de aproximadamente oito mil toneladas anuais (EMBRAPA, 2019).

Um dos fatores que estimula o cultivo da cultura é a alta demanda do grão em países como a Índia, o maior consumidor mundial, pois este não conseguirá suprir a demanda nos próximos anos, o que abre portas para outros países (GOTTEMS, 2018). Segundo Maliszewski (2019), quatro cultivares de grão-de-bico estão sendo disponibilizadas para os produtores que desejam produzir sementes. As variedades Cícero, BRS Aleppo, BRS Cristalino e BRS Toro. Estas cultivares possuem características diferentes para incentivar a produção de sementes e movimentar a cadeia produtiva da cultura.

O grão-de-bico possui diversos nutrientes, sendo excelente contra problemas intestinais e câimbras. É um dos ingredientes essenciais na gastronomia Oriental, sendo utilizado em pratos típicos como o Hummus. A ingestão do grão é indicada por especialistas na área da saúde, por conter vários nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo, tais como: proteínas, minerais, fibras, auxilia na redução do colesterol LDL e aumenta o HDL (AVELAR, 2016).

A alta produção de grãos e o manejo inadequado na condução das culturas vêm ocasionando altas incidências de fungos de solo, estes que podem ficar presente nos solos por anos. A podridão radicular causada por estes fitopatógenos prejudica a absorção de água e nutrientes devido aos danos causados as raízes das plantas afetadas (NOGUEIRA et al., 2019). A falta de controle dessas doenças diminui a produtividade das culturas, reduzindo a qualidade dos grãos e inviabiliza seu cultivo.

Entre os patógenos de solo que mais causam danos à cultura do grão-de-bico, pode ser citado a murcha de esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc) (NASCIMENTO et al., 2016). É uma doença que acarreta grandes perdas na produção do grão, é um patógeno favorecido por altas temperaturas e umidade. Causa podridão do colo, tombamento e murcha de plântulas, e quando ataca folhas velhas provoca amarelecimento e consequente perda de folhas (NASCIMENTO et al., 2016).

O uso do silício na nutrição apresenta vários benefícios às plantas, agindo na resistência à herbivoria de insetos fitófagos gerando um efeito favorável sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade de plantas e grãos, promovendo melhor estrutura reduzindo assim, o acamamento (NOGUEIRA et al., 2018). O acúmulo de silício na parede celular dificulta o crescimento e a penetração de microrganismos patogênicos, pelo fato de ativar os mecanismos naturais de defesa da planta como na produção de compostos fenólicos, peroxidases, quitinases e acúmulo de lignina (NASCIMENTO et al., 2017).

Por ser uma cultura que ainda está se alavancando no Brasil, o grão-de-bico contém poucas pesquisas sobre as principais doenças e também qual a adubação apropriada. Uma opção para o controle de *S. rolfisii* é a utilização de cultivares resistentes, no entanto, nem todas as cultivares possuem esta característica. Assim surge a necessidade de novas técnicas para garantir a sanidade das plantações e aumentar a produtividade, como o uso de adubação silicatada.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de silício na produtividade da cultura de grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) e na resistência ao patógeno *Sclerotium rolfsii*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento

O experimento foi conduzido em Pires do Rio – Goiás, com coordenadas geográficas 17°17'33" S 48°16'19" W, possui aproximadamente 755 m de altitude. Preparou-se uma estrutura para colocar os vasos, onde foi utilizado dois cavaletes e três tábuas de 3 metros. Este espaço foi coberto por tecido branco (volta ao mundo).

O solo foi coletado na propriedade Fazenda Baú, localizada no município de Orizônia-GO, na camada de 20-40 cm de um LATOSOLO VERMELHO Distrófico (SANTOS et al., 2018), no qual foi destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm. Uma amostra foi submetida às análises químicas e físicas, conforme metodologias descritas em Silva (2009).

Os resultados obtidos na análise de solo foram: argila 35,0%, silte 13,0%, areia 52,0%, pH (CaCl₂) 4,8; Saturação de Bases 43,4%; CTC 7,8 cmol_c dm⁻³; S 3 mg dm⁻³; P (Mehlich 1) 2,6 mg dm⁻³; M.O 23,4 g dm⁻³; K 105,0 mg dm⁻³, Ca 2,50 cmol_c dm⁻³; Mg 0,60 cmol_c dm⁻³; H+Al 4,40 cmol_c dm⁻³. Foi aplicado calcário dolomítico PRNT 92% visando elevar a saturação por bases para 60%, o solo foi incubado por 30 dias.

3.2. Cultivar utilizada

A cultivar utilizada foi o Grão-de-bico BRS Cícero, que se adapta bem às condições edafoclimáticas do Brasil. A cultivar pertence ao grupo Kabuli, apresenta plantas de tamanho médio (cerca de 45 cm de altura), porte semi-ereto, flores brancas, tendo em cada vagem uma a duas sementes grandes (320g 1000⁻¹ sementes), com formato meio arredondado e coloração creme e ciclo médio de 110 dias (GIORDANO et al., 2005).

3.3. Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de silício) e oito repetições.

3.4. Condução do experimento

Utilizou-se vasos com capacidade de 8 litros, a adubação silicatada foi realizada utilizando o produto Bugram Protect[®] nas doses de 0; 1,82 g vaso⁻¹; 2,73 g vaso⁻¹; 3,64 g vaso⁻¹; 4,55 g vaso⁻¹ e a adubação de NPK foi feita utilizando 0,3g de KCl por litro de solo, 0,4g de

ureia por litro de solo e 0,4g de STP por litro de solo. As sementes foram doadas pelo produtor Osmar Artiaga da cidade de Cristalina-GO.

Estas foram assepsiadas utilizando hipoclorito de sódio a 1% por 30 segundos e álcool 70%, depois foram lavadas três vezes em água, para remover o resíduo do hipoclorito, após isso as sementes foram secas à sombra. O plantio foi realizado no dia primeiro de junho de 2020, em cada vaso semeou-se 10 sementes e oito dias após a emergência realizou-se o desbaste, deixando cinco plantas por vaso. Após 30 dias retirou-se uma planta de cada vaso para fazer as análises de altura, produção de biomassa e teor de silício na planta.

A irrigação foi realizada baseado em Nascimento et al. (1998), sendo de 0 - 15 dias utilizado 0,83 L/ vaso por semana; 16 - 42 dias foi irrigado com 1,39 L/ vaso por semana; 43 - 85 a lâmina foi de 1,95 L/ vaso por semana e depois de 85 dias a irrigação foi cessada.

A partir do décimo dia após a emergência, as plantas foram atacadas por tripes (*Frankliniella schultzei*). No controle dessa praga inicialmente foram utilizados produtos caseiros. Um dos produtos utilizados foi a calda de Fumo (*Nicotiana tabacum*), no entanto não surtiu efeito contra o tripe; logo em seguida foi utilizado o produto NeenMax Jardim®. Este também não controlou a praga, após estas tentativas, utilizando produtos naturais foi aplicado o produto Engeo Pleno®, pois a infestação já estava alta. Foi realizado duas aplicações deste produto e assim foi possível controlar o tripe.

Os escleródios do fungo *Sclerotinia rolfisii* foram cedidos pelo professor Milton Lima do Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí - GO. Foram colocados em placas de Petri contendo o meio de cultura BDA, formando assim a placa matriz.

Para a inoculação nas plantas, este material foi repicado através de disco de ágar (5 mm Ø) contendo micélio para placas de Petri contendo o meio de cultura BDA.

Conforme metodologia utilizada por Fischer et al. (2005) após três semanas após a emergência, as plantas de grão-de-bico foram inoculadas com um disco de micélio do patógeno, de 5 mm de diâmetro, crescido em BDA, inoculou-se pedaços de micélio em três pontos nas folhas. As plantas foram irrigadas e mantidas com o solo constantemente úmido após a inoculação. Após três dias foi realizada outra inoculação, para garantir a infestação do fungo na planta.

Posteriormente 30 dias após a emergência foi retirado uma planta de cada vaso e estas passaram por análises das folhas e hastes para avaliar o teor de silício. Posteriormente estas plantas foram secas em estufa à 60°C com ventilação forçada por 48 h. Logo depois desse período, o material seco foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1 mm e acondicionado em saquinhos de papel para análises de silício.

No florescimento foram realizadas as análises da clorofila utilizando o clorofiLOG e a medida do diâmetro do caule utilizando um paquímetro digital, além da medição de altura. A colheita foi realizada quando as plantas já estavam secas e o fruto maduro.

Para a realização das análises de silício as amostras foram pesadas e submetidas à digestão seca em forno mufla. Foi realizada a determinação espectrofotométrica do silício conforme metodologia descrita em Silva (2009).

3.5. Variáveis analisadas

Após o estabelecimento e desenvolvimento da cultura foram realizadas as seguintes avaliações: índice relativo de clorofila, altura de plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta, área foliar e biomassa.

Foi avaliado o teor Si nas folhas e hastes e a severidade da doença ao longo do ciclo da cultura através da escala de notas.

- Índice relativo de clorofila: Foi realizada a leitura indireta do teor de clorofila das folhas de grão-de-bico, utilizando-se o índice SPAD, obtido com clorofilômetro portátil clorofiLOG CFL1030. As folhas analisadas foram coletadas do terço médio da planta.
- Altura de plantas: realizou-se medições com régua graduada em centímetros, considerando o comprimento entre a região da superfície do solo e a inserção da folha +1, na fase R1.
- Diâmetro do caule: Utilizando um paquímetro foi feita a medida do diâmetro do caule quando as plantas começarem o florescimento.
- Número de vagens: Realizou-se a contagem das vagens quando as plantas estavam com as vagens bem formadas.
- Área foliar: área foliar fotossinteticamente ativa (AFFA) de cada planta, foram determinadas por medidas lineares de cada folha (comprimento x largura x 0,75). A área foliar total foi o somatório das áreas foliares de todas as plantas amostradas.
- Peso de grãos por planta: todos os grãos da planta foram pesados e feito a média de produção.
- Peso total das vagens: As vagens foram pesadas em balança digital para se obter a média dos valores da variável.
- Peso total de 100 grãos: A pesagem foi realizada em balança digital para se obter a média dos valores da variável.
- Biomassa: Biomassa total da planta, determinada através da pesagem direta da planta seca, logo após a sua colheita.

- Teor de sílicio na folha: Foram realizadas avaliações quando a planta estava com 30 dias após a emergência e posteriormente quando estavam na fase R4, utilizando a metodologia de Silva (2009).
- Teor de sílicio nas hastes: Foram realizadas avaliações quando a planta estava com 30 dias após a emergência e posteriormente na fase R4, utilizando a metodologia de Silva (2009).
- Severidade da doença: A escala utilizada para a avaliação do *S. rolfsii* foi a proposta por Ambrósio et al. (2015), em que 0: sem sintoma; 1: 3 % de tecidos infectados; 2: 10 % de tecidos infectados; 3: 25 % de tecidos infectados; 4: 50 % de tecidos infectados; e 5: planta morta (NOGUEIRA et al., 2019).

3.6. Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos a análise de variância e análise de regressão múltipla, utilizando o software R, versão 3.1.2 (R CORE TEAM, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas não foi influenciada pela adubação com Si, mas o teor de silício nas hastes e folhas apresentaram diferenças significativas em relação às doses (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância, médias e regressão, altura de planta 30 dias (AP), teor de silício nas hastes (SH) e teor de silício nas folhas (SF) de plantas de grão de bico 30 dias após a emergência, em função das doses de silício. Pires do Rio - GO, 2020.

Fator de Variação	Quadrados Médios		
	AP (cm)	SH (mg kg ⁻¹)	SF (mg kg ⁻¹)
Doses	17,5375 ^{ns}	709,013 ^{**}	550,181 ^{**}
Resíduo	10,0500	10,2071	7,97195
CV (%)	9,18	22,84	18,74
Doses	Médias		
0	32,75	13,256	7,656
100	34,37	29,442	14,342
150	36,75	4,785	23,975
200	35,00	8,471	6,322
250	33,87	13,985	23,056
Modelo	Regressão		
Linear	ns	**	*
Quadrática	ns	*	*

ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A melhor curva de ajuste para as variáveis teor de silício nas hastes (SH) e teor de silício nas folhas (SF) foi a polinomial quadrática. Essas variáveis foram favorecidas até a dose de máximo efeito equivalente a 122 e 139 kg ha⁻¹, com incrementos de 22,37 mg kg⁻¹ para SH e 18,73 mg kg⁻¹ para SF, respectivamente (Figuras 2A e 2B), podendo ser notado que é possível que a planta desenvolva um mecanismo de defesa e não absorva o Si para não ocorrer transporte excessivo para as folhas.

Carvalho et al. (2009) verificaram que a aplicação de doses de silício no girassol não apresentou diferenças significativas nos teores de silício nas folhas. Diferentemente dos resultados deste trabalho, já que houve diferença significativa entre as diferentes doses aplicadas. O silício é um elemento imóvel na planta, ou seja, após ele ser absorvido e depositado ele não se movimenta mais, assim partes mais velhas tendem a ter mais o elemento presente.

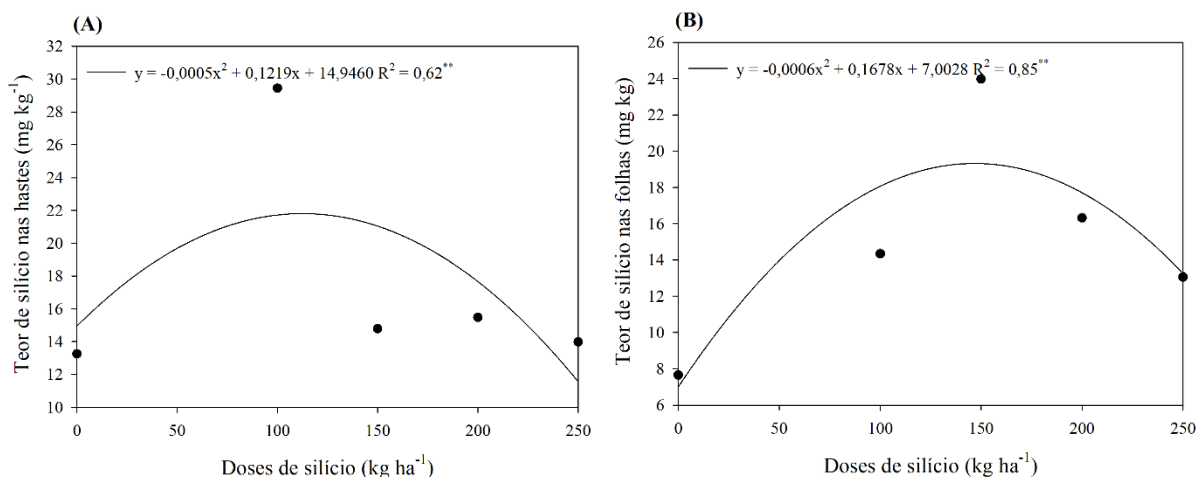


Figura 2. Regressão para as variáveis teor de silício nas hastes (A) e teor de silício nas folhas (B) de plantas de grão de bico 30 dias após a emergência, em função das doses de silício.

A adubação silicatada não interferiu significativamente na biomassa seca total (Tabela 2). Devido ao silício ser classificado apenas como elemento benéfico, era esperado que estes resultados acontecessem, principalmente pela ausência de condições adversas ao desenvolvimento das plantas, situação em que o elemento poderia ser útil. Resultados semelhantes foram verificados por Ávila (2010), onde o silício não influenciou na produção de matéria seca do arroz, mas elevou positivamente o teor de NO_3^- na raiz, síntese de clorofila, folha e o número de panículas por planta. Gubert e Delay (2011) constataram em seu trabalho com plantas de milho jovens, que o silício pode ser avaliado como um instigador de crescimento e armazenamento de biomassa na parte aérea, fazendo com que as plantas apresentassem maior desenvolvimento.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, médias e regressão para biomassa seca total (BST), altura de planta (AP), área foliar (AF), diâmetro do caule (DIA) de plantas de grão de bico em função das doses de silício. Pires do Rio - GO, 2020.

Fator de Variação	Quadrados Médios			
	BST (g)	AP (cm)	AF (cm ²)	DIA (mm)
Doses	8,85000 ^{ns}	4,68125 ^{ns}	3,29185 [*]	0,35860 ^{ns}
Resíduo	26,6428	5,88102	0,86746	0,17789
CV (%)	32,36	6,92	18,34	9,36
Doses	Médias			
0	15,50	34,84	4,185	4,33
100	17,12	35,46	4,726	4,71
150	14,37	34,59	5,321	4,57
200	16,37	34,21	5,297	4,23
250	16,37	36,15	5,863	4,67
Modelo	Regressão			
Linear	ns	Ns	**	Ns
Quadrática	ns	Ns	ns	Ns

ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De acordo com alguns estudos sobre os efeitos do silício, o aumento do diâmetro do colmo ocorre, pois há uma diminuição da evapotranspiração, causando um aumento na pressão celular e a deposição do silício na parede celular, aumentando a resistência do colmo (EIPSTEIN, 1994). No entanto, no presente trabalho, a altura de plantas e o diâmetro do caule não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, constando assim que o silício não influenciou estas variáveis (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância, médias e regressão para clorofila (CLO), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso médio de 100 grãos (P100G) de plantas de grão de bico em função das doses de silício. Pires do Rio – GO, 2020.

Fator de Variação	Quadrados Médios			
	CLO	NVP (n°)	NGV (n°)	P100G (g)
Doses	17,6869 ^{ns}	0,80451 ^{ns}	0,07153 ^{ns}	589,338 ^{ns}
Resíduo	31,9612	1,87547	0,10644	518,250
CV (%)	12,19	59,92	42,10	56,32
Doses	Médias			
0	45,180	1,82	0,67	39,020
100	46,627	2,42	0,75	40,068
150	44,675	2,53	0,90	36,575
200	48,402	2,09	0,83	54,669
250	46,967	2,55	0,70	31,772
Modelo	Regressão			
Linear	ns	Ns	Ns	ns
Quadrática	ns	Ns	Ns	ns

ns = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

O Si não é um elemento essencial e também não ocorreram situações em que ele pudesse beneficiar a cultura, pois ele se expressa mais em situações de estresses bióticos e abióticos. Conforme constatado neste trabalho, o mesmo foi observado em Silva et al. (2019), onde pôde-se verificar que o silício não aumentou a altura e o diâmetro do caule na cultura de girassol. Carvalho et al. (2009) constataram em seu trabalho que, em relação ao efeito do Si, a aplicação desse elemento em diferentes doses não influenciou a altura da planta e o diâmetro do caule das plantas de girassol.

No entanto, Pereira Junior et al. (2010) observaram que o aumento das doses de silício houve um aumento significativo na altura de plantas na cultura da soja, onde, com a dose de 450 kg ha⁻¹ de Si obteve um acréscimo de 20%. Resultados semelhantes também foram encontrados por Navas et al. (2016), onde os tratamentos com aplicação de silício via foliar,

as mudas de *Eucalyptus urograndis* apresentaram incremento superior em altura em relação à testemunha e maior acúmulo do elemento para a menor dose testada.

Observa-se na tabela 3, que a variável de clorofila não obteve diferença significativa entre as diferentes doses aplicadas. O nitrogênio, após a sua metabolização, encontra-se na planta quase todo na forma orgânica (90%), e assim apresentando como função principal a estrutural, como constituinte de compostos orgânicos como a clorofila, sendo assim é normal que o silício não tenha obtido resultados diferentes entre as doses (PRADO, 2020). Steiner et al. (2018) observaram em seu trabalho que a adubação silicatada resultou num aumento de 49% e 85% nos níveis de clorofila em cultivares de soja. Borges (2018) observou em sua tese que o Si aumentou a quantidade de clorofila a, b e total nas folhas na cultura de sorgo.

Segundo Miranda et al. (2018), o acúmulo de silício nos estômatos leva a formação de uma dupla camada de sílica cuticular, onde há redução da transpiração, e isso faz com que a necessidade de água utilizada pelas plantas seja menor. Além dos benefícios proporcionados pela adubação silicatada, pode-se obter maiores teores de clorofila, altura, diâmetro do colmo e aumento na produtividade.

Quanto ao número de vagens, número de grãos, peso de 100 grãos não houve interações significativas entre as doses de Si. Cappellesso et al. (2016) verificaram em seu trabalho, que não obteve resultados significativos com estas variáveis em relação à adubação com silício na cultura da soja. Porém, Fernandes et al. (2016) observaram que o silício incrementou número e peso de vagens de amendoim.

A área foliar apresentou um ajuste linear da função conforme aumentava-se os níveis das doses de silício aplicado. É possível observar que para cada incremento unitário aplicado do elemento Si (kg ha^{-1}), obteve-se um ganho de $0,0065 \text{ cm}^2$ para AF (Figura 3).

De acordo com várias pesquisas o silício atua na melhora da estrutura da planta, e na fotossíntese, sendo assim, conforme entra mais luz no dossel da planta a mesma tende a aumentar a área foliar, já que possui mais passagens de luz para realizar a fotossíntese. Segundo Araújo (2017) em relação à área foliar do feijão-caupi, foi observado que com a aplicação de silício foi proporcionado um aumento de 22,77% e relação às outras plantas que não foram adubadas com o elemento.

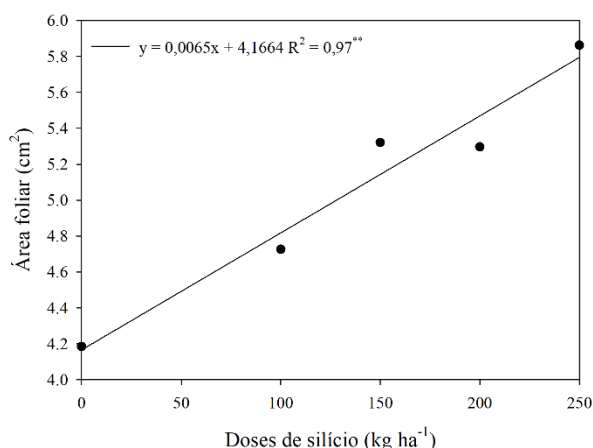


Figura 3. Regressão para a variável área foliar de plantas de grão de bico em função das doses de silício.

4.1. Incidência de *Sclerotium rolfsii*

A inoculação do fungo *Sclerotium rolfsii* ocorreu no início do mês de junho. Durante este período a umidade do ar e a temperatura não estavam favorável ao desenvolvimento do fungo, com média de 20°C e 50% de umidade.

Guimarães et al. (2020) observaram em seu trabalho que sementes de *Brachiaria brizantha* revestidas com silicato apresentavam um menor índice de plântulas anormais, se comparadas com as sem revestimentos, quando inoculadas com *Sclerotium rolfsii*. Observou-se também, a diminuição da percentagem de plântulas anormais quando o fungo foi inoculado aos 0, 10 e 20 dias após a sementeira.

Segundo Lima et al. (2010), o teor de silício na parte aérea das plantas de soja foi influenciado pelas doses de silício na solução nutritiva, com isso aumentou o teor de silício até a dose de 198 mg L⁻¹ de silício na solução, reduzindo a seguir. O aumento de silício na parte aérea contribuiu para o aumento da resistência das plantas à ferrugem. Inferiu-se que houve formação de barreira química devido à alteração no teor de lignina nas folhas.

5. CONCLUSÕES

A adubação com silício influenciou positivamente no índice de área foliar e os teores de silício nas hastes e folhas.

Nas hastes, a dose de 122 kg ha⁻¹ foi a que obteve melhor aproveitamento do Si e para teor nas folhas a dose de 139 kg ha⁻¹.

Não foi verificado o desenvolvimento da murcha de esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc), independentemente do uso ou não da adubação silicatada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBRÓSIO, M.M.Q.; DANTAS, A.C.A.; MARTÍNEZ-PEREZ, E.; MEDEIROS, A.C.; NUNES, G.H.S.; PICÓ, M.B. Screening a variable germplasm collection of *Cucumis melo* L. for seedling resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Euphytica**. Dordrecht, v.206, p.287-300, 2015.

ARAÚJO, E. D. Silício como atenuador do estresse hídrico em feijão-caupi por meio do mecanismo antioxidante e desempenho agrônômico. **Universidade Estadual da Paraíba Campina Grande** – PB março– 2017. Disponível em: <<http://pos-graduacao.uepb.edu.br/ppgca/download/DISSERTACAO-EDILENE-DANIEL-DE-ARAÚJO-2017-COM-ARTIGO.pdf>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

ARTIAGA, O. P.; SPEHAR, C. R.; BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M.; BOITEUX, L. S. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.1, p.102-109, 2015.

AVELAR, R. I. S. **Produção e qualidade de sementes de grão-de-bico em diferentes épocas de plantio e colheita no Norte de Minas Gerais**. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias / UFMG, 2016.

ÁVILA, F. W.; BALIZA, D. P.; FAQUIN, V.; ARAÚJO, J. L.; RAMOS, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 184-190, June 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180666902010000200003&lng=en&nrm=iso> acesso em 24 de fevereiro de 2021.

BORGES, L. P. Brassinosteróide e silício nas culturas do milho e sorgo. **Rio Verde**, 2018. 108 p. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2019-07-31-11-13-2505-Tese-Larissa.pdf>. Acesso em 10 de novembro de 2020.

CAPPELLESSO, D. H., SIMONETTI, A. P. M. M., MONTIEL, C. B., & WENDLER, E. Uso de silício na soja: parâmetros produtivos e incidência de percevejos In: Anais da X Seagro- Agronomia – FAG, 2016, Cascavel-Paraná. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/58348ed1ccbda.pdf> acesso em 10 de novembro de 2020.

CARVALHO, M. P.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2394-2399, Nov. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000800019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10 de novembro de 2020. Epub Oct 02, 2009.

EMBRAPA. **Grão-de-bico BRS Aleppo permite autossuficiência e abre perspectivas para exportação.** 2019. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/grao-de-bico-brs-aleppo-permite-autossuficiencia-e-abre-perspectivas-para-exportacao_418388.html> acesso em: 24 de junho de 2019.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences.** v.91, p.11-17.1994. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/db60/bae798268bfa82ac91a434471ea48f8d99f2.pdf>>. Acesso em 16 de fevereiro de 2021.

FERNANDES, S.; SILVA, G. P.; PRADO, R. M.; ROSSATO, D. R. Aplicação de silício aumenta a produtividade de grãos de amendoim. **South American Sciences**, v. 1, n. 1, p. e2046-e2046, 2020. Disponível em: <<https://www.southamericansciences.com.br/index.php/sas/article/view/46>>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

FISCHER, I. H., LOURENÇO, S. A., MARTINS, M. C., KIMATI, H., AMORIM, L. Seleção de plantas resistentes e de fungicidas para o controle da podridão do colo do maracujazeiro causada por *Nectria haematococca*. **Fitopatol. bras.**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 250-258, June 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010041582005000300006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 de dezembro de 2020.

GUBERT, D. W.; DELAI, R. M. EFEITOS PROVOCADOS PELA APLICAÇÃO DE ÓXIDO DE FERRO, ÓXIDO DE SILÍCIO E ÓXIDO DE MAGNÉSIO EM PLANTAS DE MILHO JOVENS. **Revista Thêma et Scientia**, v. 1, n. 2, p. 164-171, 2011. Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/upload/arquivo/1362060811.pdf>>. Acesso em 13 de janeiro de 2021.

GOTTEMS, L. **Cultivo de grão-de-bico cresce 1400% no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/cultivo-de-grao-de-bico-cresce-1400--no-brasil_411081.html>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

GIORDANO, L. B.; NASCIMENTO, W. M. **Cícero Grão-de-bico.** Brasília-DF: Embrapa, 2005. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159264/1/digitalizar0185.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2020.

GUIMARÃES, C. P.; VIEIRA, H. D.; BELTRAME, R. A. MUSSI-DIAS, V. (2020). Effects of calcium silicate on the protection of *Brachiaria* seeds against *Sclerotium rolfsii*. **Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo.** Disponível em: <<http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/2539>>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; FONSECA, T. A. P. S.; CARVALHO, J. G. Quantificação da ferrugem asiática e aspectos nutricionais de soja suprida com silício em solução nutritiva. **Summa phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 51-56, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010054052010000100009&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

MALISZEWSKI, E. Cultivares de grão-de-bico estão disponíveis aos produtores. **AGROLINK**, 25 abr. 2019. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/cultivares->

de-grao-de-bico-estao-disponiveis-aos-produtores_418535.html>. Acesso em: 24 de junho de 2019.

MIRANDA, P. S.; MORAES, T. R.; SANTOS, J. R. E.; CARVALHO, F. D.; VIANA, J. P.; MALUF, R. P. Aplicação de silício na cultura do milho. **Rev. Ciênc. Agroamb.** v.16, n.1, 2018.

NASCIMENTO, W.M.; PESSOA, H. B. S. V.; GIORDANO, L. B. Cultivo de Grão-de-Bico (*Cicer arietinum* L.). In: **Hortaliças leguminosas**. Brasília-DF: Embrapa, 1998. Disponível em: file:///D:/Usuario/Downloads/digitalizar0229%20(8).pdf acesso em 22 de fevereiro de 2021.

NASCIMENTO, A. D.; FEIJO, F. M.; ALBUQUERQUE, A. W.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. A.; REIS, L. S. Severidade da antracnose do feijão-fava afetada por doses de cálcio e fontes de silício. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 15, n. 2, p. 61-68, 2017.

NAVAS, R.; NUNES, J. M. C.; JUNIOR, J. B. V. Aplicação de ferro e silício na produção de mudas de eucalipto. **Revista Agrarian**, Dourados, v.9, n.32, p. 137-136, 2016.

NOGUEIRA, G.A.; SILVA, S.G.A.; LINHARES, C.M.S.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; NUNES, G.H.S. Methods for inoculation of *Fusarium solani* and *Sclerotium rolfsii* in melon plants. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.1, p.59-63, 2019.

NOGUEIRA, A. M.; JESUS, K. A.; JUNIOR, J. C. L.; BEZERRA, C. E. S. Efeito do silício no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) na cultura do arroz. *Connection Line*. N. 19-2018.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 2º Edição. Unesp. Editora Unesp. 2020. Disponível em: <http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricao_planta_fevereiro_06.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

PEREIRA JÚNIOR, P., REZENDE, P. M., MALFITANO, S. C., LIMA, R. K., CORRÊA, L. V. T., & CARVALHO, E. R. (2010). Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e agrotecnologia**. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542010000400016&script=sci_arttext>. Acesso em 10 de novembro de 2020.

R CORE TEAM. (2015) **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. Distrito Federal: Brasília, 2009, 627p.

SILVA, P. M., SIMONETTI, A. P. M. M., PERES, D. M., PASSOS, F. D. A., SOUZA PINTO, J.; JUNIOR, E. O. C. Uso de silício líquido em girassol. **13ª Seagro 20 a 22 de maio de 2019**. Disponível em:

<<https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/5d0a7db356e01.pdf>>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

STEINER, F., ZUFFO, A. M., BUSH, A., SANTOS, D. M. D. S. Adubação silicatada potencializa a formação de nódulos e a fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 212-221, 2018. Disponível em : <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632018000300212&script=sci_arttext>. Acesso em 10 de novembro de 2020.

SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. Grão-de-bico: a grande nova aposta do agro brasileiro. **AGROLINK**, 31 ago. 2017. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/grao-de-bico--a-grande-nova-aposta-do-agro-brasileiro_397598.html> Acesso em: 24 de junho de 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao contrário do que era esperado neste estudo, a adubação com silício não aumentou a biomassa em nenhum dos experimentos. Concluindo que não houve benefícios do silício sobre estas variáveis.

De acordo com o que é citado sobre os benefícios do silício, com esta pesquisa foi possível afirmar que o elemento influencia na altura de plantas, área foliar e acúmulo de silício nas raízes, parte aérea, folhas e hastes.

Assim se o que for buscado seja aumentar a área foliar e altura de plantas, a adubação com silício poderá ser benéfica.

No entanto, em relação a doença causada pelo *Sclerotium rolfsii* não foi possível realizar as análises, pois as condições físicas não foram favoráveis a incidência da doença.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. D. F. L. F. (2018). Avaliação do stress hídrico em três variedades de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Faculdade de Ciências Universidade do Porto**, 2018 Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/118659/2/312056.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2020.

DEMATTE, J.L.I.; PAGGIARO, C.M.; BELTRAME, J.A.; RIBEIRO, S.S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 133, p. 7-12, 2011. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/CF832453F89BC9D483257A8F005F59AE/\\$FILE/Page7-12-133.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrazil.nsf/0/CF832453F89BC9D483257A8F005F59AE/$FILE/Page7-12-133.pdf)>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2021.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. Análise de silício no solo, planta e fertilizante. Uberlândia – MG, Universidade Federal De Uberlândia Instituto De Ciências Agrárias, **Boletim Técnico n°2**, 1º edição, dez. 2004. Disponível em: http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/bt2_gpsi.pdf>. Acesso em 24 de fevereiro de 2021.

LIMA FILHO, O. F. Pulses e o grão-de-bico: importante mercado mundial para o Brasil. **EMBRAPA**, Produção vegetal, 09 dez 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48714778/artigo---pulses-e-o-grao-de-bico-importante-mercado-mundial-para-o-brasil>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

LIMA FILHO, O. F.; História e o uso do silicato de sódio na agricultura. **Embrapa Agropecuária Oeste Dourados**, MS 2009. 1ª edição (2009): online. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/696871/1/LIVROSILICATO2009online.pdf> acesso em 10 de fevereiro de 2021.

MARAFON, A. C. Agricultura Sustentável. Benefícios do silício para a cana-de-açúcar. **Jornal Dia de Campo**, 28 ago. 2013. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?secao=Artigos%20Especiais&id=28849>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2021.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P. Grão-de-bico: nova aposta do agronegócio brasileiro. 2109. Edição Secagem de Sementes. Edição XXIII/ 03 de mai 2019. **Seed News**. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/2969-grao-de-bico-nova-aposta-do-agronegocio-brasileiro-edicao-maio-2019> acesso em 24 de outubro de 2020.

PEREIRA, T. S. Silício mitiga a toxidez de cádmio em plantas de feijão-caupi. 34 f. 2017. **Universidade Federal Rural da Amazônia**, Campus Paragominas, 2017. Disponível em: <<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/779>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2021.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. 2º Edição. Unesp. Editora Unesp. 2020. Disponível em: <http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/apostila_nutricao_planta_fevereiro_06.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas** n°134 jun. 2011. Disponível em: <<http://www.ipni.net/publication/ia>>

brasil.nsf/0/66D3EE234A3DA5CD83257A8F005E858A/\$FILE/Page14-20-134.pdf>. Acesso em 23 de fevereiro de 2021.

SILVA, A.P.R.; BOAS, R. L. V.; FERNADES, D. M. SILÍCIO NO SOLO E NA PLANTA: EFEITO DE FONTES E MÉTODOS DE APLICAÇÃO. In: COINTER PDVAgro 2020 **V Congresso Internacional de Ciências Agrárias**, 02 a 05 de dezembro. Disponível em: <<https://cointer.institutoidv.org/smart/2020/pdvagro/uploads/3528.pdf>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2021.

VIEIRA, ROGÉRIO F.; RESENDE, MARIA APARECIDA V. DE; CASTRO, MARIA CECÍLIA S. DE. Comportamento de cultivares de grão-de-bico na Zona da Mata e Norte de Minas Gerais. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 17, n. 2, p. 166-170, jul. 1999. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05361999000200019&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 24 de outubro de 2020.

WALLENDORFF, R. Área com grão-de-bico cresce 1000% no Brasil, diz Embrapa. **Canal Rural**, Brasília, 08 de jan. de 2018. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/rural-noticias/area-grao-de-bico-cresce-mil/>>. Acesso em 24 de outubro de 2020.