

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

ALESSANDER VON WAGNER FAGUNDES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora spp.*)
EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SILÍCIO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2023

ALESSANDER VON WAGNER FAGUNDES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora spp.*)
EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SILÍCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Élcio Silvério Klosowski

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2023

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Von Wagner Fagundes, Alessander
PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO
(Passiflora spp.) EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SILÍCIO /
Alessander Von Wagner Fagundes; orientador Élcio Silvério
Klosowski. -- Marechal Cândido Rondon, 2023.
55 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido
Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
2023.

1. uso de silicatos. 2. aspectos biométricos . 3.
fruticultura. I. Silvério Klosowski, Élcio, orient. II.
Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



ALESSANDER VON WAGNER FAGUNDES

Produção de mudas de cultivares de maracujazeiro (*Passiflora* spp.) em função de fontes e doses de silício

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO pela seguinte banca examinadora:

Élcio S. Klosowski
Orientador - Élcio Silvério Klosowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Alessandro Jefferson Sato

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 23 de novembro de 2023

RESUMO

FAGUNDES, Alessandro Von Wagner, M. S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2023. **PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora spp.*) EM FUNÇÃO DE FONTES E DOSES DE SILÍCIO.** Orientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

O maracujazeiro é uma trepadeira frutífera amplamente cultivada em todas as regiões brasileiras e tem passado por atualizações no sistema de produção para cultivos de ciclo único, sendo viabilizado com o uso de mudas altas. Foram desenvolvidos dois experimentos com objetivo de avaliar o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro submetido à aplicação fontes e doses de silício ao redor do caule (*drench*) diretamente no substrato. O delineamento utilizado foi blocos casualizados (DBC), no primeiro experimento em esquema fatorial 5x4, foram avaliadas cinco cultivares em ausência de silício, silicato de magnésio, silicato de potássio e ácido silícico na dose equivalente de 0,084 g L⁻¹ de silício por aplicação, distribuídos em três blocos. Já no segundo experimento, utilizou-se um esquema fatorial 5x4 para avaliar quatro cultivares de maracujazeiro em combinação com concentrações de ácido silícico (0 g L⁻¹, 0,1 g L⁻¹, 0,2 g L⁻¹, 0,4 g L⁻¹ e 0,8 g L⁻¹), distribuídos em três blocos. As cultivares foram a BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado, BRS Mel do Cerrado e BRS Pérola do Cerrado. As mudas foram conduzidas em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Marechal Cândido Rondon. Foi realizado duas avaliações, aos 77 dias após a semeadura (DAS) e aos 157 DAS, de altura de planta, diâmetro do coleto, número de folhas e índice SPAD e, para segunda, além destas, número de entrenós, massa seca parte aérea, raiz e total e índice de qualidade de Dickson. Ao comparar as fontes silício não foi encontrada diferença para altura de planta, diâmetro de coleto e índice SPAD 77 DAS. Aos 157 DAS, a aplicação de silicato de potássio aumentou o índice SPAD e o tratamento com ácido silícico aumentou a massa seca de caule e de raízes. Exceto para número de folhas aos 77 DAS, as cultivares responderam de forma diferente para ausência e níveis de doses aplicadas. Indiferente das doses e a interação entre os tratamentos, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou as menores médias para altura e índice SPAD aos 77 e 157 DAS. A cultivar BRS Sol do Cerrado na dose estimada de 0,18 g L⁻¹ foi a mais indicada para produção de uma muda de qualidade de acordo com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e a BRS Gigante Amarelo obteve a maior altura de planta indiferente do nível de dose testada.

PALAVRAS-CHAVE: uso de silicatos, aspectos biométricos, fruticultura

ABSTRACT

FAGUNDES, Alessandro Von Wagner, M. S. State University of Western Paraná, in June 2023. **MARACUJA CULTIVARS (*Passiflora spp.*) SEEDLING PRODUCTION AS A FUNCTION OF SILICUM SOURCES AND DOSES.** Advisor: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski.

The passion fruit tree is a climbing fruit tree that is widely cultivated in all regions of Brazil and has undergone updates in the production system for single-cycle crops, making it feasible to use tall seedlings. Two experiments were carried out with the aim of evaluating the development of passion fruit seedlings submitted to the application of sources and doses of silicon around the stem (drench) directly into the substrate. The design used was randomized blocks (RBC). In the first experiment, in a 5x4 factorial scheme, five cultivars were evaluated in the absence of silicon, magnesium silicate, potassium silicate and silicic acid at the equivalent dose of 0.084 g L⁻¹ of silicon per application, distributed in three blocks. In the second experiment, a 5x4 factorial scheme was used to evaluate four passion fruit cultivars in combination with silicic acid concentrations (0 g L⁻¹, 0.1 g L⁻¹, 0.2 g L⁻¹, 0.4 g L⁻¹ and 0.8 g L⁻¹), distributed in three blocks. The cultivars were BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and BRS Rubi do Cerrado, BRS Mel do Cerrado and BRS Pérola do Cerrado. The seedlings were grown in a greenhouse at the State University of Western Paraná, Marechal Cândido Rondon Campus. Two evaluations were carried out, at 77 days after sowing (DAS) and 157 DAS, of plant height, collar diameter, number of leaves and SPAD index and, for the second, in addition to these, number of internodes, aerial, root and total dry mass and Dickson quality index. When comparing the silicon sources, no difference was found for plant height, collar diameter and SPAD index at 77 DAS. At 157 DAS, the application of potassium silicate increased the SPAD index and the treatment with silicic acid increased the dry mass of the stems and roots. Except for the number of leaves at 77 DAS, the cultivars responded differently to the absence and levels of doses applied. Regardless of the doses and the interaction between treatments, cultivar BRS Mel do Cerrado had the lowest averages for height and SPAD index at 77 and 157 DAS. The cultivar BRS Sol do Cerrado at the estimated dose of 0.18 g L⁻¹ was the most suitable for producing a quality seedling according to the Dickson Quality Index (IQD) and BRS Gigante Amarelo had the highest plant height regardless of the dose level tested.

KEY WORDS: use of silicates, biometric aspects, fruit growing

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	8
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO (<i>Passiflora</i> spp.) EM FUNÇÃO DE FONTES DE SILÍCIO	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS	27
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO (<i>Passiflora</i> spp.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS	50
CONCLUSÕES GERAIS	55

INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por mudas de maracujazeiro de alta qualidade, capazes de resistir a diversas pragas e doenças que afetam essa cultura, tem impulsionado a busca por tecnologias que garantam a produção e qualidade dessa espécie. O uso de minerais, como o silício, tem sido explorado como uma estratégia para fortalecer as plantas e promover seu desenvolvimento, tornando-as mais resistentes a fungos, insetos e condições ambientais adversas (QUEIROZ et al., 2018). Portanto, é fundamental desenvolver estudos que investiguem os efeitos da absorção e atuação desses minerais nas plantas.

No cultivo tradicional, praticado em muitos estados das regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil, as plantas do maracujá produzem por dois ou mais ciclos, sendo submetidas a uma poda de limpeza, mantendo ramos estruturais para o surgimento de brotações de ramos produtivos (HAFLE et al., 2012). No entanto, nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, está sendo recomendado o cultivo como uma cultura anual ou de ciclo único, como uma medida de controle do vírus do endurecimento do fruto, causado pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CARVALHO et al., 2015).

As cultivares mais utilizadas são da espécie *P. edulis*, conhecidas como maracujá-azedo, são de dupla aptidão, apresentando altos índices de produtividade, acima de 50 t ha⁻¹, com a massa dos frutos variando entre 120 e 350 g e rendimento de polpa superior a 35% (EMBRAPA, 2016). Além das cultivares pertencentes à espécie *P. edulis*, outras cultivares têm sido utilizadas para fins comerciais, como a cultivar BRS Mel do Cerrado (*P. alata* DC) é caracterizada por sua alta produtividade, frutos possuem casca amarela quando maduros, com peso médio de até 300g e polpa com coloração amarelo alaranjada, alto teor de sólidos totais e baixa acidez (FALEIRO et al., 2016). Já a cultivar BRS Pérola do Cerrado (*P. setacea* DC) é conhecida por sua rusticidade e tolerância às principais doenças. Os ramos são densos, as folhas são verde-escuras e as flores brancas abrem-se no final da tarde e permanecem abertas até o início da manhã. Essas flores são polinizadas por grandes insetos e pequenos morcegos. Os frutos são de cor verde-escuro com faixas verde-claras, que não mudam de cor quando maduros. A polpa é doce e menos ácida em comparação com a espécie *P. edulis*, sendo muito apreciada como maracujá de mesa ou na preparação de sucos (COSTA, 2020).

Para adaptar o cultivo do maracujazeiro no sistema de ciclo único, a principal técnica que vem sendo difundida é a utilização de mudas maiores, conhecidas como "mudão", com a semeadura realizada nos meses de março/abril, cultivadas por até 180 dias, com o transplante

a campo ocorrendo entre agosto e setembro, após um período de vazio sanitário e quando não há mais risco de geadas (STENZEL et al., 2019).

Além da utilização de mudas maiores, é importante garantir uma elevada taxa de sobrevivência no transplante para o campo e o menor estresse possível durante esta operação. A aplicação de silício tem sido associada a um melhor desenvolvimento em diversas culturas, principalmente devido à sua capacidade de estimular as respostas de defesa das plantas contra estresses abióticos, como seca, salinidade e metais pesados (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022; FERNANDES et al., 2022; DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021; MUNARO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015) e bióticos, como insetos e patógenos (FERRAZ et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2017).

O silício constitui aproximadamente 28% da crosta terrestre, segundo elemento mais abundante na litosfera, logo após o oxigênio (MENEGALE et al., 2015). As fontes de silício para o solo são os adubos formulados ou rochas silicatadas, decomposição de resíduos vegetais, dissociação de ácido silícico polimérico, dissolução dos minerais cristalinos e não cristalinos do solo ou a partir da desorção dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (TUBAÑA & HECKMAN, 2015). No entanto, o silício não é considerado um elemento essencial para as plantas de acordo com os critérios de essencialidade, isso significa que não é necessário para a conclusão do ciclo vegetal e não participa de processos fisiológicos e rotas metabólicas vitais para as plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006), sendo considerado benéfico ou útil para as plantas, pois melhora certas respostas, como o crescimento e desenvolvimento, aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos, além de auxiliar no aproveitamento de outros nutrientes (TEMIZ et al., 2017).

Apesar do crescente interesse nas aplicações de silício no solo na agricultura, ainda há lacunas na compreensão sobre os diferentes fatores que influenciam sua disponibilidade, fatores precisam ser compreendidos e estudados para otimizar o uso de silício como estratégia de manejo agrícola (HAYNES, 2019). Mesmo assim, o silício tem se mostrado um nutriente desejável com grande valor econômico e agrônômico, como silicatos de cálcio, magnésio e potássio, ou como fontes mais puras e solúveis como o ácido silícico (LIANG et al., 2015).

O papel desempenhado pelo silício na nutrição vegetal ainda é vago e é preciso ser melhor elucidado, embora sejam bastante descritos na literatura os benefícios atribuídos ao silício quando relacionado a capacidade de estimular a resistência das plantas à fatores estressores bióticos e abióticos (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022; FERNANDES et al., 2022; DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021; MUNARO et al., 2016;

RODRIGUES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015; FERRAZ et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2017).

Desta forma, estudos envolvendo a adoção de silício e a realização de um comparativo dos efeitos entre fontes e concentrações ideais são necessários no que se refere ao desenvolvimento das plantas. Assim, o trabalho teve por objetivo geral avaliar a ação do silício por meio da utilização de diferentes fontes e concentração desse elemento no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro das espécies *Passiflora edulis*, *Passiflora alata* e *Passiflora setacea*, a fim de verificar se os benefícios e as vantagens são realmente promovidos por esse micronutriente.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora spp.*) EM FUNÇÃO DE FONTES DE SILÍCIO

Alessander Von Wagner Fagundes¹, Élcio Silvério Klosowski²

RESUMO

O maracujazeiro é uma trepadeira frutífera amplamente cultivada em todas as regiões brasileiras e tem passado por atualizações no sistema de produção para uso de mudas altas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro submetido à aplicação fontes de silício ao redor do caule (*drench*) diretamente no substrato. O delineamento foi blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5x4, com cinco cultivares em ausência de silício, silicato de magnésio, silicato de potássio e ácido silícico na dose equivalente de 0,084 g L⁻¹ de silício por aplicação, distribuídos em três blocos. As cultivares foram a BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado, BRS Mel do Cerrado e BRS Pérola do Cerrado. As mudas foram conduzidas em casa de vegetação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Marechal Cândido Rondon. Foram realizadas duas avaliações, aos 77 DAS e aos 157 DAS, de altura de planta, diâmetro do coleto, número de folhas e índice SPAD, número de entrenós, massa seca parte aérea, raiz e total e índice de qualidade de Dickson. A aplicação das fontes silício não afetou o crescimento das mudas e não alterou o teor de clorofila nas folhas até os 77 DAS. Aos 157 DAS, a aplicação de silicato de potássio aumentou o índice SPAD e o tratamento com ácido silícico aumentou a massa seca de caule e de raízes, com maior índice de qualidade de Dickson.

PALAVRAS-CHAVE: uso de silicatos, aspectos biométricos, fruticultura

MARACUJA CULTIVARS (*Passiflora spp.*) SEEDLING PRODUCTION AS A FUNCTION OF SILICE SOURCES

ABSTRACT

The passion fruit tree is a climbing fruit tree that is widely cultivated in all Brazilian regions and has undergone updates in the production system to use tall seedlings. The aim of this study was to evaluate the development of passion fruit seedlings when silicon sources were applied directly to the substrate around the stem (*drench*). The design was entirely randomized blocks, in a 5x4 factorial scheme, with five cultivars in the absence of silicon, magnesium silicate, potassium silicate and silicic acid at a dose equivalent to 0.084 g L⁻¹ of silicon per application, distributed in three blocks. The cultivars were BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and BRS Rubi do Cerrado, BRS Mel do Cerrado and BRS Pérola do Cerrado. The seedlings were grown in a greenhouse at the State University of Western Paraná, Marechal Cândido Rondon Campus. Two evaluations were carried out, at 77 DAS and 157 DAS, of plant height, collar diameter, number of leaves and SPAD index, number of internodes, aerial, root and total dry mass and Dickson's quality index. The application of silicon sources did not affect the growth of the seedlings and did not alter the chlorophyll content in the leaves until 77 DAS. At 157 DAS, the application of potassium silicate increased the SPAD index and the treatment with silicic acid increased the dry mass of the stems and roots, showing a higher Dickson.

KEYWORDS: use of silicates, biometric aspects, fruit growing

¹ Eng. Agrônomo, mestrando em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Orientador: Prof. Dr. Élcio Silverio Klosowski. Rua Irati, 1526, Jd. Ouro Branco, Paranavaí/PR. E-mail: alessander.fagundes@unioeste.br

² Eng. Agrônomo, mestrado e doutorado em Agronomia, professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, Marechal Rondon, PR. E-mail: elciosk1@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O maracujá, cujo nome deriva do termo tupi "mara kuya" que significa "fruto que se serve" ou "alimento na cuia", pertence à família *Passifloraceae*, é uma planta espontânea nas regiões subtropicais e tropicais das Américas, com um grupo botânico que engloba 630 espécies e 16 gêneros (OCAMPO & D'EECKENBRUGGE, 2017). No Brasil, foram catalogadas 154 espécies nativas e cultivadas e quatro gêneros, sendo o gênero *Passiflora*, em particular o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger), de maior destaque na agricultura em termos econômicos (BERNACCI et al., 2015).

O maracujazeiro é uma planta trepadeira semilenhosa, de crescimento rápido, que requer estruturas de suporte para o seu cultivo, produz frutos redondos ou ovóides, que adquirem coloração amarela ou púrpura escura quando maduros e são abundantes em sementes, com polpa de cor amarelo intenso, sabor forte e alto teor de acidez, tornando-os adequados tanto para consumo in natura quanto para uso na indústria (FALEIRO et al., 2016).

No Brasil, o maracujazeiro é amplamente cultivado e, segundo o IBGE (2023) a produção estimada é de quase 700 mil toneladas, movimentando cerca de R\$ 1,5 milhão em 2021, com o estado do Paraná contribuindo com 2,9% do total da produção nacional.

Para viabilizar a expansão do cultivo de maracujá no estado do Paraná, é necessário desenvolver tecnologias que aumentem a produtividade e permitam a primeira colheita mais precoce, levando em consideração os problemas fitossanitários, como o vírus do endurecimento do fruto (*Cowpea aphid-borne mosaic virus*) (CARVALHO et al., 2015).

A estratégia para superar essa condição envolve a implementação de um novo modelo de cultivo anual e a adoção de um período de vazio sanitário entre os meses de julho e agosto, incluindo a produção de mudas de alta qualidade, em estágio avançado de desenvolvimento e com menor suscetibilidade aos agentes estressores durante o transplante, buscando obter uma produção mais precoce e plantas mais desenvolvidas ao final do ciclo (STENZEL et al., 2019).

Para atingir esse objetivo, é necessário a condução das mudas em ambiente protegido e com adubação equilibrada para uma melhor eficiência na conversão de fotoassimilados e distribuição de fitomassa entre a parte aérea e o sistema radicular (FALEIRO et al., 2016). Diversos autores apontam o silício como um elemento com efeitos benéficos frente à estresse abiótico (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022), déficit hídrico (FERNANDES et al., 2022), salinidade (DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021), influência sobre características de rendimento, produtividade (MUNARO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016), qualidade fisiológica e desenvolvimento do sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2015), eficiência

fotoquímica (FERRAZ et al, 2014), além de mitigar os danos causados pelo ataque de pragas e doenças (NASCIMENTO et al., 2017).

O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, representando 27,7% da composição, sendo superado apenas pelo oxigênio e, embora não seja considerado um elemento essencial para as plantas, ele é classificado como benéfico ou útil, uma vez que sua presença não é necessária para completar o ciclo vegetativo ou participar de processos fisiológicos e rotas metabólicas vitais para as plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

O fornecimento de silício ao solo ocorre através de adubos formulados ou rochas silicatadas como fontes solúveis ou insolúveis, decomposição de resíduos vegetais, dissociação de ácido silícico polimérico, dissolução dos minerais cristalinos e não cristalinos do solo, ou a partir da desorção dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (TUBAÑA & HECKMAN, 2015). A remoção do silício do solo pode ocorrer por meio da absorção pelas plantas, lixiviação, adsorção em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, polimerização do ácido silícico em polímeros ou pela precipitação do silício da solução do solo na formação de minerais (MENECALE et al., 2015).

O silício solúvel é absorvido pelas raízes na forma neutra, como ácido silícico ou monossilicato, sendo regulado passivamente pela transpiração através do xilema, ou por meio de transporte ativo, utilizando transportadores específicos localizados na membrana plasmática das células das raízes e, uma vez absorvido, o silício é depositado como sílica amorfa nas lâminas foliares, bainhas foliares, colmos, cascas e raízes, enquanto uma parte permanece na forma solúvel (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Para suprir as necessidades de silício podem ser empregados produtos comerciais como rochas moídas, resíduos vegetais como casca de arroz e bagaço de cana ou as cinzas resultantes do processo de queima desses resíduos, todavia, apesar desses materiais apresentarem baixa perda por lixiviação, fixação e volatilização, possuem lenta disponibilização desse nutriente no solo (NASCIMENTO et al., 2015).

Embora sejam descritos na literatura os benefícios atribuídos ao silício para o desenvolvimento e crescimento de plantas, ainda existem várias questões em relação às vantagens de sua utilização. É necessário realizar estudos que investiguem o efeito benéfico específico desse nutriente, por meio da aplicação isolada de silício.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento vegetativo de mudas de diferentes cultivares de maracujazeiro, submetidas à aplicação de silicato de magnésio, silicato de potássio e ácido silícico, por meio da análise de características biométricas, índice SPAD e índice de qualidade de Dickson.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho a novembro de 2022, em casa de vegetação localizada no *Campus* Marechal Cândido Rondon da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no estado do Paraná, Brasil (24°33'29.3"S 54°02'43.9"W). A área está situada a 420 metros de altitude e possui clima subtropical úmido. A partir de dados obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes ao município de Marechal Cândido Rondon, foi calculada a média das temperaturas máximas diárias, médias diárias e mínimas diárias durante o período de 2 de junho a 5 de novembro de 2022, resultando em 25,54°C, 18,89°C e 13,88°C, respectivamente (INMET, 2023).

A estrutura da casa de vegetação é composta por ferro galvanizado, com teto em forma de arco e dimensões de 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito. A cobertura é feita com filme plástico de polietileno de baixa densidade, com filtro difusor e proteção anti-UV e espessura de 150 µ. As laterais da casa de vegetação estão fechadas com tela branca de 40% de sombreamento.

Os tubetes foram colocados em uma bancada de 0,8 x 1,5 m, feita de tela galvanizada ondulada, com uma malha de 38,10 mm e fio de arame de 2,76 mm, organizados em 18 colunas por 10 linhas, de forma alternada, com uma célula contendo o tubete seguida por uma célula vazia, permitindo espaço para o desenvolvimento da parte aérea das mudas, no total de 180 mudas ocupando uma área de 1,2 m².

As sementes utilizadas foram de cultivares híbridas, obtidas da empresa Agrocinco Ltda. certificadas pela Embrapa, com garantia de pureza de 99% e germinação de 90%. A semeadura foi realizada em 2 de junho de 2022, utilizando 1 semente por tubete com as seguintes cultivares: BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado, da espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger, a cultivar BRS Mel do Cerrado, da espécie *Passiflora alata* DC, e a cultivar BRS Pérola do Cerrado, da espécie *Passiflora setacea* DC.

As mudas foram conduzidas por 157 dias em tubetes de 280 cm³ (63 x 190 mm), utilizando substrato comercial MEC Plant[®], composição química de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Análise da composição química do substrato MEC Plant[®]

pH (H ₂ O)	M.O.	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Cu	Zn
-----g Kg ⁻¹ -----										-----mg Kg ⁻¹ -----			
4,10	310,32	180	7,30	6,40	3,00	0,20	22,40	20,00	1,20	5.800	180	24	90

Os tubetes foram colocados em uma bancada de 0,8 x 1,5 m, feita de tela galvanizada ondulada, com uma malha de 38,10 mm e fio de arame de 27,60 mm, organizados em 18 colunas por 10 linhas, de forma alternada, com uma célula contendo o tubete seguida por uma

célula vazia, permitindo espaço para o desenvolvimento da parte aérea das mudas, no total de 180 mudas ocupando uma área de 1,2 m².

As mudas foram submetidas a dois turnos de rega por aspersão de 15 minutos por dia, no início da tarde e no início da noite, com uma lâmina de irrigação de 2 mm por turno de rega ou 50 mL por dia por tubete. Para obter o volume de água utilizado na irrigação, foi instalada uma proveta de 500 mL na área do experimento, com um tubete vazio encaixado na borda da proveta, de modo a captar exatamente o volume de água correspondente à área da tubete em cada turno de rega. Esse valor foi obtido pelas médias de três coletas realizadas durante a irrigação no início da tarde e outras três coletas realizadas durante a irrigação no início da noite.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 5x4, com 5 cultivares, 3 fontes de silício, além do tratamento controle com água pura, três blocos e três plantas para cada parcela, totalizando 180 plantas. Os tratamentos foram T1: testemunha; T2: silicato de magnésio, produto insolúvel produzido através de rochas silicatadas (SiO₂ = 39,47%, MgO = 33,26%, CaO = 1,92%, Al₂O₃ = 1,45%, Fe₂O₃ = 6,44%, K₂O = 0,12%, TiO₂ = 0,07%, MnO = 0,09%, P₂O₅ = 0,03%, Perda ao fogo = 17,73%); T3: silicato de potássio comercial Sifol[®]; (Si = 12% e K₂O = 15); T4: ácido silícico solúvel (Si = 42%).

Foram realizadas aplicações semanais ao redor do caule das plantas (*drench*) de 40 mL de solução previamente preparadas, com a fonte de silício a ser testada adicionada em balde plástico contendo 3 litros de água.

As dosagens dos tratamentos foram baseadas nas recomendações sugeridas pelos fabricantes e foram ajustadas para fornecer a mesma proporção de silício (0,084 g L⁻¹ de silício), uma vez que cada produto utilizado possuía uma concentração diferente de silício em sua formulação. As doses aplicadas foram as seguintes: T1 = água pura; T2 = 0,47 g L⁻¹ de silicato de magnésio; T3 = 0,7 mL L⁻¹ de Sifol[®]; T4 = 0,20 g L⁻¹ de ácido silícico. Ao todo, foram realizadas 23 aplicações, totalizando 0,077 g de silício por muda. As doses foram determinadas a partir da sugestão dos fabricantes, posteriormente ajustadas para fornecerem mesmo teor de silício para todos os tratamentos.

Foram realizadas duas avaliações, a primeira no dia 17 de agosto de 2022 aos 77 DAS, e a segunda no dia 05 de novembro de 2022 aos 157 DAS. Aos 77 DAS foram avaliados a altura de planta, medidas com régua do coleto até o meristema apical, contagem do número de folhas fotossintetizantes, descartando as folhas cotiledonares e diâmetro de coleto com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), foi obtido por equipamento medidor de clorofila, SPAD-502, que avalia quantitativamente a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela clorofila e, a 940 nm, onde não ocorre absorção, sendo correlacionado com o teor de clorofila e pode identificar a deficiência de nitrogênio na planta (MARKWELL et al., 1995; GUIMARÃES et al., 1999).

Para segunda avaliação aos 157 DAS, foram avaliadas a altura de planta, número de folhas, diâmetro de coleto, índice SPAD, como realizado na primeira avaliação. Para obtenção da massa seca, foram separadas as folhas, caules e raízes individualmente, acondicionadas em sacos de papel kraft, identificados, secos em estufa de circulação de ar forçada a 65°C e pesados em balança com precisão de 0,0001 g Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do colo-coleto (D), massa seca total (MST) que é dada pela soma da massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca das raízes (MSR), por meio da equação (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (01)$$

Os dados foram coletados a partir da média entre as plantas que compunham cada parcela, sendo considerado outlier as plantas mortas ou com desenvolvimento atípico, sendo submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey com nível de significância de 95%, realizada por meio do programa computacional Sisvar versão 5.8 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultivar BRS Pérola do Cerrado não foi incluída na análise estatística devido à baixa taxa de germinação e desenvolvimento adequado das plantas. Mesmo com a empresa fornecedora das sementes oferecer uma garantia mínima de 90% de taxa de germinação, das 36 sementes, apenas 16 germinaram (44%) e 1 se desenvolveu de forma adequada (2,8%).

Em condições naturais, a taxa de germinação e desenvolvimento vegetativo da *P. setacea* é geralmente baixa e irregular, uma característica comum em várias espécies do gênero *Passiflora*, atingindo taxas satisfatórias de germinação apenas quando submetidas ao uso de fitorreguladores (JOSÉ et al., 2019; COSTA et al., 2015). A utilização de fontes de silício não influenciou na germinação dessa espécie, o que é consistente com o estudo de Pinheiro et al. (2022) que investigaram os efeitos do silício no tratamento de sementes de

sorgo expostas ao estresse salino e concluíram que o uso de silício não melhora a germinação, independentemente da espécie em estudo.

Na primeira avaliação realizada em 17 de agosto de 2022, aos 77 DAS, foram encontradas diferenças na interação entre a cultivar e a fonte de silício em relação à altura e ao número de folhas. Para as fontes de silício as diferenças foram observadas apenas para altura de planta e, entre as cultivares, foram observadas diferenças para todas as variáveis testadas aos 77 DAS.

As maiores médias de altura foram obtidas na cultivar BRS Mel do Cerrado no tratamento controle e na cultivar BRS Rubi do Cerrado ao utilizar o silicato de magnésio, enquanto a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou a menor média de altura quando foi utilizado o ácido silícico. Os resultados obtidos, conforme apresentados na Tabela 02, mostram que o silício não contribuiu para um maior crescimento em altura das plantas até os 77 DAS, exceto para a cultivar BRS Rubi do Cerrado.

TABELA 2: Médias das cultivares de maracujazeiro, fonte de silício e interação avaliadas aos 77 DAS para altura de planta (cm).

Fontes de Silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Testemunha	11,4167 aB	13,2000 aB	12,0500 bcB	21,0667 aA	14,4333
Silicato de magnésio	9,4000 abC	12,9333 aB	20,0167 aA	13,6500 bB	14,0000
Silicato de potássio	9,4667 abB	12,0167 aAB	14,4333 bA	13,5000 bA	12,3542
Ácido Silícico	6,4333 bB	10,8667 aA	9,9333 cAB	13,0333 bA	10,0666
Média	9,1792	12,2542	14,1083	15,3125	12,7135
CV (%)					12,40

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

A cultivar BRS Sol do Cerrado e a BRS Mel do Cerrado obtiveram as maiores médias para o diâmetro do coleto, enquanto a BRS Rubi do Cerrado apresentou a menor média sem a influência do silício até os 77 DAS (Tabela 03).

Tabela 3: Média entre cultivares de maracujazeiro aos 77 DAS para diâmetro de coleto (mm).

Fontes de Silício	Cultivares				
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Média	2,7708 BC	3,2084 A	2,7459 C	3,0258 AB	
CV (%)					8,56

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Ao avaliar o número de folhas, a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou a maior média, independentemente das fontes de silício ou sua ausência. O efeito da interação entre as cultivares e as diferentes fontes e ausência de aplicação de silício foi observado apenas na

cultivar BRS Mel do Cerrado, com médias inferiores ao utilizar as fontes solúveis de silício, como o silicato de potássio e o ácido silícico (Tabela 04).

Tabela 4: Médias entre cultivares de maracujazeiro e interação entre cultivares e fontes e ausência de silício para número de folhas.

Fontes de Silício	Cultivares			
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado
Testemunha	8,8333 aA	7,3333 aA	7,3333 aA	7,6667 abA
Silicato de magnésio	7,8333 aAB	7,1667 aB	6,5000 aB	9,0000 aA
Silicato de potássio (Sifol®)	8,7222 aA	7,3333 aAB	6,6667 aB	6,6667 bB
Ácido Silícico	8,0000 aA	7,0000 aAB	7,6667 aAB	6,3333 bB
Média	8,3472	7,2083	7,0417	7,4167
CV (%)	9,85			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

O índice SPAD, que indica o teor de nitrogênio e clorofila nas folhas, não apresentou diferenças ao avaliar a interação entre os tratamentos. A cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou as menores médias para este índice, enquanto a BRS Rubi do Cerrado e BRS Sol do Cerrado apresentaram as maiores médias (Tabela 05).

TABELA 5: Médias das cultivares de maracujazeiro avaliadas aos 77 DAS para Índice SPAD.

Fontes de Silício	Cultivares			
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado
Média	49,8958 B	51,4958 AB	54,9667 A	41,3917 C
CV (%)	8,44			

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Aos 77 DAS não ocorreram diferenças na interação para diâmetro do coleto e índice SPAD. Para as fontes de silício a diferença ocorreu apenas na altura da planta, enquanto entre as cultivares, as diferenças foram observadas em todas as variáveis avaliadas.

Possivelmente, aos 77 DAS, o desenvolvimento inicial das mudas foi influenciado principalmente pelas reservas contidas nas sementes e pelas características das cultivares, com pouca influência dos nutrientes presentes na solução do solo (RETHORE et al., 2019). Além disso, é plausível que a influência do silício tenha ocorrido no início do desenvolvimento do sistema radicular, conforme sugerido por Epstein & Bloom (2006), a fertilização com silício pode proporcionar benefícios ao desenvolvimento radicular, direcionando os fotoassimilados para as raízes. No entanto, ao avaliar mudas de maracujazeiro aos 60 dias, Costa et al. (2016) verificaram maior desenvolvimento da parte aérea em detrimento do desenvolvimento radicular ao aumentar as concentrações das doses aplicadas.

A segunda avaliação foi realizada em 5 de novembro de 2022, aos 157 DAS, com diferenças na interação entre os fatores em relação à altura da planta, diâmetro do coleto, número de folhas, número de entrenós e índice SPAD.

Foram observadas diferenças na interação dos tratamentos para a massa seca do caule, massa seca da raiz e índice de qualidade de Dickson (IQD). No caso da massa seca da parte aérea, foram encontradas diferenças apenas nas fontes e ausência de silício, enquanto as diferenças na massa seca total foram observadas apenas entre as cultivares. Não foram encontradas diferenças para massa seca das folhas.

Aos 157 DAS verificou-se que para a altura das plantas a cultivar BRS Gigante Amarelo demonstrou maior potencial para produção de mudas altas, com desempenho superior em relação às outras cultivares, com os maiores resultados obtidos na testemunha e com aplicação de silicato de potássio, com média entre cultivares 42% maior quando comparada a cultivar BRS Rubi do Cerrado, que obteve a menor média de altura (Tabela 9).

Para a cultivar BRS Mel do Cerrado, a aplicação de silicato de potássio resultou na menor média, enquanto a cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou médias inferiores quando qualquer fonte de silício foi aplicada. Não foram observadas diferenças entre as fontes e a ausência de silício na cultivar BRS Rubi do Cerrado. Esperava-se que essa cultivar fosse superior, como observado na primeira avaliação, porém, aos 157 DAS apresentou as menores médias em relação às outras cultivares. (Tabela 06).

TABELA 6: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS para altura de planta (cm).

Fontes de Silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Testemunha	59,0222 aA	44,5833 aB	23,6222 aC	38,2000 aB	41,3569
Silicato de magnésio	49,4333 bA	35,3500 bB	25,9667 aC	36,7000 aB	36,8625
Silicato de potássio	62,7222 aA	30,9833 bB	18,3833 aC	20,0667 bC	33,0389
Ácido Silícico	40,1167 cA	32,6667 bA	21,1500 aB	34,4556 aA	32,0972
Média	52,8236	35,8958	22,2805	32,3558	35,8389
CV (%)					10,21

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Em todas as cultivares, a ausência de silício resultou em médias superiores ou iguais às dos demais tratamentos para diâmetro de coleto aos 157 DAS. Para cultivar BRS Gigante Amarelo as fontes de silício não influenciaram os resultados (Tabela 07). Possivelmente, estes resultados encontrados para parte aérea são devidos o maracujazeiro ser considerado um não acumulador de silício nas folhas e no caule (Ma et al., 2001).

TABELA 7: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS para diâmetro de coleto (mm).

Fontes de Silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Testemunha	4,8595 aA	5,2233 abA	4,8622 aA	5,3750 aA	5,0800
Silicato de magnésio	4,4955 aB	4,8867 abAB	4,8067 aAB	5,1283 abA	4,8293
Silicato de potássio	5,0450 aA	5,3000 aA	4,0300 bB	4,2283 cB	4,6508
Ácido Silícico	4,4772 aA	4,6633 bA	4,5300 abA	4,7217 bcA	4,5980
Média	4,7193	5,0183	4,5572	4,8633	4,7895
CV (%)			5,83		

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Entre a primeira e a segunda avaliação, observou-se a abscisão de folhas, possivelmente porque o tamanho do recipiente utilizado foi pequeno. Conforme recomendado por Stenzel et al. (2019) e Zaccheo et al. (2013), mudas com mais de 45 DAS e altura superior a 12 cm deveriam ser transplantadas para recipientes com um volume aproximado de 2 litros.

Em relação ao número de folhas, foi observado que apenas a cultivar BRS Rubi do Cerrado não apresentou interação com as fontes de silício e a ausência de silício. Essa mesma ausência de interação foi observada para o número de entrenós nas cultivares BRS Rubi do Cerrado e BRS Sol do Cerrado. No caso da cultivar BRS Gigante Amarelo, o ácido silícico teve um impacto negativo no número de folhas e no número de entrenós. Já para as cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Mel do Cerrado, as menores médias foram observadas quando o silicato de potássio foi aplicado.

Ao longo das duas avaliações realizadas, a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou o maior número de folhas, o que pode ter influenciado nas médias de altura da planta. Essa diferença pode estar relacionada às características genéticas específicas dessa cultivar. Por outro lado, a cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou a menor média, especialmente quando o silicato de potássio foi aplicado. Tanto para o número de folhas como para o número de entrenós, a ausência de aplicação de silício resultou em médias superiores (Tabela 08).

Ao analisar as fontes de silício e a ausência de aplicação para altura, diâmetro do coleto, número de folhas e número de entrenós, verificou-se que a ausência de aplicação de silício resultou em médias superiores em todas as cultivares. Esses resultados corroboram com a primeira avaliação, sugerindo que a aplicação de silício não teve influência positiva no desenvolvimento da parte aérea das mudas.

TABELA 8: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS para número de folhas, número de entrenós e diferença entre o número de folhas e números de entrenós.

Fontes de Silício	Cultivares				Médias
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
	Número de Folhas				
Testemunha	14,6667 aA	9,1111 aC	10,1111 aC	12,4444 aB	11,5833
Silicato de magnésio	13,5555 abA	9,3889 aB	9,8333 aB	12,6667 aA	11,3611
Silicato de potássio	14,2777 aA	7,1667 bC	9,2222 aB	9,0000 bBC	9,9167
Ácido Silícico	12,3333 bA	8,5000 abC	9,8889 aBC	11,1667 aAB	10,4722
Média	13,7083	8,5417	9,7639	11,3194	10,8333
CV (%)	7,75				
	Número de Entrenós				
Testemunha	15,4444 aA	11,3889 aC	10,5556 aC	13,2777 aB	12,6667
Silicato de magnésio	13,6667 abA	10,3333 aB	10,1667 aB	13,0000 aA	11,7917
Silicato de potássio	15,0556 aA	10,5556 aB	10,3333 aB	9,6667 cB	11,4028
Ácido Silícico	12,5556 bA	11,1667 aBC	10,0556 aC	11,5556 bAB	11,3333
Média	14,1805	10,8611	10,2778	11,8750	11,7986
CV (%)	4,34				

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Aos 157 DAS, a cultivar BRS Gigante Amarelo apresentou maior número de folhas e entrenós e, mesmo sua menor média quando aplicado ácido silícico, os resultados são superiores aos demais tratamentos, o que pode estar relacionado as características fenotípicas de altura da planta específicos dessa cultivar. A cultivar BRS Rubi do Cerrado não apresentou diferença entre as fontes e ausência de silício, enquanto a cultivar BRS Sol do Cerrado e BRS Mel do Cerrado apresentaram média inferior quando foi utilizado o silicato de potássio.

As cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado não apresentaram diferenças em relação à fonte de silício utilizada. No entanto, na cultivar BRS Gigante Amarelo, observou-se uma média inferior quando o ácido silícico foi utilizado, enquanto na cultivar BRS Mel do Cerrado, a menor média foi encontrada quando o silicato de potássio foi aplicado, seguido pelo ácido silícico.

Os resultados obtidos para as características biométricas evidenciam variações fenotípicas entre as cultivares e a interação com as fontes de silício utilizadas. Carvalho et al. (2015) destaca a importância de buscar a antecipação do início da produção, o que pode ser alcançado através da promoção do rápido crescimento das mudas, seja por meio de fatores genéticos, práticas de manejo ou pela implementação de avanços tecnológicos específicos para a cultura. De acordo com Santos et al. (2017), a produtividade do maracujazeiro é influenciada pela idade das mudas e seu tamanho no momento do transplante, com pomares implantados com mudas altas com mais de 100 dias alcançando resultados mais promissores.

Os resultados obtidos neste estudo são consistentes com as descobertas de Prates et al. (2012), que utilizaram diferentes doses de pó de rocha silicatada (entre 1,25 e 10,0 kg m⁻³) e

não observaram interação significativa quando combinadas com adubação fosfatada ao estudar mudas de pinhão-manso e Tessaro (2013) que constatou diferenças na produção de mudas de couve-chinesa ao utilizar doses de pó de rochas silicatadas entre 70 e 90 kg m⁻³ na composição do substrato.

Os resultados obtidos por Prates et al. (2012) e Tessaro (2013) sugerem que a dose acumulada de 0,1951 g de silicato de magnésio insolúvel por tubete, equivalente a 0,697 kg m³, foi insuficiente para influenciar a altura das mudas. Entretanto, Costa et al. (2016), ao estudarem mudas de maracujazeiro, verificaram aumento na altura e no diâmetro do coleto das mudas com concentrações crescentes de ácido silícico até 0,055 g dm⁻³, porém, a partir da concentração de 0,083 g dm⁻³, houve uma redução nas médias, sugerindo que a diminuição na biomassa da parte aérea pode estar relacionada ao redirecionamento de fotoassimilados para o desenvolvimento de raízes, expressando assim o menor crescimento da planta.

Souza et al. (2020) demonstraram que a dose de 7,0 g dm⁻³ de silicato de cálcio foi capaz de mitigar o estresse salino em mudas de maracujazeiro da cultivar BRS Gigante Amarelo e, Zanão Junior et al. (2013), constataram que doses entre 0,25 e 1,00 g dm⁻³ de metasilicato de potássio resultaram em melhor produção e qualidade de rosas em cultivo protegido, embora tenham observado efeitos negativos com o aumento das doses. Esses estudos evidenciam a importância da dose adequada de silício e sua interação com diferentes culturas, destacando que resultados variados podem ser obtidos dependendo da espécie e das condições de cultivo.

Verificou-se que as fontes solúveis de silício têm um impacto mais perceptível nas características biométricas das plantas, enquanto as fontes insolúveis requerem doses maiores para alcançar efeitos significativos. A dose de 0,084 g por tubete aparenta ser alta quando se utiliza fontes solúveis, porém, é baixa quando se trata de fontes insolúveis.

Moraes et al. (2022) realizaram uma revisão de estudos que relacionam o silício aos mecanismos de alívio do estresse abiótico em plantas, como estresse hídrico, salinidade e metais pesados, mas não encontraram diferenças nas respostas do silício em relação aos tipos de estresse abiótico, mas como um atenuador dos fatores estressores de maneira geral. Pereira et al. (2019) encontraram resultados semelhantes ao estudar os efeitos do silicato de potássio no crescimento de plantas de pimentão submetidas a tensões de água no solo, verificando que as plantas mantiveram uma área foliar maior, mesmo em condições de estresse.

Especificamente em ambientes salinos, o silício induz a redução da absorção de íons tóxicos, como o sódio, e promove o aumento da absorção de potássio, devido ao seu papel estimulante nas atividades metabólicas, fisiológicas e estruturais das plantas, o que também

pode ocorrer em condições de déficit hídrico (NEVES et al., 2019). Diniz et al. (2021) constataram que, ao aplicar fontes solúveis de silício, em níveis elevados de salinidade, os efeitos do silício em mudas de maracujá sob estresse salino comprometem o desempenho do fotossistema II.

Possivelmente, os resultados encontrados para o desenvolvimento da parte aérea das mudas não apresentaram relação com estresse hídrico, deficiência de nutrientes ou outros agentes estressores, podendo estar relacionados às limitações no desenvolvimento radicular devido ao tamanho limitado do tubete aos 157 DAS, com menor influência da disponibilidade de água e nutrientes no substrato, uma vez que, como sugerem Stenzel et al. (2019) e Zaccheo et al. (2013), após os 45 DAS as mudas devem ser transferidas para sacolas com cerca de 2 dm³ até atingir o tamanho e idade adequadas para o transplante à campo.

Aos 157 DAS, observou-se que as médias do índice SPAD foram superiores para todas as cultivares da espécie *P. edulis* em comparação com a cultivar da espécie *P. alata*. Além disso, entre as fontes de silício, a aplicação de silicato de potássio resultou na média mais alta (Tabela 09).

Rodrigues et al. (2016), ao testarem doses de silicato de potássio em morangueiro, observaram aumento nas concentrações de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. Esses resultados sugerem que o potássio pode influenciar a absorção de nitrogênio e os teores de clorofila nas folhas, pois há uma interação entre o nitrogênio e o potássio que favorece o metabolismo das plantas por meio da absorção cooperativa, do transporte interno e da utilização (CASKUN et al., 2017). Em níveis adequados, o potássio pode aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio nos processos fotossintéticos, que envolvem a difusão e a fixação do CO₂, resultando na produção de fotoassimilados que são utilizados pelas plantas (XU et al., 2020).

TABELA 9: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS para índice SPAD.

Fontes de Silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Testemunha	33,1944 aA	31,3667 aAB	31,8000 aAB	26,3777 bcB	30,6847
Silicato de magnésio	35,9500 aA	34,5555 aA	36,0000 aA	20,4333 cB	31,7347
Silicato de potássio	37,8667 aA	33,0565 aA	36,5000 aA	36,0333 aA	35,8639
Ácido Silícico	31,6333 aA	29,9222 aA	32,0333 aA	31,1167 abA	31,1764
Média	34,6611	32,2250	34,0833	28,4903	32,3649
CV (%)					9,44

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Não foram encontradas diferenças na massa seca das folhas, apesar das diferenças observadas no número de folhas. Esse resultado pode ser atribuído à falta de uniformidade das parcelas, uma vez que foi verificado um coeficiente de variação de 23,21% para a massa seca das folhas. Possivelmente, as mudas direcionaram os fotoassimilados para as folhas que permaneceram nas mudas.

Os resultados obtidos para a massa seca do caule e da raiz revelaram diferenças na interação dos tratamentos, mas não houve diferenças quando comparada a média entre os cultivares. Observou-se uma média superior quando o ácido silícico foi aplicado na cultivar BRS Gigante Amarelo ao avaliar a massa seca do caule. No entanto, ao avaliar a massa seca das raízes, o resultado foi o oposto, com uma média inferior em comparação aos outros tratamentos.

Na cultivar BRS Sol do Cerrado, foram encontradas médias superiores para a massa seca do caule ao utilizar o ácido silícico e o silicato de magnésio. Para a massa seca das raízes, o ácido silícico também apresentou médias superiores, seguindo o mesmo padrão observado na cultivar BRS Gigante Amarelo (Tabela 10).

Quanto às cultivares BRS Rubi do Cerrado e BRS Mel do Cerrado, a aplicação de silicato de potássio teve um efeito negativo na massa seca do caule. No caso da massa seca das raízes, os resultados se repetiram para a BRS Rubi do Cerrado, enquanto na BRS Mel do Cerrado não foram observadas diferenças entre as fontes e a ausência de silício (Tabela 10).

TABELA 10: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS massa seca de folhas (g), massa seca de caule (g) e massa seca de raízes (g).

Fontes de Silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
Massa seca de caule (g)					
Testemunha	3,6529 bA	3,8450 abA	4,4195 aA	4,4143 aA	4,0829
Silicato de magnésio	2,7887 bB	4,4912 aA	3,8862 abA	4,0555 abA	3,8054
Silicato de potássio	3,5235 bA	3,5448 bA	3,3972 bA	3,3366 bA	3,4505
Ácido Silícico	4,8115 aA	4,5894 aA	4,2222 abA	4,0320 abA	4,4137
Média	3,6942	4,1176	3,9813	3,9596	3,9382
CV (%)	10,24				
Massa seca de raízes (g)					
Testemunha	3,3982 bAB	3,0047 bB	3,4517 abAB	4,0898 aA	3,4861
Silicato de magnésio	3,1642 bA	3,0498 bA	3,8248 abA	3,6274 aA	3,4166
Silicato de potássio	3,8360 bA	3,7986 abA	3,3052 bA	3,4515 aA	3,5978
Ácido Silícico	5,0599 aA	4,4255 aAB	4,4237 aAB	3,9709 aB	4,4699
Média	3,8646	3,5696	3,7513	3,7849	3,7426
CV (%)	12,31				

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Epstein (2006) sugere que a fertilização com silício pode trazer benefícios, como o aumento da matéria seca das raízes. De acordo com a capacidade de absorção e acúmulo de silício nos tecidos, as plantas podem ser classificadas em três grupos: plantas acumuladoras (100 a 150 g kg⁻¹ de Si), intermediárias (10 a 50 g kg⁻¹ de Si) e não-acumuladoras (concentrações abaixo de 5 g kg⁻¹ de Si) e, especificamente em gramíneas, o teor do elemento no tecido vegetal pode ser de 10 a 20 vezes maior do que nas dicotiledôneas (MA et al., 2001).

Fernandes et al. (2022) e Munaro et al. (2016) ao estudarem as respostas ao silício na cultura do milho, não verificaram influência na massa seca de folhas e colmos, juntamente com parâmetros de produtividade, no entanto, foram observadas diferenças ao avaliar a massa fresca da raiz e da planta inteira. Costa et al. (2016) encontraram resultados semelhantes no maracujazeiro, com silício se acumulando em maior quantidade nas raízes quando comparado às folhas e caule, indicando que o maracujazeiro é um acumulador intermediário de silício nas raízes, enquanto nas folhas e no caule pode ser considerado um não-acumulador. Segundo a equação sugerida por Dickson (1960), a massa seca da raiz é diretamente proporcional ao índice de qualidade da muda, ou seja, uma maior massa seca de raiz significa em uma muda com maiores condições para seu desenvolvimento adequado após o transplante para o campo.

Após aplicar a equação proposta por Dickson et al. (1960) para avaliar o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que auxilia na avaliação da qualidade da muda, foram encontradas diferenças na interação entre os tratamentos. Os resultados obtidos para o IQD correspondem aos resultados encontrados para a massa seca total, que é diretamente proporcional aos valores calculados pelo IQD.

Na cultivar BRS Gigante Amarelo, observou-se que a aplicação de ácido silício resultou na maior média. Para a cultivar BRS Sol do Cerrado, todas as fontes de silício apresentaram resultados superiores em comparação com a testemunha. Já nas cultivares BRS Rubi do Cerrado e Mel do Cerrado, as diferentes fontes de silício e a ausência de silício não tiveram influência nos resultados (Tabela 11). É importante destacar que, mesmo nas médias mais baixas, mudas com um IQD maior que 0,2 são consideradas de boa qualidade, conforme sugerido por Dickson et al. (1960).

As maiores médias para o IQD indicam que as mudas apresentaram uma maior proporção de massa seca de raiz em relação à massa seca da parte aérea, além de um maior diâmetro do coleto em relação à altura. Isso indica que essas mudas possuem uma maior capacidade de resistência ao estresse do transplante. Em um estudo realizado por Zanão Junior et al. (2013), foram testadas diferentes doses de silício (variando de 0,25 a 1,00 g Kg⁻¹)

no substrato de vasos de 0,8 dm⁻³ para o cultivo de rosas em ambiente protegido, verificando-se melhor qualidade das mudas, mas com as doses ideais variaram de acordo com as cultivares, com efeito negativo quando as doses foram aumentadas.

TABELA 11: Médias das cultivares de maracujazeiro para avaliação aos 157 DAS para índice de qualidade de Dickson (IQD).

Fontes de silício	Cultivares				Média
	BRS Gigante Amarelo	BRS Sol do Cerrado	BRS Rubi do Cerrado	BRS Mel do Cerrado	
	Massa seca total (MST)				
Testemunha	11,2491 bA	11,7994 aA	13,5621 aA	14,4116 aA	12,7555
Silicato de magnésio	9,6371 bB	12,6184 aAB	12,9997 aAB	13,1590 aA	12,1035
Silicato de potássio	12,1204 abA	12,7364 aA	12,1835 aA	11,6031 aA	12,1608
Ácido Silícico	14,7916 aA	14,6672 aA	14,1549 aA	13,1206 aA	14,1836
Média	11,9495	12,9553	13,2250	13,0736	12,8009
CV (%)	12,38				
	Massa seca parte aérea (MSPA)				
Testemunha	7,8509 abA	8,7947 aA	10,1104 aA	10,3217 aA	9,2694
Silicato de magnésio	6,4728 bB	9,5686 aA	9,1749 aAB	9,5316 aA	8,6870
Silicato de potássio	8,2844 abA	8,9377 aA	8,8783 aA	8,1516 aA	8,5630
Ácido Silícico	9,7317 aA	10,2417 aA	9,7313 aA	9,1497 aA	9,7136
Média	8,0850	9,3867	9,4737	9,2886	9,0582
CV (%)	14,44				
	Índice de Qualidade de Dickson (IQD)				
Testemunha	0,7790 bB	1,0246 bB	1,7487 aA	1,5068 aA	1,2648
Silicato de magnésio	0,7424 bC	1,2254 abB	1,6718 aA	1,3402 aAB	1,2449
Silicato de potássio	0,8275 bB	1,5623 aA	1,6761 aA	1,6473 aA	1,4283
Ácido Silícico	1,3756 aB	1,5840 aB	2,0670 aA	1,3571 aB	1,5959
Média	0,9311	1,3491	1,7909	1,4628	1,3835
CV (%)	14,23				

Médias seguidas de mesma letra minúsculas não diferem entre as fontes de silício e letras maiúsculas não diferem entre os cultivares pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Para a variável massa seca total e massa seca da parte aérea, foram observadas diferenças apenas na interação dos tratamentos na cultivar BRS Gigante Amarelo. Nas outras cultivares, não foram encontradas diferenças entre as fontes de silício e a ausência da aplicação. Na BRS Gigante Amarelo, a aplicação de ácido silícico e silicato de potássio resultou em médias superiores de massa seca total, enquanto o silicato de magnésio apresentou as menores médias de massa seca da parte aérea (Tabela 11).

CONCLUSÃO

Os tratamentos com fonte de silício testadas não influenciaram na germinação da espécie do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea*.

A aplicação de ácido silícico semanal auxiliou na melhor distribuição de fitomassa, com acúmulo de massa seca na raiz, influenciando de forma positiva o índice de qualidade de Dickson, um importante indicador de qualidade das mudas.

REFERÊNCIAS

- BERNACCI L. C.; CERVI A. C.; AZEVEDO M. A. M.; NUNES, T. S.; IMIG, D. C.; MEZZONATO, A. C. *Passifloraceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB182>>.
- CARVALHO, S. L. C.; STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M. Maracujá amarelo: recomendações técnicas para cultivo no Paraná. **Boletim Técnico n. 83**, IAPAR, Londrina/PR, 2015. 54p.
- COSKUN, D.; BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. The nitrogen-potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell & Environment**, vol. 40, no. 10, p. 2029-2041, 2017.
- COSTA, B. N. S.; DIAS, G. M. G.; COSTA, I. J. S.; ASSIS, F. A.; SILVEIRA, F. A.; PASQUAL, M. Effects of silicon on the growth and genetic stability of passion fruit. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, vol. 38, n. 4, p. 503-511, 2016.
- COSTA, A. M., LIMA, H. C., CARDOSO, E. R., SILVA, J. R., PADUA, J. G., FALEIRO, F. G., PEREIRA, R. C.A., CAMPOS, G. A. Produção de Mudas de Maracujazeiro Silvestre (*Passiflora setacea*). **Comunicado Técnico 176 - Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF, 5 p. 2015. ISSN online 2176-5073
- COSTA, A. M. Maracujá Perla: *Passiflora setacea* DC, In: CARLOSOMA, R., FALEIRO, F. G., MORENA, M. P., COSTA, A. M. **Passifloras: especies cultivadas en el mundo**. Prolmpress - Gráfica e Comunicação Visual, Brasília, DF, p. 48-63, 2020. ISBN 978-65-991179-0-9
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, vol. 36, p. 10-13, 1960.
- DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of "Gigante Amarelo" passion fruit. **Revista Caatinga**, vol. 34, n. 1, p. 199 - 207, Mossoró, RN, 2021. ISSN 1983-2125.
- EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa's Passion Fruit Cultivars**. Planaltina/DF, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/cultivar/maracuja>. Acesso em: 27 jan. 2023.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas. Editora Planta; 2ª edição, p. 404, 2006.
- FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas - Embrapa**, Brasília, DF p. 341, 2016. ISBN 978-85-7035-617-8.
- FERNANDES, C. N. D.; VIANA, T. V. A.; FERNANDES, C. N. V.; SILVA, A. R. A.; AZEVEDO, B M.; MARINHO, A. B. Irrigation depth and silicate fertilisation in green maize. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 53, e20207517, 2022. ISSN 1806-6690.
- FERRAZ, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. S. Trocas gasosas e eficiência Fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, 2014.

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- GUIMARÃES. T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**. Piracicaba, SP, vol. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Lavoura Permanente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 20 jan 2023
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Histórico de dados meteorológicos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 13 set 2023.
- JOSÉ, S. C. B. R., SALOMÃO, A. N., MELO, C. C., CORDEIRO, I. M., GIMENES, M. A. Tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de maracujás silvestres. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 19, 2019. ISSN: 0102-0110
- MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. **Studies in Plant Science**, 8: **Silicon in agriculture**. Elsevier Science, New York, NY, p. 17-39, 2001.
- MARKWELL, J.; OSTERMAN, J. C.; MITCHELL, J. L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, vol. 46, p. 467-472, 1995.
- MENEGALE, M. L. C., CASTRO, G. S. A., MANCUSO, M. A. C. Silício: Interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, PR, vol. 4, n. especial, p. 435-454, 2015.
- MORAES, S. P. O.; RODRIGUES, J. F. M.; ESCOBAR, M. E. O.; ARAÚJO, F. S.; OLIVEIRA, T. S. Beneficial effects of silicon in plants under abiotic stress conditions: A new approach. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, vol. 53, 2022. ISSN 1806-6690
- MUNARO, M. F., SIMONETI, A. P. M. M. Aplicação foliar de silício no milho 2ª safra: influência na produtividade. **Revista Cultivando o Saber**, vol. 9, n. 4, p. 145-154, 2016.
- NASCIMENTO, G. C., DOMINGUINI, L., MELLO, J. M. M., MAGRO, J. D., RIELLA, H. G., FIORI, M. A. Caracterização físico-química da cinza de casca de arroz oriunda do processo termelétrico do sul de Santa Catarina – Brasil. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, vol. 37, n. 4, p. 634-640, 2015.
- NASCIMENTO, A. D. FEIJÓ, F. M., ALBUQUERQUE, A. W., ASSUNÇÃO, I. P., DE ANDRADE LIMA, G. S., REIS, L. S. Severidade da antracnose do feijão-fava afetada por doses de cálcio e fontes de silício. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, AL, 2017.
- NEVES, J. M. G.; AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C.; BARBOSA, E. A. Silicon and boron mitigate the effects of water deficit on sunflower. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, vol. 23, n. 3, p. 175-182, 2019. ISSN 1807-1929

- OCAMPO, J.; D'EECKENBRUGGE, G. C. Morphological characterization in the genus *Passiflora* L. an approach to understanding its complex variability. **Plant Systematics and Evolution**, Springer Nature Switzerland AG, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Suíça, vol. 303, p. 531-558, 2017.
- OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; MENEGHELLO, G. E.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, 2015.
- PEREIRA, A. I. A.; GUIMARÃES, J. J.; COSTA, J. V. ; CANTUÁRIO, F. S.; SALOMÃO, L. C.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q. Growth of sweet pepper plants submitted to water tensions in soil and potassium silicate doses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, vol. 37, n. 1, p. 082-088. 2019.
- PINHEIRO, P. R.; LUNES, L. R. L.; PINHEIRO, C. L.; ABUD, H. F.; TORRES, S.B.; DUTRA, A. S. Potassium silicate as an inducer of abiotic stress resistance in grain sorghum seeds. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 53, e20218136, 2022. ISSN 1806-6690
- PRATES, F. B. S.; LUCAS, C. S. G.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; FERNANDES, L. A., JUNIO, G. R. Z.: Crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômicas**, Fortaleza, CE, vol. 43, n. 2, p. 207-213, 2012.
- RETHORE, E.; D'ANDREA, S.; BENAMAR, A.; CUKIER, C.; TOLLETER, D.; LIMAMI, A. M.; HÉLÈNE, M.; MACHEREL, A.; MARECHEL, D. *Arabidopsis* seedlings display a remarkable resilience under severe mineral starvation using their metabolic plasticity to remain self-sufficient for weeks. **The Plant Journal**, Oxford, UK, vol. 99, p. 302-315, 2019.
- RODRIGUES, C. R., RODRIGUES, T. M., LUZ, J. M. Q., CARVALHO, P. C., SOUSA, J. B., BARBOSA, K. P., TRINDADE, P. R. Produtividade e qualidade de frutos do morangueiro tratados com diferentes dosagens de silicato de potássio. **Global Science of Technology**, Rio Verde, SP, vol. 09, n. 02, p.35-42, 2016.
- SÁ, J. R.; SILVA, F. H.; YESID, F. T.; MARIÑO, A.; SOARES, C. R. F. S.; FERREIRA, E. V. O. Growth and nutrition of *Passiflora edulis* submitted to saline stress after silicon Application. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, vol. 43, n. 1, 2021.
- SANTOS, V. A., RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUA, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, vol. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.
- SOUZA, T. M. A.; MENDONÇA, V.; SÁ, F. V. S.; SILVA, M. J.; DOURADO, C. S. T.; Calcium silicate as salt stress attenuator in seedlings of yellow passion fruit cv. BRS GA1. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, vol. 33, n. 2, p. 509 – 517, 2020. ISSN 1983-2125 (online)
- STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M.; MOLINA, R. O.; SOARES JUNIOR, D. Cultivo do maracujá-amarelo em áreas com ocorrência do vírus do endurecimento dos frutos (CABMV). **Informe da Pesquisa - IAPAR**, n. 161, p. 29, 2019.

- TESSARO, D., MATTER, J. M., KUCZMAN, O., FURTADO, L. F., COSTA, L. A. M., COSTA, M. S. S. M. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, vol. 43, n. 5, p. 831-837, maio, 2013.
- TUBAÑA, B. S.; HECKMAN, J. R. Silicon in Soils and Plants. In: RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. (Eds.). **Silicon and Plant Diseases**. Springer, p. 8 -51. 2015.
- XU, X.; DU, X.; WANG, F.; SHA, J.; CHEN, Q.; TIAN, G.; ZHU, Z.; GE, S.; JIANG, Y. Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. **Frontiers in Plant Science**, vol. 11, p. 904, 2020.
- ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S.; STENZEL, M. N. C.; NEVES, C. S. V. J. Tamanho de recipientes e tempo de formação de mudas no desenvolvimento e produção de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 35, n. 2, p. 603-607, 2013.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; ALVAREZ, V. H.; ZANÃO, M. P. C.; FONTES, R. L. F.; GROSSI, J. A. S. Produção de rosas influenciada pela aplicação de doses de silício no substrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, vol. 37, p. 1611-1619, 2013.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE CULTIVARES DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora* spp.) EM FUNÇÃO DE DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO

Alessander Von Wagner Fagundes³, Élcio Silvério Klosowski⁴

RESUMO

O maracujazeiro é uma frutífera amplamente cultivada em todas as regiões do Brasil e vem passando por atualização no sistema de produção para utilização de mudas altas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de maracujazeiro submetido à aplicação de doses de ácido silícico ao redor do caule (*drench*). O delineamento foi blocos inteiramente casualizados (DBC), em esquema fatorial 5x4, quatro doses e ausência de ácido silícico e quatro cultivares de maracujazeiro distribuídos em três blocos. As cultivares foram a BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado e BRS Mel do Cerrado, e as doses foram ausência de aplicação, 0,1 g L⁻¹, 0,2 g L⁻¹, 0,4 g L⁻¹ e 0,8 g L⁻¹. Foi realizado duas avaliações, aos 77 (DAS) e aos 157 DAS, de altura de planta, diâmetro do coleto, número de folhas e índice SPAD e, para segunda, além destas, massa seca parte aérea, raiz e total e índice de qualidade de Dickson. Exceto para número de folhas aos 77 DAS, as cultivares responderam de forma diferente para as doses aplicadas. Indiferente dos níveis de doses de ácido silícico e a interação entre os tratamentos, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou as menores médias para altura e índice SPAD. A cultivar BRS Sol do Cerrado na dose estimada de 0,18 g L⁻¹ foi a mais indicada para produção de uma muda de qualidade de acordo com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A BRS Gigante Amarelo obteve a maior altura de planta indiferente da dose testada.

PALAVRAS-CHAVE: adubação silicatada, aspectos biométricos, fruticultura

MARACUJA CULTIVARS (*Passiflora* spp.) SEEDLING PRODUCTION AS A FUNCTION OF SILIC ACID DOSES

ABSTRACT

The passion fruit tree is widely cultivated in all regions of Brazil and has been undergoing an upgrade in the production system to use tall seedlings. The aim of this study was to evaluate the development of passion fruit seedlings after applying doses of silicic acid around the stem (*drench*). The design was entirely randomized blocks (DBC), in a 5x4 factorial scheme, four doses and absence of silicic acid and four passion fruit cultivars distributed in three blocks. The cultivars were BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado and BRS Rubi do Cerrado and BRS Mel do Cerrado, and the doses were no application, 0.1 g L⁻¹, 0.2 g L⁻¹, 0.4 g L⁻¹ and 0.8 g L⁻¹. Two evaluations were carried out, at 77 (DAS) and 157 DAS, of plant height, collar diameter, number of leaves and SPAD index and, for the second, in addition to these, aerial, root and total dry mass and Dickson's quality index. Except for the number of leaves at 77 DAS, the cultivars responded differently to the doses applied. Regardless of the dose levels of silicic acid and the interaction between treatments, the cultivar BRS Mel do Cerrado had the lowest averages for height and SPAD index. The cultivar BRS Sol do Cerrado at the estimated dose of 0.18 g L⁻¹ was the most suitable for producing a quality seedling according to the Dickson Quality Index (IQD). BRS Gigante Amarelo had the highest plant height regardless of the dose tested.

KEYWORDS: silicate fertilization, biometric aspects, fruit growing

³ Eng. Agrônomo, mestrando em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Orientador: Prof. Dr. Élcio Silverio Klosowski. Rua Irati, 1526, Jd. Ouro Branco, Paranavaí/PR. E-mail: alessander.fagundes@unioeste.br

⁴ Eng. Agrônomo, mestrado e doutorado em Agronomia, professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, Marechal Rondon, PR. E-mail: elciosk1@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae se caracterizam por plantas espontâneas de áreas subtropicais nas Américas, com um grupo botânico que engloba 630 espécies e 16 gêneros (OCAMPO & D'EECKENBRUGGE, 2017). Possuem características trepadeiras, são semi lenhosas, de crescimento rápido e requerem uma estrutura de sustentação para o seu manejo (FALEIRO et al., 2016), com frutos redondos ou ovóides, que, quando maduros, apresentam coloração amarelo-escuro ou púrpura com grande número de sementes (CARVALHO et al., 2015).

O gênero *Passiflora* é o mais importante economicamente entre os 16 gêneros pertencentes à família da Passifloraceae, com 154 espécies catalogadas no Brasil, podendo ser utilizadas como alimento, remédios e ornamento (BERNACCI et al., 2015).

Conhecido pelo nome tupi guarani "mara kuya", que significa “fruto que serve” ou “alimento na cuia”, cultivo do maracujá no Brasil adquiriu expressão econômica somente após 1970, com a espécie *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg., a partir do desenvolvimento da indústria de processamento de sucos e pela crescente demanda da fruta fresca pelo mercado consumidor (CARVALHO et al., 2015).

Segundo IBGE (2023), no ano de 2021, o Brasil alcançou uma produção estimada de quase 700 mil toneladas de frutos, movimentando cerca de R\$ 1,5 bilhões e o estado do Paraná contribuiu com a produção de 20 toneladas de frutos, representando apenas 2,9% do total da produção nacional.

No cultivo tradicional, praticado em muitos estados das regiões norte, nordeste e centro-oeste do país, as plantas do maracujá produzem por dois ou mais ciclos, sendo submetidas a uma poda de limpeza nos meses de inverno, mantendo ramos estruturais para permitir o surgimento de brotações de ramos terciários ou produtivos (HAFLE et al., 2012). No entanto, nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, a cultura do maracujá está passando por mudanças nesse sistema de produção, sendo recomendado o cultivo como uma cultura anual ou de ciclo único, uma abordagem que tem sido proposta como medida de controle do vírus do endurecimento do fruto, causado pelo *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) (STENZEL et al., 2019).

Para impulsionar a expansão do cultivo de maracujá no estado do Paraná, é necessário o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a produtividade, principalmente devido aos problemas fitossanitários causados pelo CABMV (CARVALHO et al., 2015). Esse novo modelo propõe o cultivo anual, implementando um período de vazio sanitário entre julho e agosto, além da produção de mudas de alta qualidade em estágios mais avançados de

desenvolvimento, cultivadas por 180 dias, conhecidas como “mudão”, visando reduzir a suscetibilidade a fatores estressantes durante o transplante (STENZEL et al., 2019).

As cultivares com maior importância econômica são da espécie *P. edulis*, conhecidas como maracujá-azedo, são de dupla aptidão, apresentando altos índices de produtividade, acima de 50 t ha⁻¹, com rendimento de polpa superior a 35%. O peso dos frutos varia entre 120g e 350g, com exceção da cultivar BRS Rubi do Cerrado (EMBRAPA, 2016). A cultivar BRS Mel do Cerrado (*P. alata* DC) é caracterizada por sua alta produtividade. Os frutos possuem casca amarela quando maduros, com peso médio de até 300g. A polpa apresenta coloração amarelo alaranjada, alto teor de sólidos totais e baixa acidez (FALEIRO et al., 2016).

Para alcançar esse objetivo, é necessário conduzir as mudas em ambiente protegido e aplicar uma adubação equilibrada, visando melhorar a eficiência na conversão de fotoassimilados e a distribuição de fitomassa entre a parte aérea e o sistema radicular (FALEIRO et al., 2016).

Vários estudos apontam o silício como um elemento com efeitos benéficos diante de diferentes tipos de estresse abiótico, como estresse hídrico, salinidade e influência sobre características de rendimento, produtividade, qualidade fisiológica e desenvolvimento do sistema radicular (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022; FERNANDES et al., 2022; DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021; MUNARO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, o silício também é conhecido por melhorar a eficiência fotoquímica das plantas e atenuar os danos causados pelo ataque de pragas e doenças (FERRAZ et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2017).

O silício constitui aproximadamente 28% da crosta terrestre, tornando-se o segundo elemento mais abundante na litosfera, logo após o oxigênio (MENEGALE et al., 2015). O silício é considerado benéfico ou útil para as plantas, pois melhora certas respostas, como o crescimento e desenvolvimento, aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos, além de auxiliar no aproveitamento de outros nutrientes (TEMIZ et al., 2017), não sendo considerado um elemento essencial, pois não é necessário para a conclusão do ciclo vegetal e não participa de processos fisiológicos e rotas metabólicas vitais (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

As fontes de silício são os adubos formulados, rochas silicatadas, decomposição de resíduos vegetais, dissociação de ácido silícico polimérico, dissolução dos minerais cristalinos e não cristalinos do solo ou a partir da dessorção dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (TUBAÑA & HECKMAN, 2015). Os drenos podem ocorrer pela absorção pelas plantas,

lixiviação, adsorção em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, polimerização do ácido silícico em polímeros ou pela precipitação do silício da solução do solo na formação de minerais (MENEGALE et al., 2015).

Absorvido pelas raízes na sua forma neutra, como ácido silícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$) ou ácido monossilício (H_4SiO_4) quando pH da solução é inferior a 9, o silício é regulado passivamente pela transpiração, via xilema, ou por meio do transporte ativo, utilizando transportadores específicos localizados na membrana plasmática das células das raízes, depositado como sílica amorfa nas lâminas foliares, bainhas foliares, colmos, cascas e raízes, com parte permanecendo solúvel (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

O efeito benéfico do silício no acúmulo de fitomassa em plantas cultivadas está associado a alterações na estrutura das plantas, permitindo, por exemplo, a melhor captação de energia solar e redução do acamamento, aumento no teor de clorofila nos tecidos foliares, alteração da arquitetura das plantas, tornando-as mais eretas e evitando o autossombreamento excessivo, atraso da senescência, podendo estimular o crescimento e a produção vegetal indiretamente, além de proteger as plantas de agentes bióticos e abióticos (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Embora descritos na literatura os benefícios atribuídos ao silício quanto ao desenvolvimento e crescimento de plantas, acarretam-se vários questionamentos em relação às vantagens em sua utilização. Há a necessidade de estudos envolvendo a adoção de silício isoladamente, para verificar se tais efeitos benéficos são originários desse nutriente.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e desenvolvimento vegetativo de mudas de cultivares de maracujazeiro submetidas à aplicação de doses de ácido silícico nas características biométricas, índice SPAD, e índice de qualidade de Dickson.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho a novembro de 2022, em uma casa de vegetação, com estrutura em ferro galvanizado e teto em forma de arco, de dimensões de 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito, cobertura com filme plástico de polietileno de baixa densidade com filtro difusor e anti-UV, de 150 μ de espessura, com laterais fechadas com tela branca de 40% de sombreamento.

Localizada no *Campus* Marechal Cândido Rondon da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no estado do Paraná, Brasil (24°33'29.3"S 54°02'43.9"W), a área está situada a uma altitude de 420 metros e possui um clima subtropical úmido. A partir de dados referentes ao município de Marechal Cândido Rondon, foi calculada a média das temperaturas

máximas diárias, médias diárias e mínimas diárias durante o período de 2 de junho a 5 de novembro de 2022, resultando em 25,54°C, 18,89°C e 13,88°C, respectivamente (INMET, 2023).

A semeadura foi realizada em 2 de junho de 2022, utilizando as cultivares híbridas BRS Gigante Amarelo, BRS Sol do Cerrado, BRS Rubi do Cerrado, pertencentes à espécie *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deneger, e a cultivar BRS Mel do Cerrado (maracujá doce), da espécie *Passiflora alata* DC, obtidas da empresa Agrocinco Ltda. certificadas pela Embrapa, com garantia de pureza de 99% e germinação de 90%.

As mudas foram conduzidas por 157 dias em tubetes de 280 cm³ (63 x 190 mm), utilizando substrato comercial Fertilizare[®], composto a base de Vermiculita, carvão vegetal, casca de pinus ou eucalipto e pó de coco, condutividade elétrica de 1,6 mS cm⁻¹, densidade de 450 kg m⁻² e composição química como mostra a Tabela 1.

Tabela 12: Análise da composição química do substrato Fertilizare[®]

pH	M.O.	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Cu	Zn
(H ₂ O)	-----g Kg ⁻¹ -----									-----mg Kg ⁻¹ -----			
6,60	331,70	204	8,40	7,00	2,60	0,40	32,20	33,80	2,70	2.400	340	57	120

Os tubetes foram colocados em uma bancada de 0,8 x 1,5 m, feita de tela galvanizada ondulada, com uma malha de 38,10 mm e fio de arame de 27,60 mm, organizados em 18 colunas por 10 linhas, de forma alternada, com uma célula contendo o tubete seguida por uma célula vazia, permitindo espaço para o desenvolvimento da parte aérea das mudas, no total de 180 mudas ocupando uma área de 1,2 m².

As mudas foram submetidas a dois turnos de rega por aspersão de 15 minutos por dia, um no início da tarde e outro no início da noite, com uma lâmina de irrigação de 4 mm por dia ou 50 mL por tubete por dia. Para obter o volume de água utilizado na irrigação, foi instalada uma proveta de 500 mL na área do experimento, com um tubete vazio encaixado na borda da proveta, de modo a captar exatamente o volume de água correspondente à área da tubete em cada turno de rega. Esse valor foi obtido pela soma das médias de três coletas realizadas durante a irrigação no início da tarde e outras três coletas realizadas durante a irrigação no início da noite.

O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, no esquema fatorial 5x4, com três blocos e três plantas em cada parcela, totalizando 180 plantas. Os tratamentos consistiram em quatro cultivares de maracujazeiro e a ausência e aplicação de quatro doses de ácido silícico.

Foram realizadas aplicações semanais de 40 mL de solução de ácido silícico ao redor do caule (*drench*), diretamente no substrato, baseadas nas recomendações sugeridas pelo fabricante, considerando a dose 100% a solução com 0,2 g L⁻¹ de ácido silícico contendo 42%. Ao longo de 157 dias, foram realizadas um total de 23 aplicações por unidade experimental. As doses dos tratamentos foram: T1 (0,0% - testemunha) = 0,0 g L⁻¹; T2 (50%) = 0,1 g L⁻¹; T3 (100%) = 0,2 g L⁻¹; T4 (200%) = 0,4 g L⁻¹; T5 (400%) = 0,8 g L⁻¹.

Foram realizadas duas avaliações, a primeira no dia 17 de agosto de 2022, aos 77 dias após a semeadura (DAS), e a segunda no dia 05 de novembro de 2022, aos 157 DAS. Na avaliação realizada aos 77 DAS, foram medidas a altura da planta, do coleto até o meristema apical, utilizando uma régua; o número de folhas fotossintéticas, excluindo as folhas cotiledonares; e o diâmetro do coleto, medido com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. O índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) foi obtido utilizando o equipamento medidor de clorofila SPAD-502. O índice SPAD está correlacionado com o teor de clorofila e pode ser utilizado para identificar deficiência de nitrogênio na planta (MARKWELL et al., 1995; GUIMARÃES et al., 1999).

Na segunda avaliação, realizada aos 157 DAS, foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta, número de folhas, diâmetro do colo e índice SPAD.

Para obtenção da massa seca, as folhas, caules e raízes foram separados individualmente, acondicionados em sacos de papel kraft identificados, e secos em estufa de circulação de ar forçada a 65°C. Posteriormente, os materiais secos foram pesados em uma balança de precisão de 0,0001 g, no laboratório de sementes da Unioeste.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (D), massa seca total (MST) que é dada pela soma da massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca das raízes (MSR), através da equação proposta por Dickson et al. (1960) para índice de qualidade de Dickson, conforme a Equação 1:

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (01)$$

Os dados foram coletados a partir da média entre as plantas que compunham cada parcela, sendo considerado outlier as plantas mortas ou com desenvolvimento atípico. Os dados resultantes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey com efeito significativo de 95%, realizada por meio do programa computacional Sisvar versão 5.8 (FERREIRA, 2011). Adicionalmente, utilizou-se a análise de regressão para o fator doses de ácido silícico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação realizada aos 77 DAS, foram observadas diferenças na interação entre os tratamentos das cultivares as doses de ácido silícico para altura de planta, diâmetro e coleto e índice SPAD, com exceção do número de folhas, no qual foram encontradas diferenças apenas entre as cultivares.

A segunda avaliação foi realizada aos 157 DAS, e foram encontradas diferenças na interação entre as cultivares e a ausência e doses de ácido silício para altura da planta, diâmetro do colo, número de folhas e índice SPAD.

A maior média de altura de planta observada aos 77 DAS foi da cultivar BRS Sol do Cerrado, com 7,78 cm de altura, utilizando a dose de 0,10 g L⁻¹ de ácido silícico. No entanto, ao ajustar os resultados observados a um modelo linear, a maior altura foi estimada no tratamento controle, com redução das médias de forma linear até a dose de 0,8 g L⁻¹ (Figura 1).

Para as cultivares BRS Rubi do Cerrado e BRS Mel do Cerrado, as maiores médias para altura de planta aos 77 DAS foram obtidas na ausência de aplicação, apresentando queda das médias até a dose estimada de 0,43 g L⁻¹ para BRS Rubi do Cerrado e 0,47 g L⁻¹ para Mel do Cerrado, seguida por um aumento até a dose de 0,8 g L⁻¹. Ambas cultivares apresentaram curvas de resposta semelhantes, com diferença média de 22% entre elas. Não foi possível ajustar modelos polinomiais para explicar o comportamento da cultivar BRS Gigante Amarelo quando se alteraram as doses de ácido silícico (Figura 1).

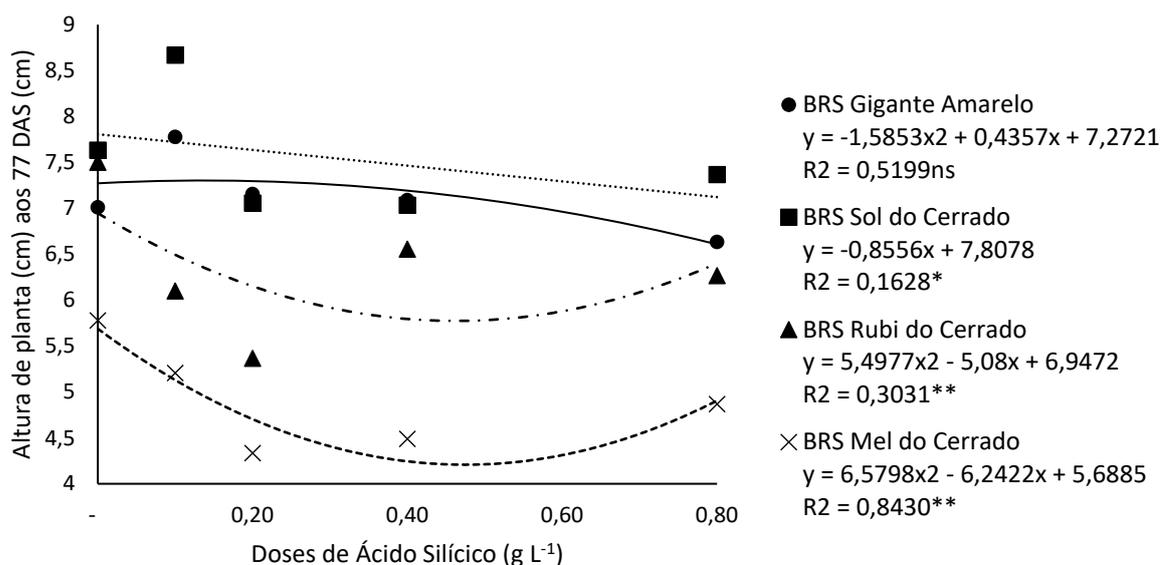


Figura 1: Ausência e doses de ácido silícico sobre altura de planta (cm) aos 77 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

Aos 157 DAS, as maiores médias de altura de planta foram observadas na cultivar BRS Gigante Amarelo. No entanto, não foi possível ajustar modelos polinomiais para explicar o comportamento dessa cultivar. A cultivar BRS Sol do Cerrado, apresentou redução das médias entre a testemunha até a dose de 0,38 g L⁻¹, seguida por aumento até a maior média de altura de planta observada na dose de 0,8 g L⁻¹. Já a cultivar BRS Rubi do Cerrado teve uma queda entre a ausência de aplicação e a menor média na dose estimada de 0,38 g L⁻¹, seguida por um aumento até a maior média observada na dose de 0,8 g L⁻¹. Por fim, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou a maior média no tratamento controle, com 11,88 cm, e uma queda linear até a dose de 0,8 g L⁻¹ (Figura 2).

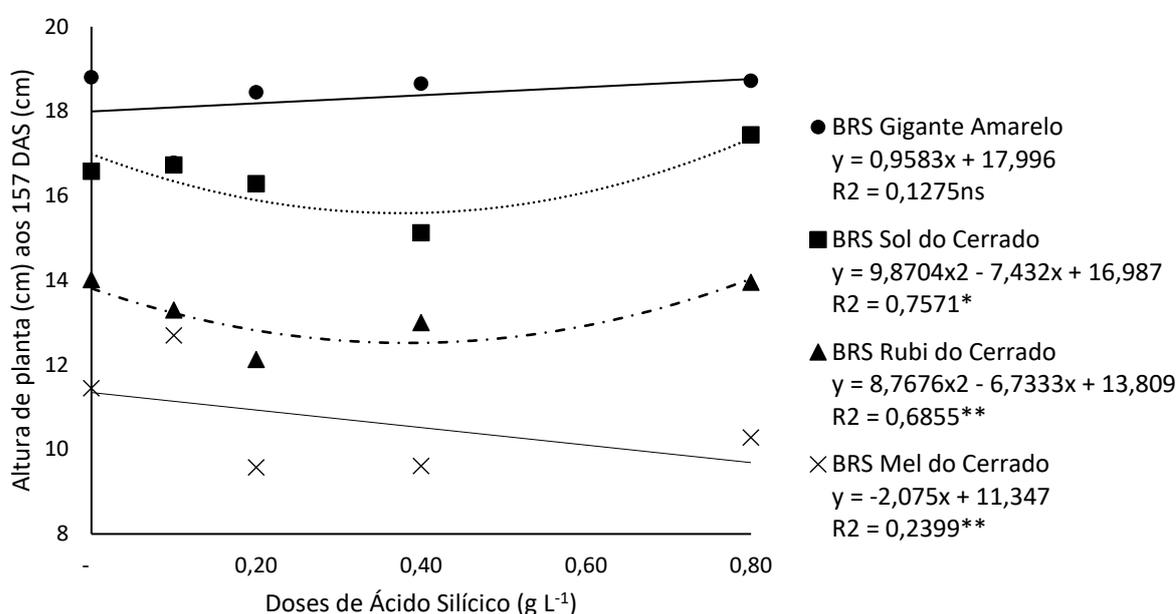


Figura 2: Ausência e doses de ácido silícico sobre altura de planta (cm) aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

A importância da altura da muda para o estabelecimento do pomar de maracujá foi estudada por Santos et al. (2017), sobre implantação de pomares com mudas de idades variadas, abrangendo um intervalo de 25 a 125 dias após a emergência. As mudas com mais de 100 dias de idade apresentaram resultados mais satisfatórios em termos de produtividade, uma vez que as mudas foram à campo com maior altura de planta (SANTOS et al, 2017). Como destacado por Carvalho et al. (2015), é fundamental priorizar a obtenção de uma primeira produção precoce no cultivo do maracujazeiro, o que pode ser alcançado através do estímulo ao desenvolvimento acelerado das mudas, seja por meio de características genéticas favoráveis ou pela implementação de tecnologias adequadas.

Foi observado maior efeito das cultivares na altura das plantas quando comparado à influência da aplicação de ácido silícico, com o maior crescimento da cultivar BRS Gigante Amarelo quando avaliada aos 157 DAS, seguido pela BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado (Figura 2).

Temiz et al. (2017) apontam o silício como elemento benéfico ou útil para as plantas, com capacidade de influenciar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Ao testar fontes e doses de silício na produtividade e qualidade pós-colheita de helicônias (*Heliconia spp.*), Albuquerque et al. (2014) observaram que o silicato de sódio na dose de 0,576 g dm⁻³ apresentou a maior média para altura haste floral, havendo uma redução da altura com o aumento da dose. Miranda et al. (2018) ao testarem adubação silicatada em milho (*Zea mays*) não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para altura de plantas aos 15 e 60 DAS, porém, aos 30 dias e 45 dias, as plantas apresentaram maior altura de planta quando comparadas à testemunha. Costa et al. (2016), ao estudar mudas de maracujazeiro, verificaram que as concentrações 0,28; 0,55 e 0,83 g/vaso apresentaram maior taxa fotossintética com relação a testemunha, proporcionando melhor arquitetura das plantas, deixando as folhas mais eretas, tornando-as mais eficientes na interceptação de luz, conseqüentemente, maior conversão dos fotoassimilados para o crescimento das mudas.

Os resultados obtidos neste trabalho, assim como outros resultados encontrados na literatura, indicam que a resposta à aplicação de silício pode variar entre espécies vegetais, concentrações das doses aplicadas (ALBUQUERQUE et al., 2014) e ao longo do tempo, dependendo do estágio fenológico da planta (MIRANDA et al., 2018), bem como das condições edafoclimáticas, especialmente em relação aos efeitos de estresse abiótico (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022), déficit hídrico (FERNANDES et al., 2022), salinidade (DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021) e danos causados pelo ataque de pragas e doenças (NASCIMENTO et al., 2017).

Não foi possível ajustar modelos polinomiais para explicar o comportamento das cultivares quando se alteraram as doses de ácido silícico para a variável diâmetro de coleto aos 77 DAS (Figura 3). O mesmo ocorreu para as cultivares BRS Gigante Amarelo e BRS Rubi do Cerrado quando avaliadas aos 157 DAS (Figura 4).

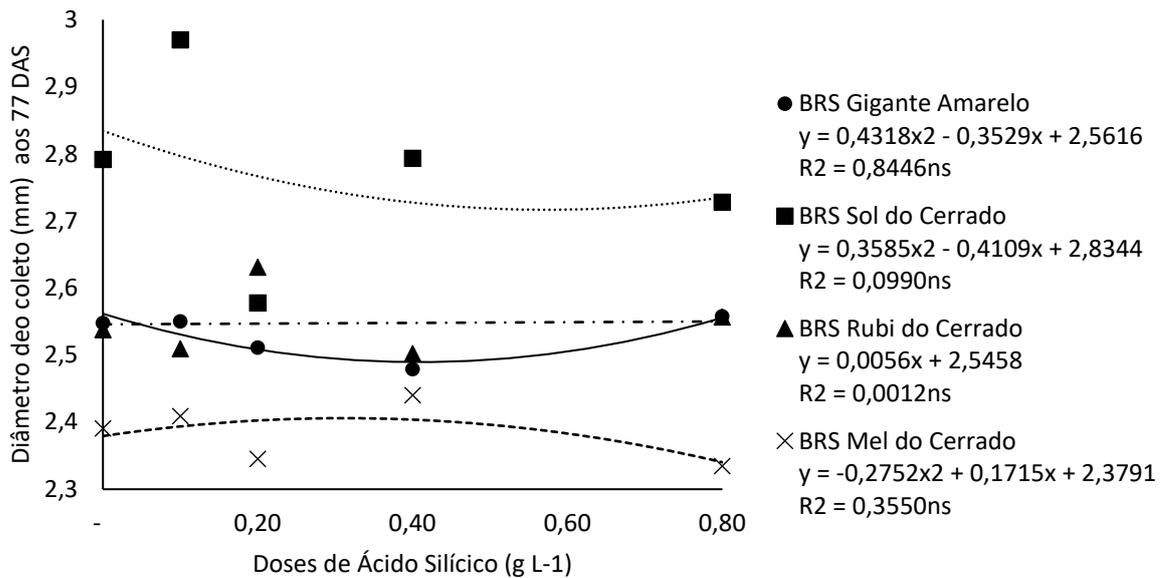


Figura 3: Ausência e doses de ácido silícico sobre diâmetro de coleta (mm) aos 77 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

No entanto, a análise de variância indica que existem diferenças na interação entre as cultivares e os níveis de ácido silícico para o diâmetro de coleta aos 77 e aos 157 DAS.

Na cultivar BRS Mel do Cerrado, a maior média para diâmetro de coleta aos 157 DAS foi observada na ausência de aplicação, seguindo por queda linear até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$. A cultivar Sol do Cerrado apresentou a maior média para diâmetro de coleta aos 157 DAS na ausência de aplicação, com queda até a dose estimada de $0,57 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 4).

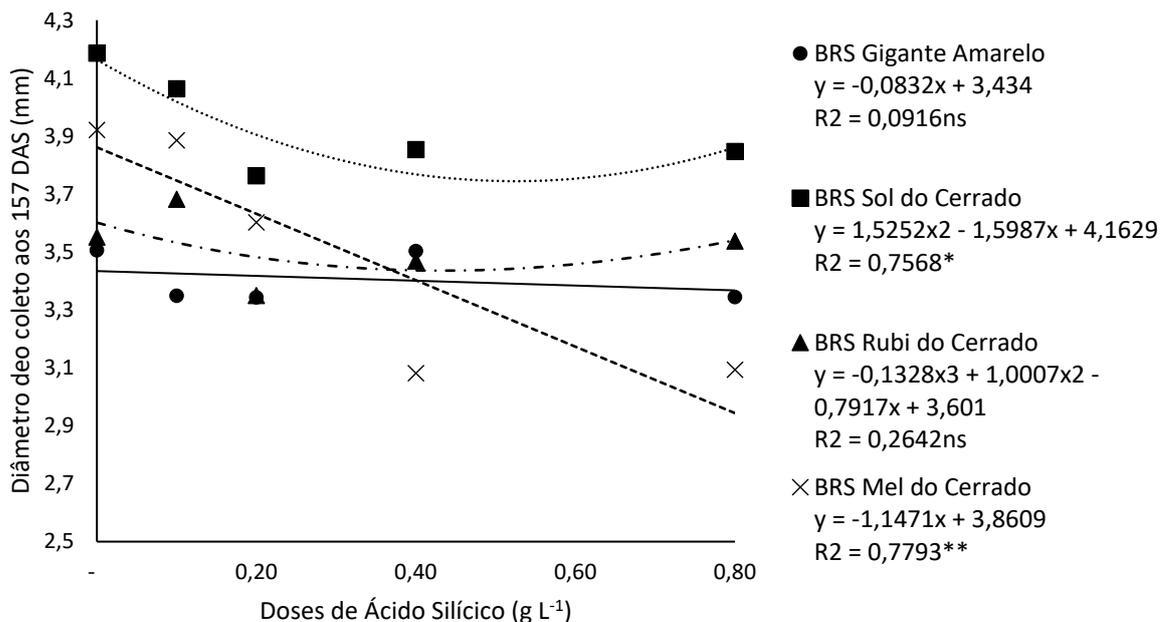


Figura 4: Ausência e doses de ácido silícico sobre diâmetro de coleta (mm) aos 77 DAS (a) e aos 157 DAS (b). * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

O total de ácido silícico acumulado nas 23 aplicações variou entre 0,23 g dm⁻³ para a dose de 0,1 g L⁻¹, até 18,4 g dm⁻³, quando a dose aplicada foi de 0,8 g L⁻¹. Estes níveis de doses foram superiores as doses testadas por Oliveira et al. (2013), Muniz et al. (2017) e Crusciol et al. (2013).

Oliveira et al. (2013) testaram doses entre 0 e 8 g de silicato de cálcio e silicato de magnésio em vasos de 5,33 dm⁻³ de solo, utilizando duas cultivares de girassol ornamental em condições de ambiente protegido, e não encontraram diferenças para altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas e massa seca da parte aérea.

Muniz et al. (2017) testaram casca de arroz carbonizada na cultura da soja, e não observaram diferenças no diâmetro do caule até a dose de 300 g ha⁻¹ aplicado como adubação foliar. Crusciol et al. (2013), ao testarem aplicação foliar de 2 L ha⁻¹ de concentrado estabilizado contendo 0,8% de ácido silícico em soja, feijão e amendoim não observaram benefícios nutricionais para as culturas testadas, a não ser pelo aumento dos teores de silício na parede celular.

No entanto, Costa et al. (2016) observaram um aumento na altura e no diâmetro do coleto em maracujazeiro com concentrações crescentes de ácido silícico até 0,55 g por vaso com 1,1 kg de substrato, porém, com a concentração de 0,83 g por vaso, observaram uma redução das médias. Resultados semelhantes foram obtidos por Albuquerque et al. (2014), que observaram que o silicato de sódio na dose de 0,4 g dm⁻³ resultou em uma maior média para o diâmetro da haste floral em helicônias, com redução nas médias com aumento das doses.

As diferenças morfológicas no caule das plantas são observadas quando o silício é aplicado via solo, buscando a absorção do silício pelas raízes, que pode ser absorvido por meio do simplasto ou apoplasto, através de difusão ativa ou por canais de água, além de proteínas de membrana específicas para o ácido monossilícico (RAVEN, 2001).

A pouca resposta do silício no diâmetro de coleto pode ter ocorrido devido a maior concentração de silício nas plantas se localiza em tecidos de suporte do caule e nas folhas, sendo que 99% do elemento acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado, apresentando reduzida solubilização, conseqüentemente baixa redistribuição (MENEGALE et al., 2015).

Embora o silício tenha aumentado a produtividade da soja, feijão e amendoim em aproximadamente 14%, 15% e 9,6%, respectivamente, Crusciol et al. (2013) não verificaram diferenças biométricas nas espécies estudadas. O silício é alocado na parede celular na forma de sílica amorfa hidratada (SiO₂·nH₂O), contribuindo para a rigidez e elasticidade dos tecidos,

fortalecendo e rigidificando a estrutura, aumentando a resistência ao acamamento, melhorando a interceptação de luz e reduzindo a transpiração (CRUSCIOL et al., 2013).

A interação entre os tratamentos ao avaliar o número de folhas foi observada apenas na segunda avaliação, aos 157 DAS. As maiores médias observadas para o número de folhas nas duas avaliações foram para a cultivar BRS Gigante Amarelo, com a melhor dose observada de $0,8 \text{ g L}^{-1}$. No entanto, não foi possível ajustar modelos polinomiais para explicar o comportamento da cultivar BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado quando se alteraram as doses de ácido silícico aos 77 DAS. A cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou resposta semelhante à BRS Gigante Amarelo, mas com médias cerca de 10% menores na avaliação realizada aos 77 DAS e 22% na avaliação realizada aos 157 DAS (Figura 5 e 6).

Para as cultivares BRS Rubi do Cerrado e BRS Mel do Cerrado, o maior número de folhas nas duas avaliações foram estimados na ausência de aplicação, com redução linear das médias até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 5 e 6).

Ao examinar as médias da cultivar BRS Gigante Amarelo em relação à altura das plantas, embora não tenham se ajustado aos modelos polinomiais, elas foram maiores do que as das outras cultivares, o que também foi observado em relação ao número de folhas. No entanto, essa tendência não se repetiu para as outras cultivares.

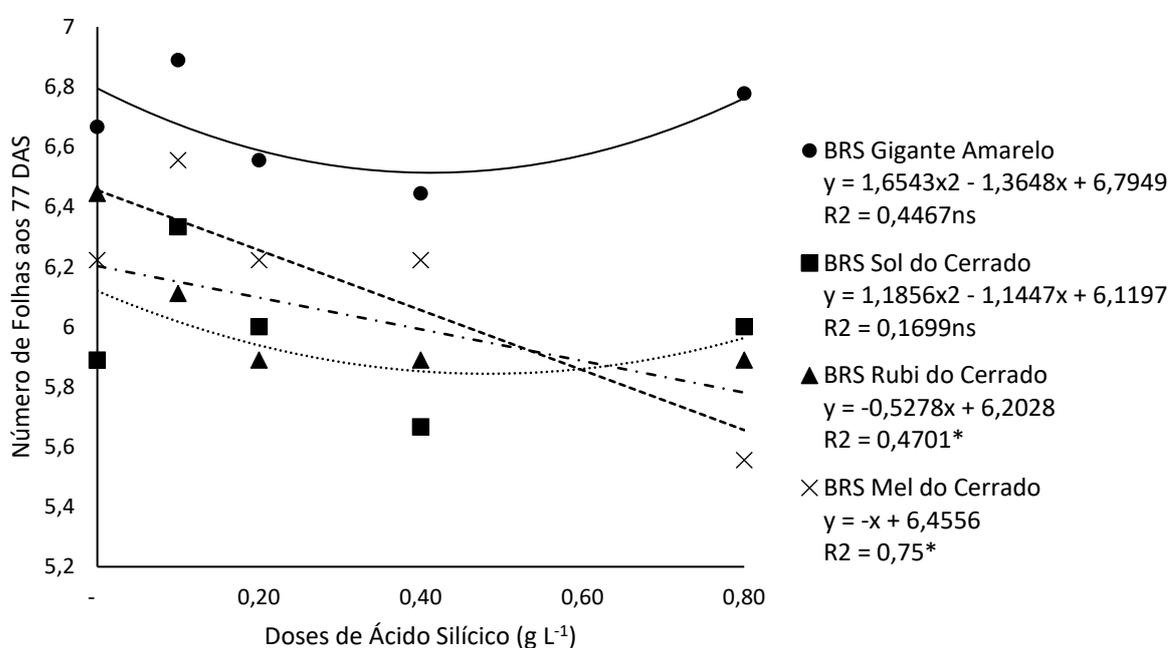


Figura 5: Ausência e doses de ácido silícico sobre número de folhas aos 77 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

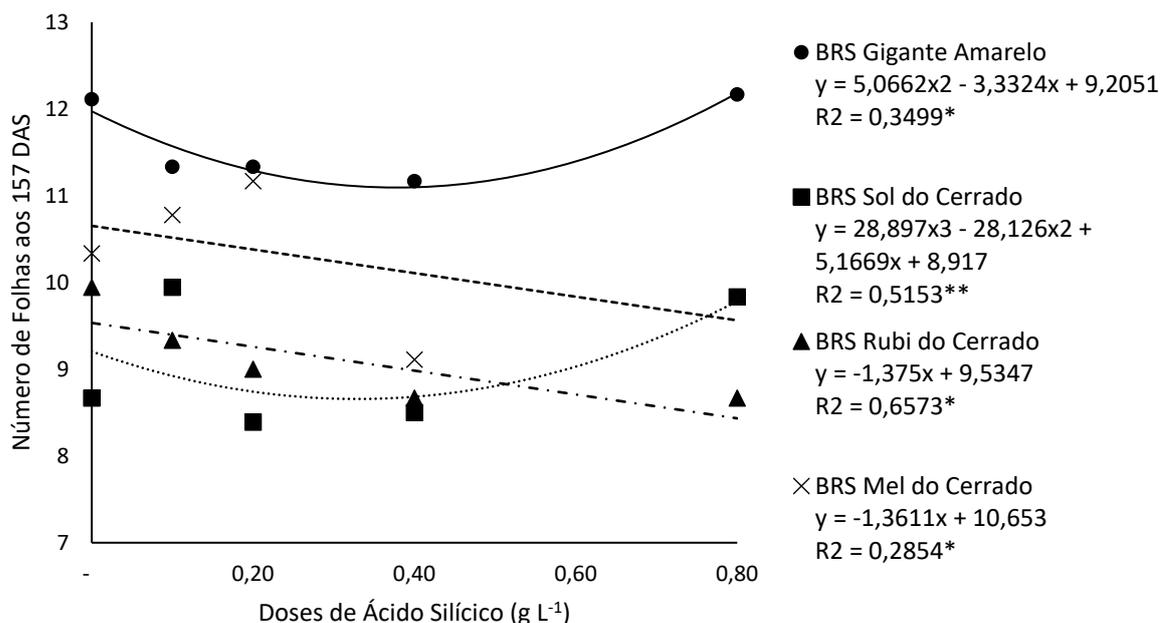


Figura 6: Ausência e doses de ácido silícico sobre número de folhas aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

Esse comportamento pode ser explicado pela melhor eficiência na conversão de fotoassimilados pelas plantas com o aumento das doses, já que, a quantidade de matéria seca produzida não depende unicamente da quantidade de radiação recebida pela planta, mas também pela eficiência na absorção da energia luminosa, o que significa que o maior número de folhas ou aumento da área foliar não são os únicos fatores de influência na quantidade de fotoassimilados convertidos em matéria seca pelas plantas (COSTA et al., 2016).

Para índice SPAD, que indica o teor de nitrogênio e clorofila nas folhas e pode influenciar a conversão da incidência de luz solar em fotoassimilados (MARKWELL et al., 1995; GUIMARÃES et al., 1999), verificou-se interação entre os tratamentos nas duas avaliações.

Aos 77 DAS, a cultivar BRS Gigante Amarelo registrou o maior índice SPAD na ausência de aplicação de ácido silício, com o valor mínimo estimado na dose de 0,48 g L⁻¹. A partir desse ponto, houve um aumento gradual até atingir a dose de 0,8 g L⁻¹. No entanto, ao considerar o período de 157 DAS, a média mais alta ocorreu na ausência de aplicação, demonstrando diminuição linear até alcançar a dose de 0,8 g L⁻¹. No caso da cultivar BRS Mel do Cerrado, aos 77 DAS, a resposta foi similar à da BRS Gigante Amarelo, porém com médias aproximadamente 21% inferiores. Já aos 157 DAS, a menor média foi registrada quando não houve aplicação de ácido silício, sendo que o índice SPAD aumentou até atingir a dose estimada de 0,5 g L⁻¹, seguido por uma redução até a dose de 0,8 g L⁻¹ (Figura 7 e 8).

Não foi possível ajustar um modelo polinomial que explicasse o comportamento da cultivar BRS Rubi do Cerrado nas duas avaliações realizadas. O mesmo ocorreu na cultivar BRS Sol do Cerrado na segunda avaliação, aos 157 DAS (Figura 7 e 8). Não foi observada nenhuma correlação entre o número de folhas e o índice SPAD com a altura das plantas nos dados e nos modelos polinomiais obtidos.

No estudo conduzido por Rodrigues et al. (2016), foram testadas diferentes doses de silicato de potássio para avaliar a produção e a qualidade dos frutos de morangueiro, verificando aumento tanto na produtividade quanto na qualidade dos frutos, além de um aumento nos níveis de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total. Por sua vez, Miranda et al. (2018) relataram que, em avaliações realizadas aos 15, 30 e 60 dias, as médias do índice de clorofila para a cultura do milho quando o silício foi aplicado ao solo foram inferiores às médias observadas no tratamento controle. Essa situação também foi verificada nas cultivares BRS Gigante Amarelo e BRS Mel do Cerrado aos 77 DAS e com a BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado aos 157 DAS (Figura 7 e 8).

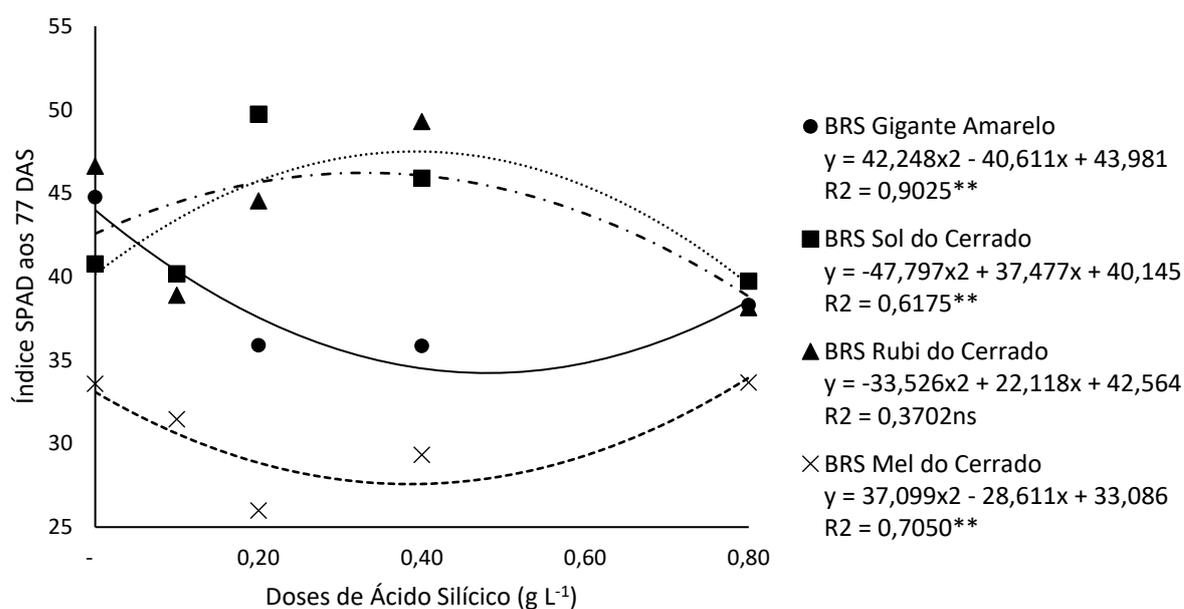


Figura 7: Ausência e doses de ácido silícico sobre índice SPAD aos 77 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

Menegale et al. (2015) observaram que a nutrição das plantas com silício pode influenciar no aumento da capacidade fotossintética, no entanto, esta relação foi devido um bom desenvolvimento da arquitetura foliar das plantas, permitindo com que as folhas permaneçam mais eretas e livre de possíveis danos. Corroborando com Menegale et al. (2015), Curvelo et al. (2013) realizaram uma avaliação do efeito da aplicação de silicato de potássio no processo infeccioso por *Ramularia areola* em algodoeiro, buscando investigar o impacto

desse tratamento na capacidade fotossintética e no metabolismo oxidativo das plantas, encontrando resultados que indicam que o silício influenciou a fisiologia das plantas durante o processo infeccioso, auxiliando na preservação da integridade da membrana plasmática, resultando na melhor capacidade fotossintética e aumento nas concentrações de clorofila *a* e *b*.

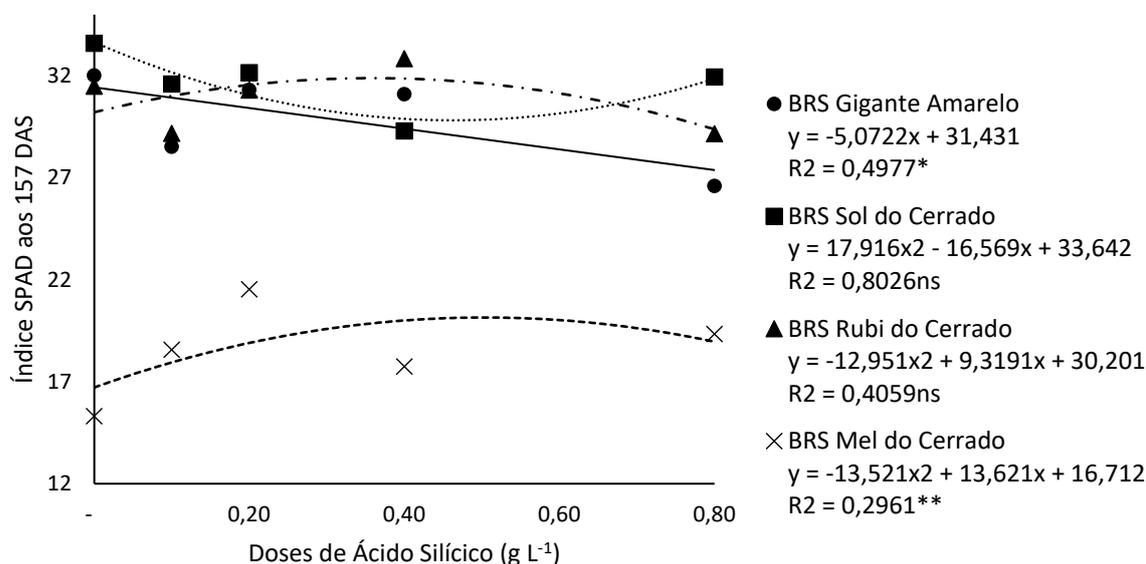


Figura 8: Ausência e doses de ácido silícico sobre índice SPAD aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

Os resultados obtidos indicam diferenças na interação entre as doses de ácido silícico e as cultivares, bem como variações fenotípicas entre as cultivares. Isso sugere que a resposta do índice de clorofila às concentrações de ácido silícico pode variar de acordo com as características de cada cultivar.

Aos 157 DAS foram realizadas avaliações para massa seca de folhas, caule, raiz, total e parte aérea, assim como foi aplicado equação proposta por Dickson et al. (1960) para avaliar o índice de qualidade de muda (IQD), verificando-se interação para todas as variáveis.

A cultivar BRS Rubi do Cerrado apresentou redução linear das médias para massa seca de raízes à medida que se aumentava a dose, indo desde a ausência de aplicação até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$. Ao avaliar a massa seca de raízes verificou-se que a cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou queda acentuada com o aumento das concentrações das doses. (Figura 9).

O decréscimo para a massa seca da raiz apresentados nas cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado pode ter ocorrido devido a produção de fotoassimilados serem direcionados para a produção vegetativa da planta, expressando assim o maior crescimento e desenvolvimento da mesma. Desse modo, a produção de fotoassimilados para a raiz foi menor, o que fez com que apresentassem menor massa seca.

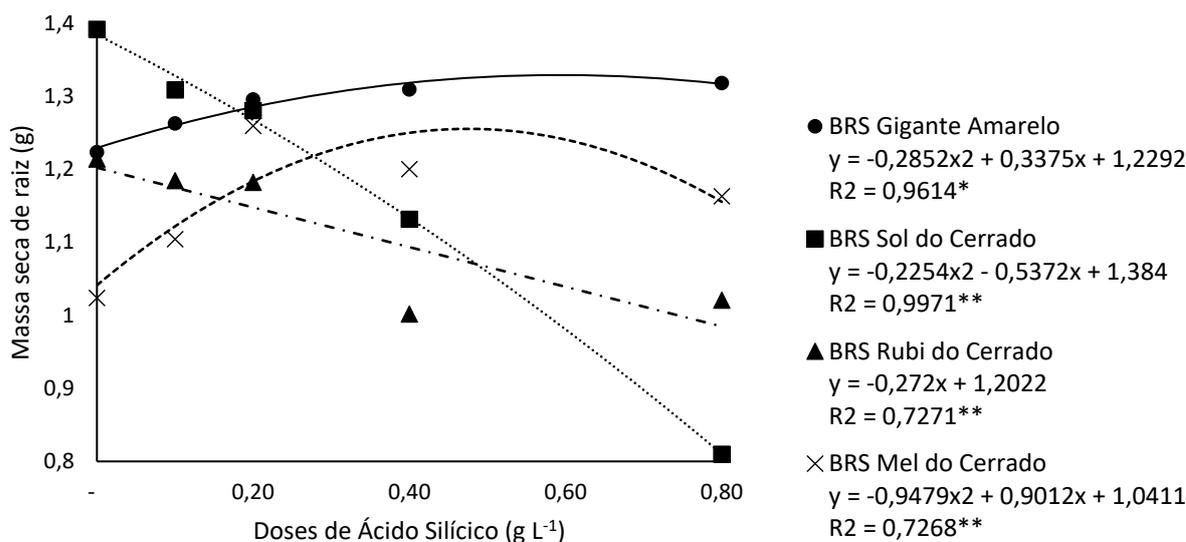


Figura 9: Ausência e doses de ácido silícico sobre massa seca de raízes aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Para as massas secas das folhas, caule, parte aérea e total, avaliadas aos 157 DAS, as cultivares BRS Gigante Amarelo e BRS Sol do Cerrado se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, apresentando respostas semelhantes em relação às concentrações de ácido silício aplicada. As maiores médias foram observadas na ausência de aplicação, havendo uma redução das médias até a dose de $0,4 \text{ g L}^{-1}$, seguida de um aumento das médias até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 10 e 11).

A cultivar BRS Rubi do Cerrado e BRS Mel do Cerrado apresentaram resposta semelhante ao avaliar massa seca de folhas, no entanto, para massa seca de caule, parte aérea e total, a cultivar BRS Rubi do Cerrado apresentou queda das médias entre a ausência de aplicação até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$, enquanto a BRS Mel do Cerrado apresentou aumento linear na massa seca de caule e aumento da massa seca de parte aérea e total entre a ausência de aplicação e a dose de $0,57 \text{ g L}^{-1}$, seguido por queda até a dose de $0,8 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 10 e 11).

O silício absorvido pelas raízes é translocado pelo fluxo transpiratório para o xilema da planta, sendo 90% do silício transportado para a parte aérea na forma de ácido monossilícico, depositado como um polímero de sílica amorfa hidratada nas células do lúmen, nos espaços intercelulares e nas paredes celulares, resultando na formação de uma camada dupla de sílica-cutícula (HAYNES, 2019).

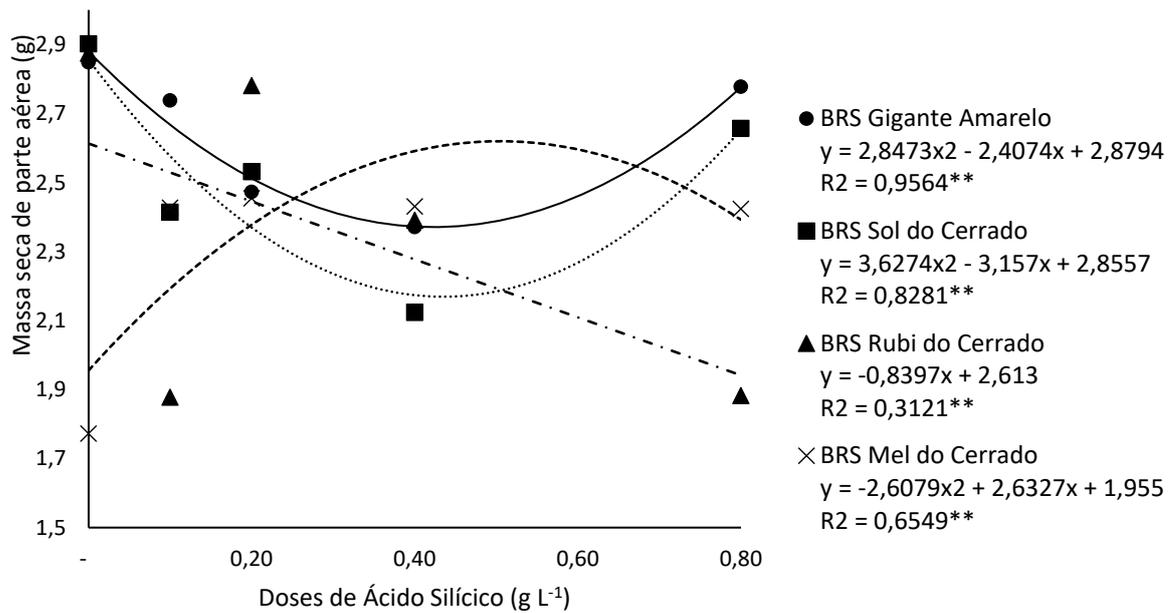


Figura 10: Ausência e doses de ácido silícico sobre massa seca de parte aérea aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

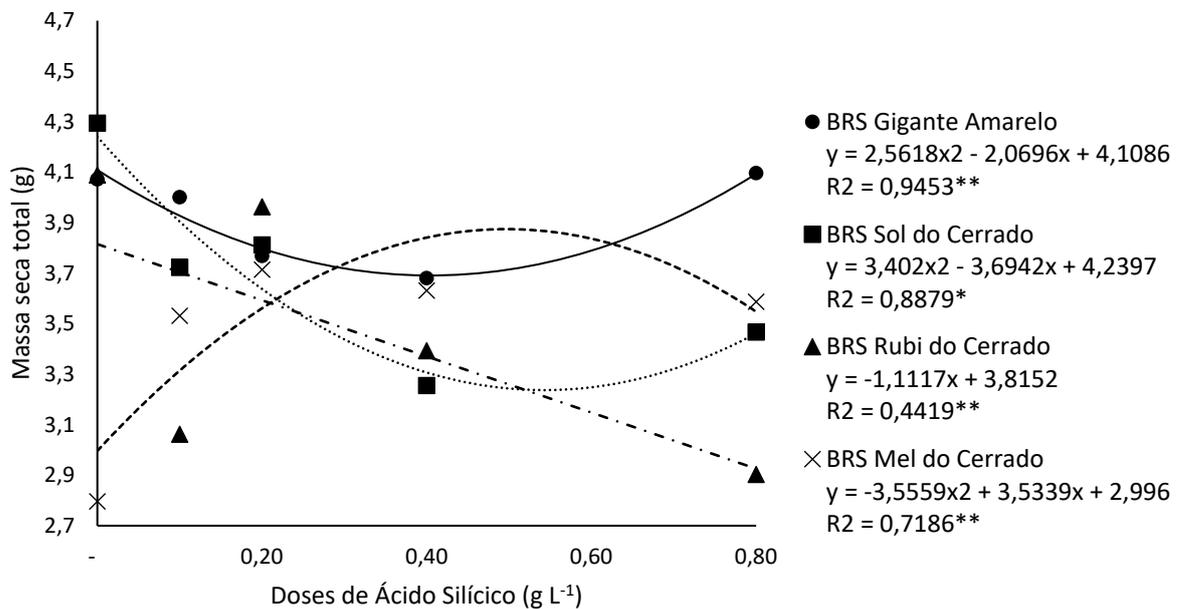


Figura 11: Ausência e doses de ácido silícico sobre massa seca total aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Fernandes et al. (2022) avaliaram massa seca de folhas, colmo e total e parâmetros de produtividade de milho verde, como o diâmetro da espiga sem palha, massa da espiga com e sem palha e produtividade, concluindo que o silício não influenciou significativamente as variáveis. Munaro et al. (2016), ao testarem doses de silicato de potássio em aplicação foliar em milho de segunda safra, encontraram resultados significativos para massa fresca de raiz e planta inteira.

As monocotiledôneas, como o bambu, arroz e o milho, são um grupo de plantas acumuladoras de silício, com a absorção sendo realizada por transporte ativo (MA & YAMAJI, 2015), enquanto a maioria das plantas dicotiledôneas, como o pepino, melão, morango, maracujá e a soja, absorvem o silício passivamente, sendo acumuladoras intermediárias ou não acumuladoras (LIANG et al, 2015).

Os resultados obtidos para massa seca de raiz e parte aérea responderam de forma diferente entre as cultivares, possivelmente por se tratar de um grupo de plantas com menor taxa de absorção de silício quando comparada às monocotiledôneas ou plantas acumuladoras de silício. Epstein & Bloom (2006) sugerem que entre os benefícios relacionados com a fertilização com silício são o aumento da matéria seca das raízes. Resultados obtidos por Costa et al. (2016) mostram o silício se acumulando em maior quantidade nas raízes quando comparado às folhas e caule, indicando que, baseado nas realações sugeridas por Ma et al. (2001), o maracujazeiro é um acumulador intermediário de silício nas raízes, enquanto nas folhas e no caule pode ser considerado um não-acumulador.

A distribuição de fotoassimilados entre massa seca de raiz e parte aérea não ocorreram exatamente como previsto, como indicado por Epstein & Bloom (2006) ou como observado por Costa et al. (2016), possivelmente pelo fato do silício demonstrar maior influência no desenvolvimento das plantas quando submetidas à diferentes fatores estressores, como apontado por diversos autores (MORAES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2022; FERNANDES et al., 2022; DINIZ et al., 2021; SÁ et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2017; MUNARO et al., 2016; RODRIGUES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015; FERRAZ et al., 2014). Além disso, as dimensões inapropriadas dos recipientes de cultivo para mudas com mais de 45 DAS, como apontado por Stenzel et al. (2019) e Zaccheo et al. (2013), podem ter limitado o desenvolvimento das raízes, conseqüentemente a absorção de água e nutrientes o que influenciou diretamente o crescimento das mudas, assim como a distribuição de fotoassimilados.

A cultivar BRS Gigante Amarelo não apresentou diferenças entre os níveis de doses de ácido silícico testadas para o Índice de Qualidade de Desenvolvimento (IQD). A partir da dose de 0,06 g L⁻¹, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou IQD mais elevados em comparação com as demais cultivares, com um aumento das médias até a dose estimada de 0,43 g L⁻¹, seguida por queda até a dose de 0,8 g L⁻¹, sendo a maior média observada na dose de 0,2 g L⁻¹, a qual corresponde à dosagem sugerida pelo fabricante. Por outro lado, as cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado exibiram uma redução linear das médias desde a ausência de aplicação até a dose de 0,8 g L⁻¹ (Figura 12).

As maiores médias para o IQD indicam que as mudas possuem maior massa seca de raiz em relação a massa seca da parte aérea, assim como maior diâmetro de coleto em relação à altura, o que significa que são mudas com maior capacidade a resistência ao estresse do transplante. Os resultados encontrados para IQD em todos os tratamentos apresentaram médias superiores a 0,2, que de acordo com Dickson et al. (1960), as mudas podem ser consideradas de boa qualidade.

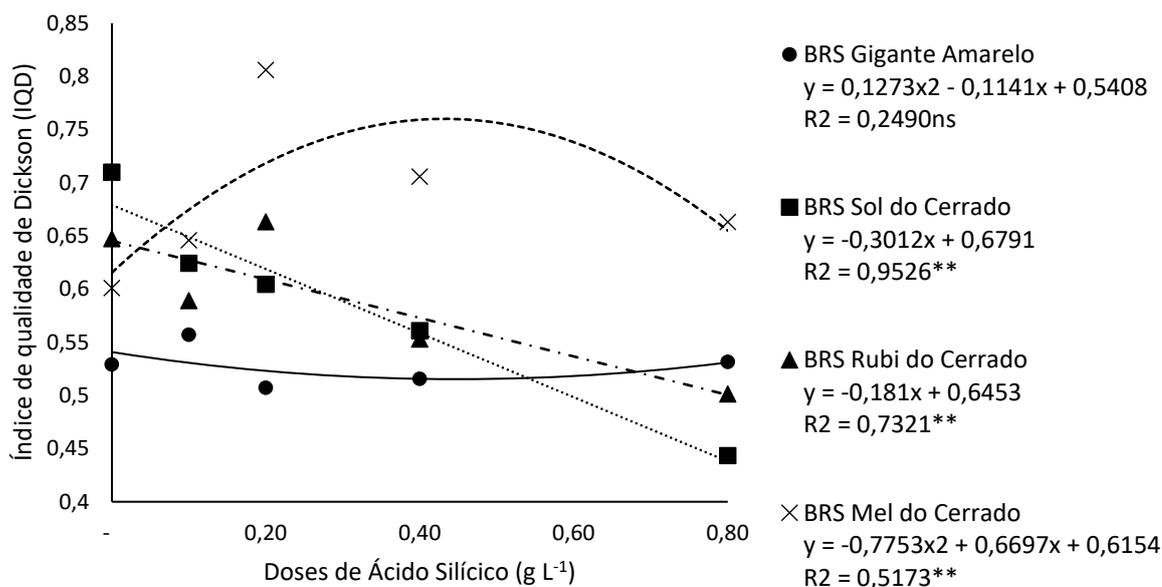


Figura 12: Ausência e doses de ácido silícico sobre índice de qualidade de Dickson (IQD) aos 157 DAS. * = $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; ns = não significativo.

Zanão Junior et al. (2013) testaram doses de silício que variaram entre 0,25 e 1,00 g kg⁻¹ no substrato em vasos de 0,8 dm⁻³ para o cultivo de rosas em cultivo protegido, verificando melhor qualidade das mudas, porém, as respostas às doses variaram de acordo com as cultivares e apresentaram efeito negativo com aumento das doses.

As respostas inconsistentes em relação aos processos de crescimento, como a alongação e a multiplicação celular, podem ter ocorrido porque o silício, como apontado por Epstein & Bloom (2006), é um elemento útil ou benéfico, relacionado à função estrutural, ou quando relacionado à estabilidade produtiva, ou seja, sob algum tipo de estresse, a adequada nutrição com silício pode amenizar tais efeitos.

Moraes et al. (2022), ao revisarem 37 estudos sobre o silício, destacam esse elemento como capaz de atuar em mecanismos de alívio do estresse abiótico nas plantas, como estresse hídrico, salinidade e metais pesados, e não encontraram diferenças nas respostas do silício em relação às diversas condições de estresse.

Pereira et al. (2019), ao estudarem os efeitos do crescimento de plantas de pimentão submetidas a tensões de água no solo e doses de silicato de potássio, observaram que as plantas mantiveram uma área foliar com valores maiores a partir de doses de 4 mL L⁻¹, mesmo sob condição de estresse.

A partir da nutrição com fontes de silício, Menegale et al. (2015) verificaram aumento da capacidade fotossintética quando relacionado à presença do elemento, que proporciona um bom desenvolvimento da arquitetura foliar das plantas, permitindo com que as folhas permaneçam mais eretas e livre de possíveis danos, seja por fatores bióticos ou abióticos.

A acumulação de silício nas folhas ocorre quando há perda de água por evaporação e transpiração, aumentando a resistência e rigidez das paredes celulares, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, fortalecendo a resistência à seca, relacionada à abertura e fechamento dos estômatos das plantas (MA; YAMAJI, 2006). Porém, devido as mudas de maracujazeiro não terem passado por um estresse abiótico, as respostas ao silício nem sempre apresentaram médias superiores para as variáveis avaliadas.

CONCLUSÃO

Indiferente dos níveis de doses de ácido silícico, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou as menores médias para altura e índice SPAD aos 77 e 157 DAS e diâmetro de coleto aos 77 DAS. Para diâmetro de coleto, a cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou as maiores médias indiferente da dose testada aos 77 e 157 DAS.

A ausência de aplicação é o tratamento mais indicador para as cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado de acordo com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Levando em conta o sistema de produção em ciclo único, que preconiza a produção de mudas altas, a ausência de aplicação é o tratamento mais indicado para a BRS Mel do Cerrado, enquanto para a BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado as maiores médias para altura de planta foram obtidas na dose de 0,8 g L⁻¹.

Entre as cultivares, a BRS Gigante Amarelo foi a cultivar mais promissora para o cultivo do maracujazeiro com mudas altas, apresentando a maior altura de planta indiferente do nível de dose testada, sem apresentar diferença no Índice de Qualidade de Dickson.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. M.; FARIAS, A. P. Produtividade e qualidade pós-colheita de Helicônia Golden Torch submetida a fontes e doses de silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 18, n. 2, p. 173-179, 2014.

- CARVALHO, S. L. C.; STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M. Maracujá amarelo: recomendações técnicas para cultivo no Paraná. **Boletim Técnico n. 83**, IAPAR, Londrina/PR, 2015. 54p.
- COSKUN, D.; BRITTO, D.T.; KRONZUCKER, H.J. The nitrogen-potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell & Environment**, vol. 40, no. 10, p. 2029-2041, 2017.
- COSTA, B. N. S.; DIAS, G. M. G.; COSTA, I. J. S.; ASSIS, F. A.; SILVEIRA, F. A.; PASQUAL, M. Effects of silicon on the growth and genetic stability of passion fruit. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, vol. 38, n. 4, p. 503-511, 2016.
- COSTA, A. M., LIMA, H. C., CARDOSO, E. R., SILVA, J. R., PADUA, J. G., FALEIRO, F. G., PEREIRA, R. C.A., CAMPOS, G. A. Produção de Mudanças de Maracujazeiro Silvestre (*Passiflora setacea*). **Comunicado Técnico 176 - Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF, 5 p. 2015. ISSN online 2176-5073
- COSTA, A. M. Maracujá Perla: *Passiflora setacea* DC, In: CARLOSOMA, R., FALEIRO, F. G., MORENA, M. P., COSTA, A. M. **Passifloras: especies cultivadas en el mundo**. Prolmpress - Gráfica e Comunicação Visual, Brasília, DF, p. 48-63, 2020. ISBN 978-65-991179-0-9
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; HIDEO, C.; COSTA, M.; FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013. ISSN 1806-6690
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, vol. 36, p. 10-13, 1960.
- DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of "Gigante Amarelo" passion fruit. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, vol. 34, n. 1, p. 199 - 207, 2021. ISSN 1983-2125.
- EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa's Passion Fruit Cultivars**. Planaltina/DF, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/cultivar/maracuja>. Acesso em: 27 jan. 2023.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. Editora Planta; 2ª edição, p. 404, 2006.
- FALEIRO, F. G., JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas - Embrapa**, Brasília, DF p. 341, 2016. ISBN 978-85-7035-617-8.
- FERNANDES, C. N. D.; VIANA, T. V. A.; FERNANDES, C. N. V.; SILVA, A. R. A.; AZEVEDO, B M.; MARINHO, A. B. Irrigation depth and silicate fertilisation in green maize. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 53, e20207517, 2022. ISSN 1806-6690.
- FERRAZ, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. S. Trocas gasosas e eficiência Fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, 2014.

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**. Piracicaba, SP, vol. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.
- HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; RUFINI, J. C.; SANTOS, V. M. Rendimento do pomar de maracujazeiro-amarelo após diferentes manejos de podas de renovação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife/PR, vol.7, n.2, p.280-285, 2012.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Lavoura Permanente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 20 jan 2023
- JOSÉ, S. C. B. R., SALOMÃO, A. N., MELO, C. C., CORDEIRO, I. M., GIMENES, M. A. Tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de maracujás silvestres. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p. 19, 2019. ISSN: 0102-0110
- MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: DATNFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. **Studies in Plant Science, 8: Silicon in agriculture**. Elsevier Science, New York, NY, p. 17-39, 2001.
- MARKWELL, J.; OSTERMAN, J. C.; MITCHELL, J. L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, vol. 46, p. 467-472, 1995.
- MENEGALE, M. L. C., CASTRO, G. S. A., MANCUSO, M. A. C. Silício: Interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, PR, vol. 4, n. especial, p. 435-454, 2015.
- MIRANDA, P. S.; MORAES, T. R.; SANDOS, J. R. E.; CARVALHO, F. D.; VIANA, J. P.; PÉREZ-MALUF, R. Aplicação de silício na cultura do milho. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, 2018.
- MORAES, S. P. O.; RODRIGUES, J. F. M.; ESCOBAR, M. E. O.; ARAÚJO, F. S.; OLIVEIRA, T. S. Beneficial effects of silicon in plants under abiotic stress conditions: A new approach. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, vol. 53, 2022. ISSN 1806-6690
- MUNARO, M. F., SIMONETI, A. P. M. M. Aplicação foliar de silício no milho 2ª safra: influência na produtividade. **Revista Cultivando o Saber**, vol. 9, n. 4, p. 145-154, 2016.
- NASCIMENTO, G. C., DOMINGUINI, L., MELLO, J. M. M., MAGRO, J. D., RIELLA, H. G., FIORI, M. A. Caracterização físico-química da cinza de casca de arroz oriunda do processo termelétrico do sul de Santa Catarina – Brasil. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, vol. 37, n. 4, p. 634-640, 2015.
- NASCIMENTO, A. D. FEIJÓ, F. M., ALBUQUERQUE, A. W., ASSUNÇÃO, I. P., DE ANDRADE LIMA, G. S., REIS, L. S. Severidade da antracnose do feijão-fava afetada por doses de cálcio e fontes de silício. **Revista Ciência Agrícola**, Rio Largo, AL, 2017.

- NEVES, J. M. G.; AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C.; BARBOSA, E. A. Silicon and boron mitigate the effects of water deficit on sunflower. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, vol. 23, n. 3, p. 175-182, 2019. ISSN 1807-1929
- OLIVEIRA, J. T. L.; CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUEDES FILHO, D. H. Crescimento de cultivares de girassol ornamental influenciado por doses de silício no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 17, n. 2, p. 123-128, 2013.
- OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; MENEGHELLO, G. E.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Aplicação de silício via solo no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, PR, 2015.
- PEREIRA, A. I. A.; GUIMARÃES, J. J.; COSTA, J. V. ; CANTUÁRIO, F. S.; SALOMÃO, L. C.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q. Growth of sweet pepper plants submitted to water tensions in soil and potassium silicate doses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, vol. 37, n. 1, p. 082-088. 2019.
- PINHEIRO, P. R.; LUNES, L. R. L.; PINHEIRO, C. L.; ABUD, H. F.; TORRES, S.B.; DUTRA, A. S. Potassium silicate as an inducer of abiotic stress resistance in grain sorghum seeds. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 53, e20218136, 2022. ISSN 1806-6690
- PRATES, F. B. S.; LUCAS, C. S. G.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; FERNANDES, L. A., JUNIO, G. R. Z.: Crescimento de mudas de pinhão-mansão em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômicas**, Fortaleza, CE, vol. 43, n. 2, p. 207-213, 2012.
- RODRIGUES, C. R., RODRIGUES, T. M., LUZ, J. M. Q., CARVALHO, P. C., SOUSA, J. B., BARBOSA, K. P., TRINDADE, P. R. Produtividade e qualidade de frutos do morangueiro tratados com diferentes dosagens de silicato de potássio. **Global Science of Technology**, Rio Verde, SP, vol. 09, n. 02, p.35-42, 2016.
- SÁ, J. R.; SILVA, F. H.; YESID, F. T.; MARIÑO, A.; SOARES, C. R. F. S.; FERREIRA, E. V. O. Growth and nutrition of *Passiflora edulis* submitted to saline stress after silicon Application. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, vol. 43, n. 1, 2021.
- SANTOS, V. A., RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. R.; CHAGAS, E. A.; PASQUA, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, vol. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.
- SOUZA, T. M. A.; MENDONÇA, V.; SÁ, F. V. S.; SILVA, M. J.; DOURADO, C. S. T.; Calcium silicate as salt stress attenuator in seedlings of yellow passion fruit cv. BRS GA1. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, vol. 33, n. 2, p. 509 – 517, 2020. ISSN 1983-2125 (online)
- STENZEL, N. M. C.; AULER, P. A. M.; MOLINA, R. O.; SOARES JUNIOR, D. Cultivo do maracujá-amarelo em áreas com ocorrência do vírus do endurecimento dos frutos (CABMV). **Informe da Pesquisa - IAPAR**, n. 161, p. 29, 2019.

- TEMIZ, C. C., TÉLLEZ, L. I., TREJO, V. J., & MERINO, F. C. G. Efecto de los elementos benéficos Al, Co, Se y Si en la nutrición de heliconias (*Heliconia sp.*). **Agro Productividad**, vol. 10, n. 3, p. 62-68, 2017.
- TESSARO, D., MATTER, J. M., KUCZMAN, O., FURTADO, L. F., COSTA, L. A. M., COSTA, M. S. S. M. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, vol. 43, n. 5, p. 831-837, maio, 2013.
- TUBAÑA, B. S.; HECKMAN, J. R. Silicon in Soils and Plants. In: RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. (Eds.). **Silicon and Plant Diseases**. Springer, p. 8 -51. 2015.
- XU, X.; DU, X.; WANG, F.; SHA, J.; CHEN, Q.; TIAN, G.; ZHU, Z.; GE, S.; JIANG, Y. Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. **Frontiers in Plant Science**, vol. 11, p. 904, 2020.
- ZACCHEO, P. V. C.; AGUIAR, R. S.; STENZEL, M. N. C.; NEVES, C. S. V. J. Tamanho de recipientes e tempo de formação de mudas no desenvolvimento e produção de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol. 35, n. 2, p. 603-607, 2013.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; ALVAREZ, V. H.; ZANÃO, M. P. C.; FONTES, R. L. F.; GROSSI, J. A. S. Produção de rosas influenciada pela aplicação de doses de silício no substrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, vol. 37, p. 1611-1619, 2013.

CONCLUSÕES GERAIS

Os tratamentos com fonte de silício testadas não influenciaram na germinação da espécie do maracujazeiro silvestre *Passiflora setacea*.

A aplicação de ácido silício semanal quando comparado com silicato de magnésio e silicato de potássio se mostrou mais indicado para melhor distribuição de fitomassa, com acúmulo de massa seca na raiz, influenciando de forma positiva o índice de qualidade de Dickson, um importante indicador de qualidade das mudas. Para fatores biométricos de crescimento, como altura de planta, diâmetro de coleto e números de folhas não ocorreu diferença entre a ausência e fontes de silício utilizada.

Indiferente dos níveis de doses de ácido silícico, a cultivar BRS Mel do Cerrado apresentou as menores médias para altura e índice SPAD aos 77 e 157 DAS e diâmetro de coleto aos 77 DAS. Para diâmetro de coleto, a cultivar BRS Sol do Cerrado apresentou as maiores médias indiferente da dose testada aos 77 e 157 DAS.

A ausência de aplicação é o tratamento mais indicador para as cultivares BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado de acordo com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Levando em conta o sistema de produção em ciclo único, que preconiza a produção de mudas altas, a ausência de aplicação é o tratamento mais indicado para a BRS Mel do Cerrado, enquanto para a BRS Sol do Cerrado e BRS Rubi do Cerrado as maiores médias para altura de planta foram obtidas na dose de 0,8 g L⁻¹. Entre as cultivares, a BRS Gigante Amarelo obteve a maior altura de planta indiferente do nível de dose testada, sem apresentar diferença no Índice de Qualidade da Muda.

Para obter resultados mais conclusivos, são necessários novos experimentos utilizando recipientes de maior tamanho, a fim de promover um melhor desenvolvimento das mudas. Como o silício atua no mecanismo de defesa e no crescimento, fisiologia e nutrição do maracujazeiro azedo ainda precisa ser melhor investigado.