



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM GESTÃO E SISTEMAS  
AGROINDUSTRIAIS  
CAMPUS DE POMBAL**

**GENALDO BERTOLDO FERNANDES**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MARACUJÁ-  
AMARELO (*Passiflora edulis* f. Degener) SOB SILÍCIO E MATÉRIA ORGÂNICA DO  
SOLO**

**POMBAL - PB  
2022**

GENALDO BERTOLDO FERNANDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MARACUJÁ-  
AMARELO (*Passiflora edulis* f. Degener) SOB SILÍCIO E MATÉRIA ORGÂNICA DO  
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, no curso de Mestrado, modalidade Acadêmico, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadores: Profa. Dra. Jussara Silva Dantas  
Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita.

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MARACUJÁ-AMARELO (*Passiflora edulis* f. Degener) SOB SILÍCIO E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, no curso de Mestrado, modalidade Acadêmico, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadores: Profa. Dra. Jussara Silva Dantas  
Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita.

**Aprovada em: 13/09/2022.**

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Orientadora – Profa. Dra. Jussara Silva Dantas**  
(CCTA/UAGRA/UFCG)  
Orientadora



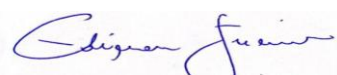
---

**Orientador – Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita**  
(CCHA/UEPB)  
Orientador



---

**Membro – Profa. Dra. Aline Carla de Medeiros**  
(PPGSA/CCA)  
Examinadora Interna



---

**Membro – Prof. Dr. Edivan da Silva Nunes Júnior**  
(CCHA/UEPB)  
Examinador Externo

F363c Fernandes, Genaldo Bertoldo.

Caracterização físico-químicas em frutos de maracujá (*Passiflora edulis* f. Degener) sob silício e matéria orgânica do solo / Genaldo Bertoldo Fernandes. – Pombal, 2022.  
46 f. il.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.  
“Orientação: Profa. Dra. Jussara Silva Dantas, Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita.”  
Referências.

1. Cultivo do maracujazeiro. 2. Fruticultura. 3. Adubação orgânica. 4. Adubação mineral. I. Dantas, Jussara Silva. II. Mesquita, Evandro Franklin de. III. Título.

CDU 634.776.3 (043)

A Deus e minha família, minha fortaleza e incentivo,  
**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu grandioso Deus, por suas misericórdias e bênçãos em minha vida, pela sabedoria, paciência e forças no decorrer de mais uma conquista dentre outras que me permitiu ter.

Aos meus familiares, em especial a minha esposa Maria de Fátima Silva Bertoldo, filhos e netos, por todo amor, apoio e companheirismo em todos os momentos. Muito obrigado por estarem comigo.

Aos meus amigos, no geral, por tantos momentos, alegrias, aprendizados compartilhados, pela torcida e encorajamento ao longo da concretização desse trabalho.

A Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, pela oportunidade de realizar essa pesquisa e de concluir mais uma etapa de estudos em minha vida acadêmica.

A minha orientadora, Dra. Jussara Silva Dantas, profissional competente, por toda sua disponibilidade, ensinamentos, pela atenção, paciência e oportunidade de melhorar academicamente.

Ao meu coorientador, Dr. Evandro Franklin de Mesquita, amigo e profissional respeitável e competente que muito admiro, que me auxiliou de forma imprescindível para o sucesso deste trabalho.

A Dra. Aline Carla de Medeiros e Dr. Edivan da Silva Nunes Júnior, profissionais respeitáveis, por integrar a banca examinadora e por suas contribuições sugeridas para a melhoria do trabalho.

A todo o corpo docente e colegas de turma do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Gestão e Sistemas Agroindustriais, pelos bons momentos e conhecimento adquirido ao longo do curso.

A todo corpo docente da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, pelo apoio.

Aos alunos, Caio da Silva Sousa, Damião Vagno Dantas Jales, Denis dos Santos Silva, Diogo Dantas maia, Fernando Nóbrega Targino, Géssica Martins de Figueiredo e José Paulo Costa Diniz, pela participação e colaboração durante toda a condução da pesquisa.

**OBRIGADO!**

FERNANDES, G. B., **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS EM FRUTOS DE MARACUJÁ-AMARELO (*Passiflora edulis* f. Degener) SOB SILÍCIO E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**. 37p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Gestão e Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, 2022.

## RESUMO

O uso de silício associado com matéria orgânica é uma alternativa na fruticultura que está associada aos efeitos no crescimento, produção e nas características físico-químicas dos frutos, visando atender padrões de qualidade exigidos para o consumo *in natura* ou para o processamento. Neste sentido, foi desenvolvido um experimento, no período de dezembro de 2020 a setembro de 2021 para avaliar a caracterização físico-químicas em frutos de maracujá-amarelo sob silício e matéria orgânica do solo. Os tratamentos foram arranjados em blocos ao acaso, com quatro repetições e 4 plantas por parcela, usando o esquema fatorial  $5 \times 2$ , relativo às doses de silício no solo de 0,0; 40, 80, 120 e 160 g planta<sup>-1</sup> equivalentes às doses de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup> e dois níveis de matéria orgânica (valor existente no solo 1,2% e elevar o teor para 4%). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Para o fator silício e ao desdobramento da interação silício dentro de matéria orgânica utilizaram-se regressões polinomiais lineares e polinomiais. Para o efeito isolado da matéria orgânica utilizou-se o teste F ( $p < 0,05$ ). Para análise de dados utilizou o software estatístico Sisvar versão 5.6. As variáveis físico-químicas avaliadas referiram-se a diâmetro longitudinal e transversal, massa de fruto, da polpa, da semente e de casca, espessura da casca e da polpa, volume da polpa sem sementes, número de sementes por frutos, pH e sólidos solúveis. As características físicas dos frutos foram melhores nos tratamentos com o maior nível de silício aplicado ao solo (180 kg/ha). O pH e sólidos solúveis dos frutos foram influenciadas pelos níveis de silício, com superioridade dos tratamentos com adição de matéria orgânica ao solo. A adição de matéria orgânica ao solo proporcionou maior massa de fruto e diâmetro transversal. Por outro lado, a espessura da casca do fruto diminuiu com o incremento dos níveis de silício ao solo sem a adição de matéria orgânica ao solo. Os frutos de maracujá-amarelo apresentam características físico-químicas que podem ser aceitas tanto na indústria quanto no mercado *in natura*.

**Palavras-chave:** *Passiflora edulis* f. Degener, Silício, Matéria orgânica.

## ABSTRACT

The use of silicon associated with organic matter is an alternative in fruit growing that is associated with the effects on growth, production and physicochemical characteristics of the fruits, aiming to meet the quality standards required for fresh consumption or processing. In this sense, an experiment was developed from December 2020 to September 2021 to evaluate the physicochemical characterization in yellow passion fruit pulp under silicon and soil organic matter. The treatments were arranged in randomized blocks, with four replications and 4 plants per plot, using a  $5 \times 2$  factorial scheme, relative to the levels of silicon in the soil of 0.0; 40, 80, 120 and 160 g plant<sup>-1</sup> equivalent to doses of 0, 45, 90, 135 and 180 kg ha<sup>-1</sup> and two levels of organic matter (existing value in the soil 1.2% and raising the content to 4% ). Data were submitted to analysis of variance using the F test ( $p < 0.05$ ). For the silicon factor and the unfolding of the silicon interaction within organic matter, linear and polynomial regressions were used. For the isolated effect of organic matter, the F test was used ( $p < 0.05$ ). For data analysis, the statistical software Sisvar version 5.6 was used. The physicochemical variables evaluated referred to longitudinal and transverse diameter, fruit, pulp, seed and peel mass, peel and pulp thickness, seedless pulp volume, number of seeds per fruit, pH and solids soluble. The physical characteristics of the fruits were better in the treatments with the highest level of silicon applied to the soil (180 kg/ha). The pH and soluble solids of the fruits were influenced by the levels of silicon, with superiority of the treatments with the addition of organic matter to the soil. The addition of organic matter to the soil provided greater fruit mass and cross-sectional diameter. On the other hand, fruit skin thickness decreases with increasing levels of silicon to the soil without the addition of organic matter to the soil. The harvested yellow passion fruit presents physicochemical characteristics that can be accepted both in the industry and in the fresh market.

**Key words:** *Passiflora edulis* f. Degenerate, Silicon, Organic matter.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diâmetro longitudinal de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	22
<b>Figura 2.</b> Diâmetro transversal de frutos em maracujazeiro amarelo sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	25
<b>Figura 3.</b> Massa de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	27
<b>Figura 4.</b> Massa da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	28
<b>Figura 5.</b> Massa de sementes em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	30
<b>Figura 6.</b> Massa da casca em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	31
<b>Figura 7.</b> Espessura da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	32
<b>Figura 8.</b> Espessura da casca em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	34
<b>Figura 9.</b> Volume da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	35
<b>Figura 10.</b> Número de sementes por fruto em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	37
<b>Figura 11.</b> pH da polpa de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	38
<b>Figura 12.</b> Sólidos solúveis em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.....	40

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização química, quanto à fertilidade, e física do solo da área experimental.....	19
<b>Tabela 2.</b> Composição química do silício.....	19
<b>Tabela 3.</b> Caracterização química da água utilizada no experimento.....	21
<b>Tabela 4.</b> Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade.....	21
<b>Tabela 5.</b> Caracterização química do esterco bovino utilizado como fonte de matéria orgânica. .....	24
<b>Tabela 6.</b> Síntese da análise de variância (valor ‘F’) e as características físico-químicas: diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), massa de fruto (MF), massa da polpa do fruto (MPF), massa semente por fruto (MSF) e massa da casca do fruto (MCF) em frutos de maracujá amarelo sob silício e matéria orgânica.....	33
<b>Tabela 7.</b> Síntese da análise de variância (valor ‘F’) e as características físico-químicas: espessura da polpa do fruto (ESPF), espessura da casca do fruto (ESCF), volume da polpa sem sementes (VPSS), número de sementes por fruto (NFF), pH e sólidos solúveis (SS) em frutos de maracujá amarelo sob silício e matéria orgânica.....	39

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.2 Matéria Orgânica do Solo.....	13
2.3 Silício como Adubo e sua Importância .....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Caracterização da área experimental.....	15
3.2 Delineamento experimental e material vegetal .....	16
3.3 Condução do Experimento .....	18
3.4 Variáveis Analisadas.....	19
3.5 Análise Estatística .....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

Em dias hodiernos, quando falamos de agricultura, se levanta uma pauta ambiental e econômica, procurando sempre culturas e práticas de manejo rentáveis em produção e preservação. A cultura do maracujá, por exemplo, é uma boa referência em termos agrícolas e econômicos, pois a mesma, oferece, entre as frutíferas, o mais rápido retorno econômico (SILVA, 2018), além disso, a cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. Degener), apesar de ter origem nos trópicos, pode desenvolver-se em condições climáticas distintas, devido sua adequada adaptação atrelada as características morfofisiológicas.

Nas regiões semiáridas do estado da Paraíba, os mananciais hídricos de superfícies e subterrâneos encontram-se em déficit quantitativo, devido as condições climáticas típicas dessa região que afetam o enchimento desses reservatórios, além das baixas taxas pluviométricas e irregulares que também fazem parte da caracterização semiárida (ARAÚJO et al., 2000; MESQUITA et al., 2015). Prova disso, é a baixa produtividade do maracujá na Paraíba na ordem de 9,6 t ha<sup>-1</sup>, em comparação à média do Nordeste e Nacional de 14,57 e 14,87 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (IBGE, 2020); isto, pode estar relacionado a fatores como manejo inadequado da irrigação, da adubação, que contribuíram para o declínio da produtividade da cultura no estado.

O cultivo do maracujazeiro sob manejo inadequado favorece problemas fitossanitários, principalmente, o ataque do fungo fusariose (*Fusarium oxysporum* f. passiflore) provocado pelo excesso de água associado ao baixo aporte de matéria orgânica, contribuindo para a baixa produtividade da cultura e o abandono de plantios pela maioria dos produtores (CAVALCANTE et al., 2012).

Comparativamente, a qualidade da caracterização físico-químicas que satisfaça as exigências de consumidores e da indústria de processamento de polpa dependem do manejo da cultura. Neste sentido, os produtores rurais, principalmente na região Nordeste, devem utilizar tecnologias apropriadas que possibilitem suprir suas limitações climáticas com a utilização de silício e matéria orgânica do solo (MOS). Caracterizada por baixa pluviosidade, a região Nordeste, em geral, apresenta índices pluviométricos inferiores a 800 mm ano<sup>-1</sup> e alta evaporação de referência superior a 1700 mm ano<sup>-1</sup> (MESQUITA et al., 2021). Conforme, Chakma et al. (2022), a aplicação de silício e adubo orgânico no solo atenuam os efeitos adversos induzidos pela déficit hídrico sobre as culturas.

Diante deste cenário, há a necessidade da adoção de novas práticas agronômicas como a utilização de silício associado a MOS. O silício promove melhorias na estrutura e no desenvolvimento das plantas, tais como, resistência às mudanças de temperatura, doenças, pragas, toxidez de alumínio, ferro e manganês, bem como apresenta interação positiva com o nitrogênio, fósforo e potássio, aumentando a produtividade em culturas como o trigo e algumas cucurbitáceas (ZAMBOLIM et al., 2012). Na cultura do maracujazeiro, Costa et al. (2005) observaram melhoria no crescimento das plantas de maracujazeiro em concentrações entre 0,28 e 0,55 g vaso<sup>-1</sup> de silício, e a absorção de silício e sua deposição nas folhas de maracujazeiro são proporcionais à disponibilidade desse elemento para a planta.

Os solos da região semiárida apresentam teor de MOS inferior a 1%, sendo considerado baixo, conforme Ribeiro et al. (2009). Com isso, para as plantas produzirem seus potenciais máximos há necessidade do suprimento de matéria orgânica do solo, conforme Srivastava (2020), a produtividade de qualquer colheita de frutas depende essencialmente dos dois principais fatos, balanço de nutrientes e atividade biológica.

Estudos relacionados ao aporte de MOS mostram que adubação orgânica na cultura do maracujazeiro aumenta a produção da cultura e melhora as características químicas do solo, fato confirmado por Rojas et al. (2007) ao estudarem o cultivo do maracujá em três sistemas de cultivo (agroecológico, transitório e convencional), no município de Toro (Valle del Cauca), Colombia, constataram que a perda de Carbono orgânico diminuiu na ordem Convencional > Transição > Agroecológica e acumulação na direção oposta, nas profundidades 0-15 e 15 a 30 cm.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a caracterização físico-químicas em frutos de maracujazeiro amarelo cultivado sob silício e matéria orgânica do solo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância da Cultura do Maracujá Amarelo**

Entre as frutíferas que se destacam no mercado, o maracujazeiro vem apresentando nas últimas décadas maior relevância, cuja expressividade está relacionada às características físico-químicas do fruto e à adaptabilidade da planta as diversas regiões do Brasil (SILVA, 2018).

As características organolépticas e físico-químicas do maracujazeiro-amarelo conferem-no uma importância significativa no ramo agrícola. Ademais, o destaque desta cultura entre as demais frutíferas que compõe o mercado é atrelado pela qualidade farmacoterapêutica

e sensorial de seus frutos e folhas, além do ciclo ser de fácil manejo e relativamente curto (GURGEL et al., 2007).

Para Nunes (2020), o maracujazeiro amarelo é cultivado em pequenas propriedades de cunho familiar, como também a nível comercial, sendo a espécie que apresenta maior representatividade entre os pomares brasileiros, cerca de 95% das áreas cultivadas.

O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador de maracujá no mundo, determinando a passicultura com grande importância social e econômica. Em relação à produção mundial, o maracujá é cultivado, além do Brasil, no Equador e Colômbia, no Peru, África do Sul e na Austrália (TAVARES, 2021).

De forma análoga, a importância dessa cultura vincula-se à agricultura familiar, pois possibilita uma grande fonte de renda equilibrada, a qual proporciona oportunidade de capitalização em um curto prazo de tempo, quando se compara com outras frutíferas. Esse equilíbrio na renda está em sua maior parte atrelada ao longo período de safra que varia de até 12 meses em algumas regiões brasileiras. Com um olhar tangencial, os pomares de maracujazeiro influenciam em aspectos sociais, tendo em vista a fixação do homem no campo e a minimização do êxodo rural, os quais geram em cada hectare plantado de 3 a 4 empregos diretos e ocupa de 7 a 8 pessoas nos diversos elos da cadeia produtiva. Ademais, por ser uma cultura semi-perene, os vínculos empregatícios apresentam certa continuidade (FALEIRO e JUNQUEIRA, 2016).

Em 2020, o valor da produção foi de R\$ 1.379.269.000,00. Com uma produção de 690.364 toneladas e rendimento de 14,9 t ha<sup>-1</sup>, em destaque a região Nordeste que representa 71,2% da produção nacional, com um quantitativo de produção de 471.326 toneladas (IBGE, 2020). Dentre os maiores produtores, se destacam Ceará, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Paraíba. Apesar da média nacional ser de 14,9 t ha<sup>-1</sup>, ainda é considerada baixa, em virtude do potencial produtivo da cultura (MIYAKE et al., 2018).

A baixa produtividade da cultura pode estar relacionada a diversos fatores tais como: escolha da área e manejo inadequado, pesquisas incipientes, extensão rural deficitária, manejo da irrigação, umidade relativa do ar, temperatura, e, é claro, a nutrição e a fertilidade do solo que corroboram como papel determinante no sucesso da passicultura (NUNES, 2020).

Uchôa (2018) destaca que o maracujazeiro assumiu uma importância econômica e social, entretanto, alguns fatores influenciam na produtividade e na qualidade físico-química da cultura, dentre eles: a adubação mineral com silício que proporciona maior tolerância a déficits hídricos através da acumulação de compostos osmorreguladores, práticas conservacionistas,

como o aumento do percentual de matéria orgânica no solo, pois favorece a maior disponibilidade dos nutrientes.

## **2.2 Matéria Orgânica do Solo**

O cultivo do maracujá, nos últimos anos vem sendo realizado por pequenos agricultores, que apresentam poucos recursos financeiros para o investimento na cultura, de forma, que alternativas afins de reduzir o custo de produção são essenciais para tornar a passicultura viável. Com relação a termos de nutrição, uma opção é a substituição do adubo mineral por materiais de origem vegetal e/ou animal que estão disponíveis no meio rural, pois além de serem acessíveis em termos de custo, favorece de forma positiva influenciando com a matéria orgânica nas propriedades físicas, químicas e biológicas do sistema edáfico (BERILLI et al., 2017).

Do ponto de vista físico, a matéria orgânica aumenta a agregação das partículas do solo, reduzindo a susceptibilidade à erosão, a plasticidade e a coesão do solo, favorecendo as operações de preparo, aumenta a capacidade de retenção de água, que proporciona maior fluxo de massa, ademais, facilita maior penetração das raízes e absorção dos nutrientes (KERBAUY, 2008).

A matéria orgânica pode ser considerada também uma ótima fonte de energia e nutrientes para diversas espécies de organismos, tanto macro quanto microrganismos, mantendo o solo em estado dinâmico e exercendo importante papel na fertilidade do solo (SANTOS et al., 2022).

Damatto Júnior et al. (2005) ao estudarem a adubação orgânica na produção e qualidade de frutos de maracujá-doce, obtiveram como resultado que a maior produção (15,94 kg planta<sup>-1</sup>) encontrada foi em plantas adubadas com doses de 100% de adubo orgânico.

Tendo em vista isso, a adubação orgânica ou até mesmo quando associada com a adubação mineral, configura-se uma alternativa aos produtores. Santos et al. (2022) ressalta como conclusão de seu estudo que é importante a realização de mais pesquisas sobre a adubação orgânica do maracujazeiro-amarelo diretamente no solo para confirmar a viabilidade do plantio em grande escala. Corroborando, Pires et al. (2011), em seu estudo diz que pouco ainda se conhece sobre o efeito de materiais orgânicos sobre as características químicas e físicas de solos cultivados com maracujazeiro.

A adubação orgânica na cultura do maracujazeiro aumenta a produção da cultura e melhora as características químicas do solo, fato confirmado por Rojas et al. (2007), ao estudarem o cultivo do maracujá em três sistemas de cultivo (agroecológico, transitório e

convencional), no município de Toro (Valle del Cauca), Colômbia, constataram que a perda de C diminuiu na ordem Convencional > Transição > Agroecológica e acumulação na direção oposta, nas profundidades 0-15 e 15 a 30 cm.

### **2.3 Silício como Adubo e sua Importância**

O silício (Si) faz parte dos elementos mais frequentes no solo, entretanto como ainda não é colocado como um elemento essencial para o crescimento da planta, o mesmo não ganhou uma atenção significativa na biologia vegetal. O quartzo constitui a base da estrutura da maioria dos argilominerais, e é formado por dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) (EMBRAPA, 2011).

Os solos brasileiros apresentam baixo teor desse elemento, devido ao grau de intemperismo dos mesmos, detendo apenas em torno de 5 a 40% de Si em suas composições (MENEGALE et al., 2015). O Si disponível na solução do solo é resultado de várias reações como: decomposição de resíduos vegetais, da dissociação do ácido silícico polimérico, da liberação de Si dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, e da dissolução de minerais cristalizados e não cristalizados (JONES e HANDRECK, 1967).

Menegale et al. (2015) destaca que os silicatos são as principais fontes de Si para o sistema edáfico e para os vegetais e podemos fornecer o nutriente a partir da adição de adubos, com os silicatos de cálcio, de magnésio, de potássio, termofosfato, escórias de siderurgia, worllastonita e ainda por meio da água da irrigação.

Segundo Marafon e Endres (2011) por mais que existam alguns produtos constituintes com Si no comércio nacional, os adubos silicatados ainda apresentam escassez quanto à sua utilização na agricultura, tendo em vista que a maior parte da oferta do produto concentra-se no Sudeste, dificultando a disponibilidade dos fertilizantes silicatados à outras regiões brasileiras.

Fatores de estresse, tanto abióticos como bióticos desencadeiam distúrbios funcionais metabólicos e fisiológicos que conduzem à perda de rendimento e, por conseguinte, perda na produtividade vegetal. Apesar do Si não ser um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, de acordo Keller et al. (2015) esse elemento pode aliviar os efeitos deletérios como da toxicidade por metais pesados, seca e salinidade em plantas.

A absorção de silício pelas raízes é por meio da forma de ácido monossilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), cuja molécula é de carga neutra e nessa mesma forma ocorre o transporte à parte aérea vegetal. A perda de água pelo processo transpiratório, nas folhas, faz com que o ácido monossilícico apresente maior concentração e polimerize em sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e deposite-se nos diferentes tecidos vegetais (Liang et al., 2015).



Takahashi et al. (1990) postularam três tipos possíveis de absorção de silício em vegetais superiores quando relacionados à absorção de água: o ativo, em que a absorção de Si apresenta maior rapidez e em maior concentração que os outros elementos inorgânicos presentes na água, e o passivo, no qual a absorção ocorre similar ou menor do que de outros elementos inorgânicos presentes no conteúdo hídrico.

Boa parte das plantas dicotiledôneas absorvem Si de forma passiva, como o pepino, o morango, o melão e a soja. Outras, por outro lado, como as leguminosas excluem o Si da absorção, enquanto que plantas monocotiledôneas, como a cultura do arroz, uma típica acumuladora de Si, a absorção e o transporte são um processo ativo (Liang et al., 2015; Ma e Yamaji, 2015).

Guntzer et al. (2012) destaca que a concentração de Si sofre uma variação de espécie para espécie, onde as dicotiledôneas são consideradas pobres em Si, com algumas exceções como na família Curcubitaceae (Pepino), na família Fabaceae (ervilha), enquanto as monocotiledôneas são ricas nesse elemento supracitado, em especial as pertencentes as famílias Cyperaceae e gramineae. De maneira análoga, segundo Hodson et al. (2005), a concentração de Si nas plantas depende mais da sua posição filogenética do que do ambiente que está inserida, ou seja, da concentração do Si no solo ou na solução.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área experimental**

O Experimento foi desenvolvido no período de dezembro de 2020 a setembro de 2021, nas dependências do Centro de Ciências Humanas e Agrárias, pertencente a Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Catolé do Rocha, situado na Mesorregião do Alto Sertão paraibano, pelos pontos das coordenadas geográficas: latitude 6° 20' 38" Sul, longitude 37° 44' 48" a Oeste do Meridiano de Greenwich e a uma altitude de 275 m.

O clima da região, conforme Köopen (ALVARES et al., 2013), é BSh semiárido, quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh com período de 5 a 7 meses sem chuvas. A estação chuvosa dura de janeiro a julho com maior frequência e intensidade nos meses de fevereiro, março e maio (MESQUITA et al. 2021).

O solo da área experimental, segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação — SiBCS, foi classificado como NEOSSOLO FLÚVICO Eutrófico (EMBRAPA, 2018). Antes

da instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm para caracterização do mesmo, quanto à fertilidade e dos atributos físicos (Tabela 1), empregando as metodologias contidas no manual da EMBRAPA (TEXEIRA et al. 2017).

**Tabela 1.** Caracterização química, quanto à fertilidade, e física do solo da área experimental.

Atributos químicos		Atributos físicos	
pH em água (1,0:2,5)	6,4	Areia (g kg <sup>-1</sup> )	661
MOS (g kg <sup>-1</sup> )	11,59	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	213
P (mg dm <sup>-3</sup> )	25,00	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	126
Si (mg dm <sup>-3</sup> )	10,00	Ada (g kg <sup>-1</sup> )	42
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,04	Gf (%)	66,7
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,01	Id (%)	33,3
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,10	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,51
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,07	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,76
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	2,86:1	Pt (%)	45,00
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,31	M (%)	31,9
(H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> ) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	m (%)	13,1
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00	Uvcc (g kg <sup>-1</sup> )	131,4
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	11,31	Uvpmp (g kg <sup>-1</sup> )	49,7
V (%)	100	Adi (g kg <sup>-1</sup> )	81,7
Classificação	Eutrófico	Classificação textural	FAA

MOS = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases trocáveis (SB = Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>); CTC = Capacidade de troca catiônica [CTC = SB (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>+</sup>)]; V = Saturação do solo por bases trocáveis [V = (SB/CTC) x 100]; Ada = Argila dispersa em água; Df = Grau de flocculação {Gf = [(Argila-Ada)/Argila] x 100}; Ds e Dp = respectivamente densidade do solo e de partículas; Pt, M e m = Respectivamente, porosidade total, macro e microporosidade do solo; Uvcc, Uvpmp = Respectivamente, umidade volumétrica ao nível de capacidade de campo e do ponto de murchamento permanente nas tensões de -0,033 e -1,500 MPa do solo; Adi = Água disponível no solo; FAA = Franco argilo arenosa.

### 3.2 Delineamento experimental e material vegetal

O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 5×2 com 4 repetições relativo às doses de silício no solo de 0,0; 40, 80, 120 e 160 g planta<sup>-1</sup> equivalentes às doses de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha<sup>-1</sup>, como sugestão de Costa et al. (2018) e dois níveis de matéria orgânica (valor existente no solo 1,2% e elevar o teor para 4%).

As doses de silício foram aplicadas duas vezes na proporção 1:1, uma em fundação e outra no início do florescimento das plantas. Cada parcela constava de 4 plantas com comprimento de 9 m e 2 m de entre linhas, equivalente a uma área de total 18 m<sup>2</sup>, sendo as

duas plantas centrais consideradas a parcela útil. A composição química do silício encontra-se na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química do silício.

Garantias	
SiO <sub>2</sub> (%)	92
Si (%)	42,9
Densidade Aparente (g/l)	80 -140
Tamanho da partícula (um)	8-12
pH	6,0 – 7,5

Fonte: Sifol, 2022.

As plantas foram irrigadas diariamente com água de restrição moderada à agricultura com condutividade elétrica de 1,01 dS m<sup>-1</sup> (AYERS & WESTCOT, 1999), caracterizada conforme Richards (1954) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Caracterização química da água utilizada no experimento.

Ph	CE <sub>ai</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	Classe
.....mmlo <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ..... (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>											
6,9	1,01	0,18	1,48	6,45	1,21	2,50	0,00	2,75	8,1	4,57	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

CE<sub>ai</sub> = Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = Razão de adsorção de sódio [RAS= Na<sup>+</sup>/(Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>/2)<sup>1/2</sup>];

O método foi localizado e o sistema por gotejamento, utilizando mangueiras de 16 mm, sendo dois gotejadores por planta com vazão de 10 L hora<sup>-1</sup>, trabalhando na pressão de serviço de 1,5 MPA. A evapotranspiração da cultura — ET<sub>c</sub> foi obtida pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>, mm dia<sup>-1</sup>), estimada a partir dos dados de evaporação do tanque Classe A corrigida pelo K<sub>t</sub> do tanque (0,75), e coeficiente de cultura — kc nas diferentes idades das plantas (ET<sub>c</sub> = ET<sub>0</sub> x kc). Para obtenção do uso consultivo das plantas (U<sub>c</sub>), considerou-se o percentual de área molhada (P) = 100%.

Dessa forma, o cálculo da lâmina de irrigação líquida diária (LLD = ET<sub>c</sub>), incluiu a fração 6/7 de irrigação referente ao domingo, para LLD = U<sub>c</sub> x P/100 (mm d<sup>-1</sup>). Os valores de kc de 0,3 durante os primeiros 60 dias após o transplântio (DAT), dos 61 ao início da floração, em geral, dos 100 aos 110 DAT, 0,8, da floração à formação do fruto de 1,2 (160 DAT) e da metade de cada colheita até o final 0,8, conforme outros estudos com maracujazeiro amarelo (SOUZA et al., 2009; SOUZA et al., 2018).

Durante a condução de experimento, foram registrados diariamente os dados de pluviosidade, evaporação e lâmina total de irrigação, obtidos através de leituras em pluviômetro e tanque Classe “A”, respectivamente, conforme dados mensais demonstrados na (Tabela. 4).

**Tabela 4.** Dados médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar, evaporação de referência e pluviosidade.

Meses	Evaporação de referência (mm mês <sup>-1</sup> )	Lâmina (mm/mês)	
		Irrigação	Pluviosidade
Fevereiro	159,84	40,64	109,20
Março	122,44	8,72	112,70
Abril	102,74	2,12	285,20
Mai	119,90	8,53	106,20
Junho	198,63	186,94	3,20
Julho	186,34	175,37	12,10
Agosto	225,42	212,16	3,20
Setembro	230,18	216,64	9,80
Total	1345,49	851,12	641,60
Total geral	1345,49	1.492,72	

Autor: próprio autor

O material vegetal em estudo foi o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims), propagadas via sementes adquiridas em Cuité-PB de pomar com alta sanidade. As mudas foram preparadas em sacos de polietileno preto contendo substrato na proporção de 1:1, preparado com material de solo coletado nos 0,2 m de profundidade e esterco bovino, e transplantadas quando apresentaram 35 cm de altura, 4 mm de diâmetro e quatro pares de folhas completamente expandidas.

### 3.3 Condução do Experimento

As plantas foram distribuídas no espaçamento de 3 m entre plantas e 2 m entre linhas na profundidade de 0,4 m e diâmetro de 0,4, referente ao volume de 64 dm<sup>3</sup>. Nas covas com adição de matéria orgânica para elevar o teor para 4% foram adicionados de 7,70 kg de esterco bovino por cova para elevar o teor de matéria orgânica do solo de 1,1 para 4,0%, conforme Bertino et al. (2015). Antes da aplicação, o esterco bovino caracterizado quanto à composição química da fertilidade (TEXEIRA et al., 2017), conforme se pode verificar na Tabela 5.

$$QEB \text{ (g)} = (40 \text{ g kg}^{-1} - \text{TMOSP}) \times \text{VL} \times \text{ds} \times \text{UE/TMOEB}$$

Em que:

QEB = Massa de esterco bovino descontada a umidade (g);

TMOSP = Teor de matéria orgânica que o solo possui;

VL = Volume da cova ( $\text{dm}^3$ );

ds = Densidade do solo ( $\text{g dm}^{-3}$ );

UE = Umidade do esterco bovino (%);

TMOEB = Teor de matéria orgânica existente no esterco bovino.

**Tabela 5.** Caracterização química do esterco bovino utilizado como fonte de matéria orgânica.

N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	MO	CO	C/N
			.....g $\text{kg}^{-1}$ .....			.....mg $\text{kg}^{-1}$ .....			.....g. $\text{kg}^{-1}$ .....			
14,29	2,57	16,79	15,55	4,02	5,59	60	22	8550	325	396,0	229,7	16:1

MO = Matéria orgânica; CO = Carbono orgânico.

A adubação de fundação foi feita com 40 g de superfosfato simples (21% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e 7,7 kg de esterco bovino 50 FTE-BR12 (3,9% de S, 1,8% de B, 0,85% de Cu, 2,0% de Mn e 9,0% de Zn) para os tratamentos para elevar o teor de matéria orgânica 1,1 para 4%. Para os tratamentos sem adição de matéria orgânica, a adubação de fundação foi 95 g de superfosfato simples (21% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e 50 FTE-BR12 (3,9% de S, 1,8% de B, 0,85% de Cu, 2,0% de Mn e 9,0% de Zn).

Aos 30 dias após o transplantio das mudas (DAT) foram feitas, mensalmente, adubações de cobertura com nitrogênio (ureia, 45% N) e potássio (sulfato de potássio, 53%  $\text{K}_2\text{O}$  e 43% K), aplicando 15 g e 20 g respectivamente, durante a fase de crescimento vegetativo, durante a fase a floração os valores foram elevados para 24 g e 30 g e ao final da floração, que compreende o final da colheita foram realizadas aplicações de 33 g e 60 g, totalizando 231 e 350 g  $\text{planta}^{-1}$  ano<sup>-1</sup>, respectivamente de ureia e sulfato de potássio. A adubação com fósforo foi realizada a partir dos 60 DAT, iniciando com a aplicação conjunta de N e K, com superfosfato simples (18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 16% de Ca e 8% de S), aplicando-se 50 g a cada três meses e 100 g ao final da colheita dos frutos totalizando 4 aplicações, totalizando 250 g de  $\text{planta}^{-1}$  ano<sup>-1</sup> de superfosfato simples, conforme recomendação de Sousa (2016).

### 3.4 Variáveis Analisadas

Após o início da colheita, em julho de 2021, os frutos foram colhidos diariamente com pelo menos 30% da sua área com coloração amarelada (RODRIGUES et al., 2008) e no pico

da colheita, quando todos os tratamentos apresentavam frutos em ponto de colheita, foram coletados 10 frutos por parcela para caracterização física e química, os quais foram identificados e transportados ao Laboratório de Solo e Água da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, para serem mensuradas as seguintes características:

- a) Diâmetro longitudinal e transversal médio dos frutos: para a determinação destes parâmetros, coletou-se mensalmente uma amostra de 10 frutos/parcela, medindo-os com auxílio de um paquímetro de precisão 0,1 mm.
- b) Massa média dos frutos: foi obtida dividindo-se a produção por planta pelo número de frutos sadios. Efetuaram-se avaliações semanais para esta variável.
- c) Massa média de sementes, da polpa e da casca por frutos: foi obtida dividindo-se pela separação das sementes da polpa através de uma peneira de inox de 10 cm de produção. Para a massa da casca retirou-se a sementes e a polpa; posteriormente, pesado em balança de precisão de 0,01g.
- d) Espessura da casca e da polpa no sentido norte-sul e leste-oeste: após o corte e retirada da polpa, mediu-se a espessura da casca e da polpa, com o auxílio de um paquímetro de precisão 0,1 mm.
- e) Número de sementes por fruto: Foi retirada a polpa do fruto e depois separado a polpa da semente, e em seguida feita a contagem.
- f) Volume da polpa: após a separação da polpa da semente, a polpa foi colocada em proveta graduada de 100 mL, determinando-se assim o volume da polpa em mL.
- g) O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi avaliado através de um refratômetro digital com compensação automática de temperatura.
- h) O pH do suco foi obtido através do pHmetro digital Lcd, segundo técnicas preconizadas pela AOAC. (1990).

### **3.5 Análise Estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Para valores referentes ao fator silício e ao desdobramento da interação silício dentro de matéria orgânica utilizaram-se regressões polinomiais lineares e polinomiais. Para o feito isolado da matéria orgânica utilizou-se o teste F ( $p < 0,05$ ). Para análise de dados utilizou o software estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificou-se que o teste F para a interação silício x matéria orgânica do solo foi significativa ( $P < 0,01$ ), indicando existir uma dependência entre os efeitos dos fatores silício (Si) e matéria orgânica do solo para o diâmetro longitudinal do fruto, a massa de polpa de fruto e a massa por fruto em frutos de maracujá-amarelo (Tabela 6). Também houve efeito significativo pelo teste F ao nível 1% de probabilidade para os fatores isolados silício e matéria orgânica do solo, indicando que os níveis de silício e matéria orgânica do solo diferem entre si em relação à diâmetro transversal do fruto, a massa de frutos e a massa da casca em frutos de maracujazeiro amarelo.

**Tabela 6.** Síntese da análise de variância (valor ‘F’) e as características físico-químicas: diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), massa de fruto (MF), massa da polpa do fruto (MPF), massa semente por fruto (MSF) e massa da casca do fruto (MCF) em frutos de maracujá amarelo sob silício e matéria orgânica.

Fontes de variação	DLF ..... mm .....	DTF .....	MF ..... g .....	MPF	MSF	MCF
Bloco	0,64 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
Silício (Si)	0,006*	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,01**
MOS	0,31 <sup>ns</sup>	0,00**	0,00**	0,09**	0,01**	0,40 <sup>ns</sup>
Si × MOS	0,034*	0,09 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,00**	0,00**	0,19 <sup>ns</sup>
Resíduo	88,90	19,75	49615	62,95	0,13 <sup>ns</sup>	485,56
CV (%)	9,77	5,27	10,65	10,94	23,51	23,89

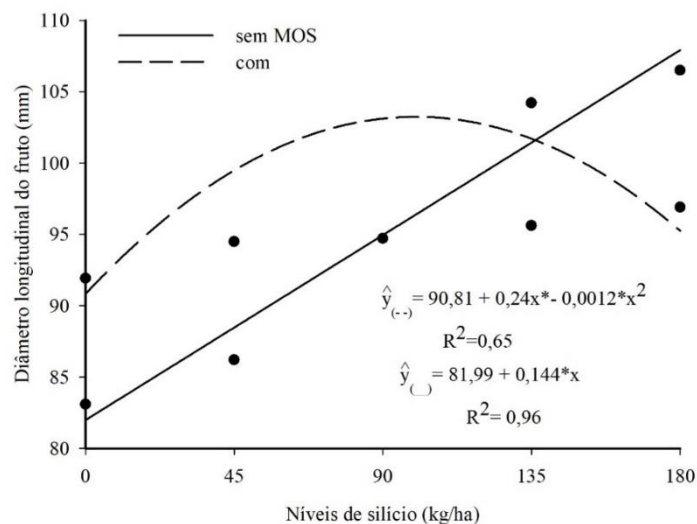
<sup>ns</sup> : não significativo ( $p < 0,05$ ); \* : significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); \*\* : significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); CV: Coeficiente de variação; MOS= matéria orgânica do solo. Médias com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

A aplicação de Si influenciou o diâmetro longitudinal em frutos de maracujazeiro amarelo, a qual respondeu de forma quadrática ao incremento dos níveis do elemento até o ponto de máximo no nível de 100 kg/ha de silício (Si) com um diâmetro máximo de 102,81 mm nas plantas cultivadas com a adição de matéria orgânica (Figura 1). Infere-se que acima desta dose o elemento possa ter causado toxidez as plantas, causando diminuição no comprimento de fruto. Conforme Marschner (2012) e Taiz et al. (2017), o aumento da disponibilidade de determinado elemento no solo e a absorção adequada às exigências das plantas é atingida. Com isso, adições superiores não são mais necessárias e até comprometem o crescimento e a capacidade produtiva das culturas, inclusive do maracujazeiro amarelo.

Já para as plantas cultivadas sem adição de matéria orgânica houve um incremento de 0,144 gramas para aumento unitário do nível de silício aplicado ao solo, alcançando maior diâmetro longitudinal de fruto de 107,91 mm no maior nível de silício de 180 kg/ha. Comparativamente, os resultados obtidos foram superiores às constatações de Fortaleza et al. (2005) e Cavichioli et al. (2011) que obtiveram diâmetro longitudinal de 79 e 101 mm em frutos de maracujazeiro amarelo. No entanto, foram inferiores às constatações de Rocha et al. (2013) ao verificarem 208 mm em frutos de maracujá-amarelo.

A matéria orgânica melhora a capacidade catiônica dos solos, com isso, o silício presente no solo está na forma iônica  $\text{Si}^+$  e agrega-se a carga negativa dos colóides orgânicos do solo, melhorando a eficiência da aplicação de silício no solo, e por conseguinte, diminuir as perdas por lixiviação. Para Zi-chuan et al. (2018), as informações relativas à interação entre silício e nutrientes essenciais na disponibilidade às plantas, em geral, ainda são escassas na literatura, mas, para os respectivos autores, já há confirmações de que o silício pode estimular a absorção de nutrientes essenciais às plantas.

**Figura 1.** Diâmetro longitudinal de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



Os níveis de silício influenciaram significativamente no diâmetro transversal em frutos de maracujá-amarelo. Aplicando a análise de regressão aos dados, constatou-se uma representação do tipo linear (Figura 2). A partir da equação, foi possível estimar que para cada aumento unitário do insumo houve um incremento de 0,081 g, alcançando teoricamente um

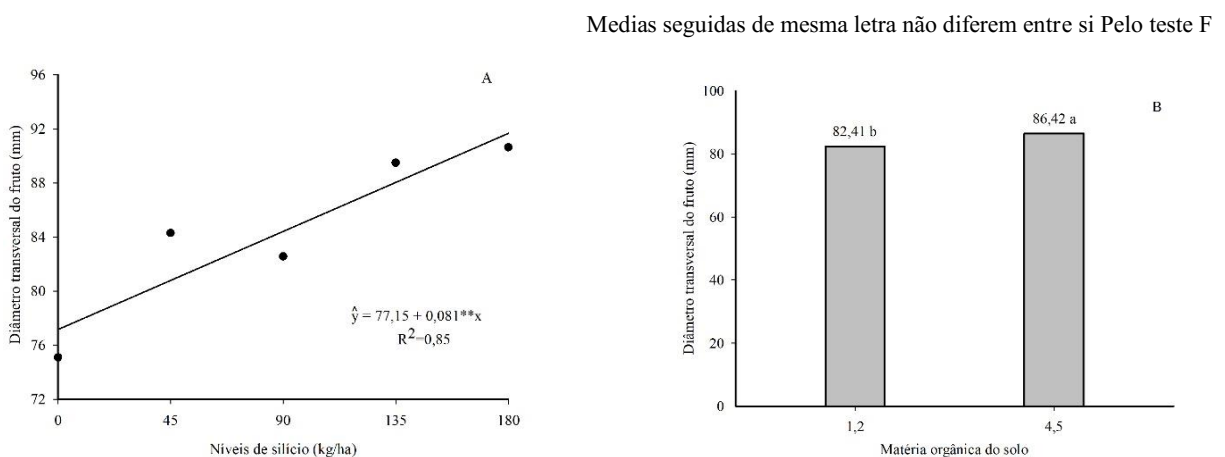


comprimento máximo do fruto de 91,73 mm cm na aplicação de 180 kg/ha de silício. O papel benéfico do silício no aumento do crescimento e rendimento das monocotiledôneas tem sido estudado com maior frequência em comparação as dicotiledôneas, mas Shamshiripour et al. (2022) constataram efeito benéfico do silício em plantas dicotiledôneas, como a soja, que houve incremento de produtividade nas plantas adubadas com silício. Para Taiz et al. (2017), muitas espécies acumulam quantidades substanciais de silício em seus tecidos o que proporciona melhor crescimento, fertilidade e resistência ao estresse abióticos e bióticos quando supridas com quantidades adequadas de silício.

Os diâmetros transversais em frutos de maracujazeiro amarelo formados com incremento de matéria orgânica ao solo foram superiores na ordem de 4,86% para as plantas formadas sem adição do insumo orgânico com valores de 82,41 e 86,42 g, respectivamente. A importância da matéria orgânica vai desde a estruturação do solo, aumento da biota edáfica e na disponibilização de nutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (2021) ao observarem melhoria da atividade microbiana do solo com adição da matéria orgânica ao solo, enfatizando a respiração edáfica do solo ao proporcionar melhor distribuição do sistema radicular do maracujá, em solos arenosos, indicando que, para essas condições, as plantas apresentam as raízes mais superficiais.

A relação entre o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos de maracujá é utilizada para avaliar o formato dos frutos, sendo que o genótipo avaliado apresentou uma tendência ao formato oblongo. Para Fortaleza et al. (2005), essa característica é importante para aqueles destinados, principalmente, à indústria, que prefere frutos oblongos por apresentarem cerca de 10% a mais de suco que os redondos. Para Nascimento et al. (2003) há uma grande variabilidade em termos de tamanho de fruto, conforme o genótipo em pomares de maracujazeiros-amarelo.

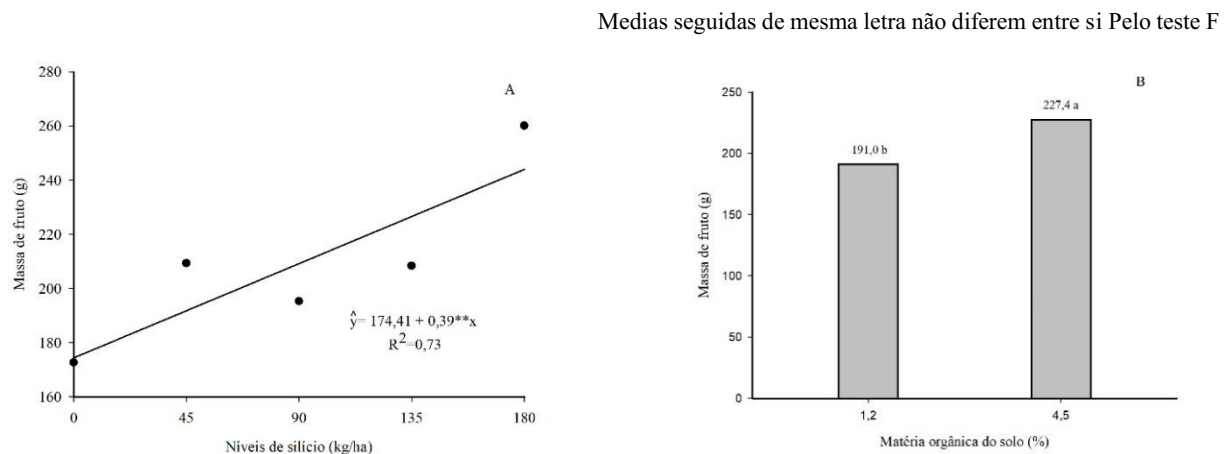
**Figura 2.** Diâmetro transversal de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



Consoante a análise de regressão, a massa de frutos em função dos níveis de silício apresentou uma equação do tipo linear, a partir da qual se infere que, com a aplicação de 1 kg de silício, poderá haver um acréscimo de 0,39 g na massa de fruto de maracujá-amarelo, alcançado maior massa de 244,61 g, no maior nível de silício de 180 kg/ha (Figura 3), fato comprovado por Shamshiripour et al. (2022), que adubação silicatada pode ser uma maneira promissora de melhorar a produção de cultivares de soja. No mesmo raciocínio, Mauad et al. (2016), o silício pode afetar processos bioquímicos, fisiológicos e fotossintéticos, resultante em efeitos benéficos sobre diversas culturas, principalmente sob estresses bióticos e abióticos. Para Guazina et al. (2019), adubação silicatada proporcionou incremento da produtividade de grãos soja. Para Freitas et al. (2011), frutos com massa média acima de 180 g apresentam ótimo valor comercial para consumo *in natura*. Para Freitas et al. (2011), Frutos com massa média acima de 180 g apresentam ótimo valor comercial para consumo *in natura*.

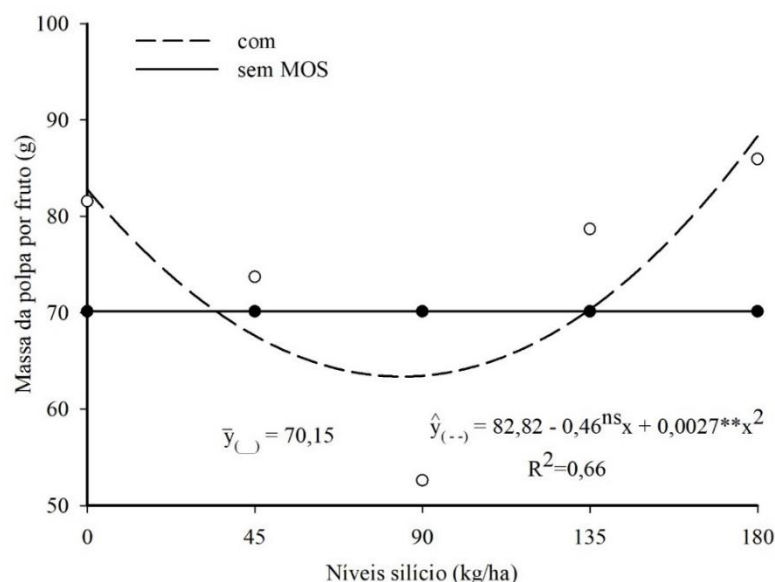
Comparativamente, houve um incremento de 19,05% na massa de frutos de maracujazeiro amarelo cultivado com e sem o incremento da matéria orgânica do solo, cujos valores foram de 191,0 e 227,4 g, respectivamente. A matéria orgânica melhora as características físico-químicas dos solos, proporcionando ganho de rendimento das culturas. Resultados semelhantes foram obtidas por Silva (2018), a qualidade dos frutos de plantas submetidas a adubação orgânica apresentou características físicas de maior aceitação para o mercado consumidor de maracujá-amarelo. Para Nascimento et al. (2015), adubação orgânica com biofertilizantes exerceu ação benéfica às características físico-químicas de frutos de maracujazeiro. Para Costa et al. (2013), a matéria orgânica do solo desempenha um papel importante na sustentabilidade agrícola, influenciando os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexo na estabilidade da produtividade dos agroecossistemas.

**Figura 3.** Massa de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



A análise de regressão, aplicada aos dados da massa da polpa em função dos níveis de silício com adição de matéria orgânica do solo (Figura 4 A), apresentou uma equação do tipo quadrática, em que é possível observar que a partir do ponto de mínima eficiência física de 85,18 kg/ha de silício obteve a menor massa de fruto de 63,20 g. Infe-re-se que acima do nível de mínima eficiência física houve aumento da massa de fruto, alcançando massa máxima de 87,5 g no maior de nível do insumo (180 kg/ha). Já para o desdobramento dos níveis silício dentro tratamento sem adição de matéria orgânica, a massa de fruto não se ajustou a nenhum modelo matemático com média de 70,15 g. Comparativamente, observa-se um incremento de 24,75% para a massa de fruto das plantas formadas com silício e adição de matéria orgânica do solo em comparação a massa de fruto das plantas com silício, mas sem adição de matéria orgânica do solo (Figura 4). O silício (Si) é considerado um elemento não essencial, mas é benéfico para o crescimento das plantas, pelo que também é referido como um elemento quase-essencial (Rajput et al., 2021). Os Resultados foram semelhantes às constatações de Chakma et al. (2022) ao observaram que a adubação com silício associada a matéria orgânica do solo reduziu em 50% a doses recomendadas de N e P para a cultura do tomate. Os referidos autores, ainda, afirmam que o silício poderá ser uma opção viável para o cultivo de tomate, e de uva com 75% da capacidade de campo.

**Figura 4.** Massa da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.

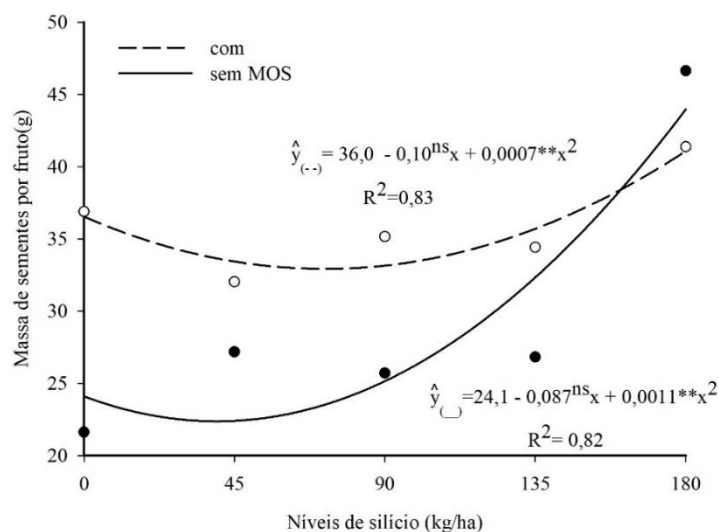


A equação de regressão do tipo quadrática possibilitou estimar os valores mínimos de 32,43 e 22,38 g de sementes por frutos com a aplicação de 71,42 e 39,43 kg de silício kg/ha. A

partir dos níveis de mínimas eficiências físicas houve incremento na massa de sementes por frutos até massas máximas de 40,68 e 44,08 g, alcançadas com o maior nível do insumo de 180 kg/ha de silício com e sem adição da matéria orgânica ao solo, respectivamente (Figura 5). Para Fortaleza et al. (2005), a massa de um fruto é normalmente proporcional ao número de sementes viáveis e, no maracujá, ao rendimento de suco, uma vez que cada semente é envolta por um arilo. Independentemente, do incremento da matéria orgânica ao solo, o silício proporcionou ganhos de massa de sementes, atributo físico do fruto que está diretamente correlacionado o rendimento de polpa.

Apesar de o silício ainda não ser considerado como elemento essencial as plantas, seu uso proporciona incremento de rendimentos às culturas, fato confirmado por Ahire et al. (2021), o silício tem surgido como um elemento benéfico para aumentar o crescimento e a produtividade das plantas, melhorando as condições de estresse biótico e abiótico, regulando as respostas fisiológicas, bioquímicas e moleculares.

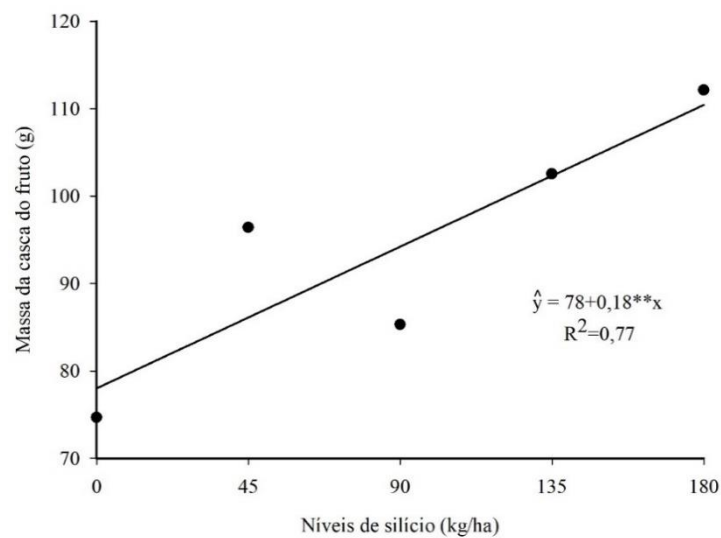
**Figura 5.** Massa de sementes em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



Conforme a análise de regressão, a massa da casca de frutos de maracujá-amarelo em função dos níveis de silício apresentou uma equação do tipo linear, a partir da qual se infere que, com a aplicação de 1 kg/ha de silício, incrementa 0,18 g na massa da casca do fruto, alcançado massa da casca máxima de 110 g no nível de 180 kg/há de silício (Figura 6). O consumidor prefere frutos de maracujá que possuem casca mais fina, pois apresentam maior quantidade de polpa. Por outro, os frutos com casca mais têm período de pós colheita maior do

que aquelas de casca fina. A massa da casca é uma característica muito peculiar as exigências do mercador consumidor, ou seja, para consumo *in natura* prefere frutos com casca fina, para exportação um pouco mais espessa. Para Rastogi et al. (2021), o silício (Si) alivia o impacto adverso de diferentes tensões abióticas e bióticas através de diferentes mecanismos, incluindo alterações morfológicas, fisiológicas e genéticas. Com isso, o silício influencia em um dos processos mais dinâmicos e importantes da vida vegetal, ou seja, a fotossíntese.

**Figura 6.** Massa da casca em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



De acordo com o resumo da análise de variância, observa-se que houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a interação silício x matéria orgânica do solo em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício e matéria orgânica do solo, indicando dependência entre os efeitos dos fatores silício (Si) e matéria orgânica do solo para a espessura da polpa do fruto, a espessura da casca por fruto, o volume da polpa sem sementes, número de sementes por fruto, pH e sólidos solúveis em frutos de maracujá-amarelo (Tabela 7).

**Tabela 7.** Síntese da análise de variância (valor ‘F’) e as características físico-químicas: espessura da polpa do fruto (ESPF), espessura da casca do fruto (ESCF), volume da polpa sem sementes (VPSS), número de sementes por fruto (NSF), pH e sólidos solúveis (SS) em frutos de maracujá amarelo sob silício e matéria orgânica.

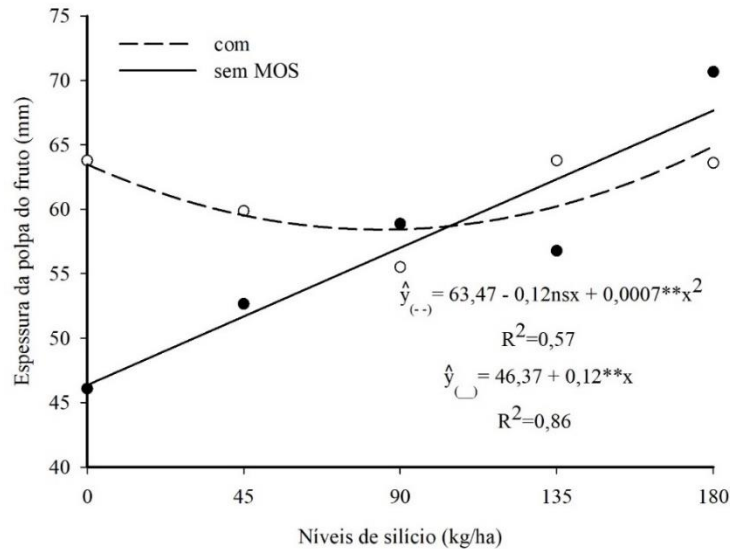
Fontes de variação	ESPF	ESCF	VPSS	NSF	pH	SS
	..... g .....	..... g .....	MI	Cont.	-	<sup>0</sup> Brix
Bloco	0,54 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,02*	0,76**
Silício (Si)	0,00**	0,00**	0,01**	0,00**	0,01**	0,001**
MOS	0,02*	0,10*	0,06**	0,09**	0,04**	0,005**
Si × MOS	0,00**	0,00**	0,06**	0,00**	0,02*	0,001**
Resíduo	30,87	88,57	5624,60	62,95	0,011	0,71
CV (%)	9,39	13,06	19,65	10,94	3,65	6,73

<sup>ns</sup>: não significativo ( $p < 0,05$ ); \*: significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); CV: Coeficiente de variação; MOS= matéria orgânica do solo. Médias com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

A análise de regressão, aplicada aos dados de espessura da polpa em função dos níveis de silício aplicado ao solo com a adição do insumo orgânico, apresentou uma equação do tipo quadrática, em que é possível observar que a menor espessura foi de 58,32 mm, obtida na dose de mínima eficiência física de 85,71 kg/ha. A partir do nível 58,32 kg/ha de silício houve aumento da espessura da polpa do fruto até o nível de 180 kg/ha de silício, têm-se frutos com espessura da polpa mais espessa (64,55 mm). Já para a espessura da polpa em frutos de maracujazeiro cultivado sem a adição do insumo orgânico, houve um incremento de 0,12 mm para cada aumento unitário de silício com valor espessura da polpa máxima de 67,97 mm, alcançada teoricamente no nível de 180 de kg/ha (Figura 7).

Esta variável é inversamente proporcional a massa da polpa e peso de semente e vice-versa. Frutos de maracujá-amarelo são preferidos quando possuem maior espessura da polpa, pois apresentam maior quantidade de polpa. Comparativamente, espera-se que quanto maior o peso do fruto, maior o volume de polpa, enquanto se tenha pouca quantidade de casca e maior espessura da polpa do fruto. Para Mukarran et al. (2022), o silício promove ajustamentos morfofisiológicos que melhoram a fisiologia vegetal através da regulação da expressão de muitos genes fotossintéticos e proteínas, com os conjuntos do fotossistema I (PSI) e PSII. A melhoria subsequente do desempenho fotossintético e da condutância estomática corresponde a um maior crescimento e produtividade, inclusive do maracujá-amarelo.

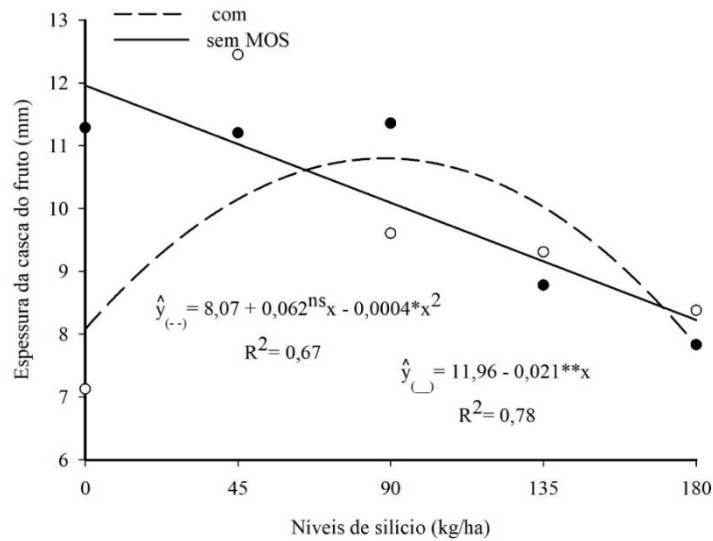
**Figura 7.** Espessura da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



A equação de regressão do tipo quadrática possibilitou estimar um máximo de 10,47 mm na espessura da casca em frutos de maracujá-amarelo com a aplicação de 77,50 kg/ha de silício aplicado ao solo com adição do insumo orgânico. Para as plantas formadas sem a adição de matéria orgânica, houve decréscimo de 0,021 mm na espessura da casca em frutos de maracujazeiro para cada aumento unitário de silício com valor máximo de 11,96 mm, na ausência da aplicação de silício (Figura 8). Comparativamente, a espessura da casca é inversamente proporcional a espessura da polpa e vice-versa. Conforme Oliveira et al., (1988), maior espessura da casca relaciona-se com menor rendimento em suco e que não há relação entre tamanho do fruto e espessura da casca.

Para Andrade Neto (2015), a espessura da casca é uma característica primordial, tanto para indústria quanto para o mercado de frutos ao natural. No entanto, Freitas et al. (2011), ainda que a casca do maracujazeiro possa ser utilizada para produção de geleias e produtos farmacêuticos, ainda é considerada um subproduto da cultura e há preferência por genótipos com menor proporção de casca. Os resultados obtidos foram superiores as constatações de Freitas et al. (2011), Fortaleza et al. (2005) e Andrade Neto et al. (2015) ao observarem valores de 7,51; 5,3 e 6,75 mm em frutos de maracujazeiro.

**Figura 8.** Espessura da casca em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.

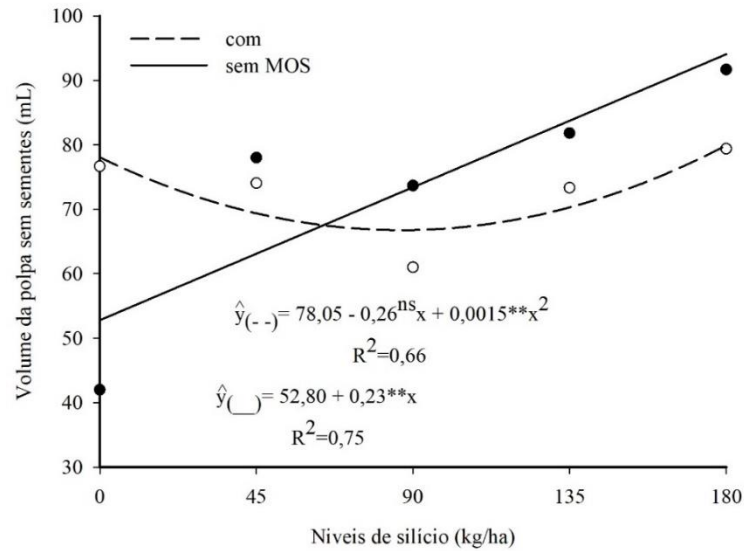


A interação níveis de silício versus matéria orgânica influenciaram significativamente o volume da polpa sem sementes em frutos de maracujá-amarelo. Aplicando a análise de regressão, aos dados de volume de polpa sem sementes em frutos em função do desdobramento de silício dentro de matéria orgânica, constatou-se uma representação do tipo quadrática e linear com e sem matéria orgânica, respectivamente (Figura 9). A partir da equação, foi possível estimar o volume máximo 79,85 ml na aplicação de 180 kg/ha de silício com adição de matéria orgânica. Para as plantas cultivadas sem o incremento da matéria orgânica, houve um aumento de 0,23 mL para 1 kg de silício aplicado ao solo com maior volume de polpa sem sementes de 94,20 mL. Comparativamente, esses valores estão diretamente proporcionais a espessura da polpa, quando maior a espessura da polpa o rendimento da polpa e vice-versa. Quanto menor a espessura da casca, maior cavidade ovariana e, conseqüentemente, maior quantidade de polpa.

É notório, o efeito benéfico do silício nas características físico-químicas em frutos de maracujá-amarelo, conforme Etesami e Jeong (2020), o silício exerce efeito benéfico na melhoria do rendimento e qualidade das culturas fruteiras, reduzindo a incidência de doenças as plantas.

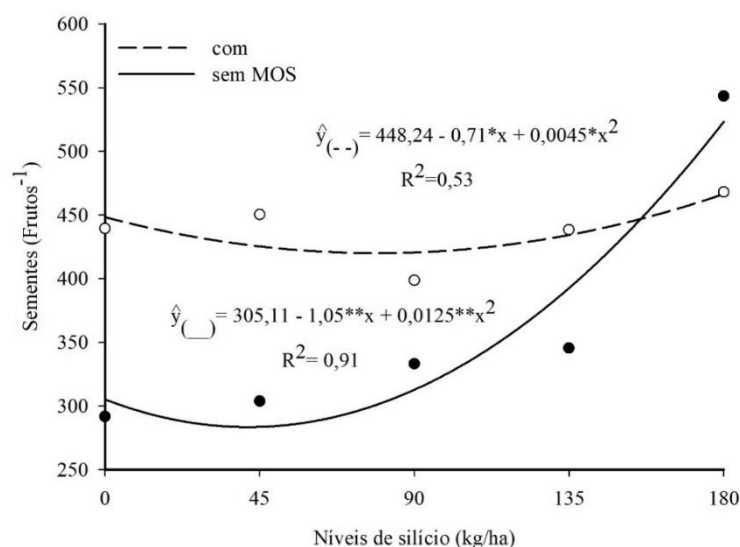


**Figura 9.** Volume da polpa em frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



A análise de regressão, aplicada aos dados de número de sementes por fruto em função dos níveis de silício, apresentou uma equação do tipo quadrática, em que é possível observar número máximo de sementes por frutos de 466 e 521 com e sem adição da matéria orgânica ao solo, respectivamente (Figura 10). Para Fortaleza et al. (2005), a massa de um fruto é normalmente proporcional ao número de sementes viáveis e, no maracujá, ao rendimento de suco, uma vez que cada semente é envolta por um arilo. Entretanto, os frutos apresentaram características físicas compatíveis ao citado na literatura para o maracujá-amarelo, que é a variedade mais cultivada, evidenciando o efeito benéfico do silício para a cultura. Esse resultado está em consonância com Salim et al. (2021) ao observarem efeito benéfico no silício no crescimento e produção em abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

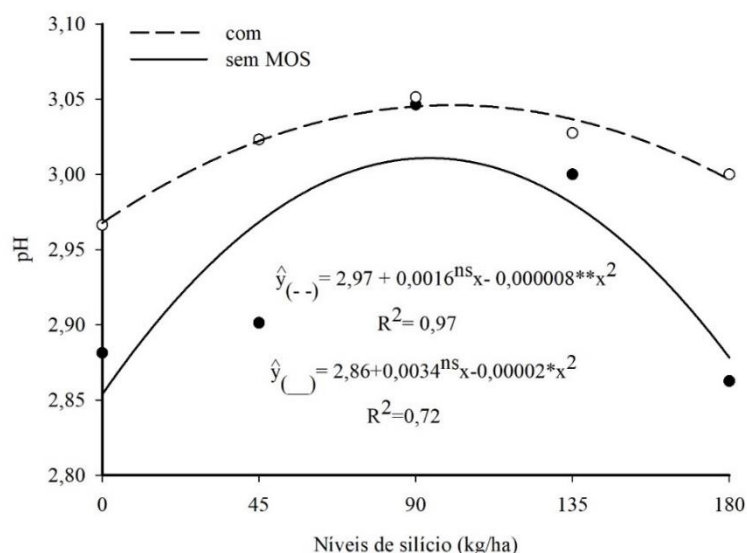
**Figura 10.** Número de sementes por fruto em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



As análises de regressões, aplicadas aos dados de pH da polpa em frutos de maracujá-amarelo em função dos níveis de silício, apresentaram equações do tipo quadráticas, em que é possível observar que a partir dos níveis máxima eficiência física de 100 e 85 kg/ha de silício aplicado ao solo, têm-se pH máximos de 3,05 e 3,00 para as plantas cultivadas com e sem adição de matéria orgânica ao solo (Figura 11). Os resultados semelhantes às constatações fato de Rocha et al. (2013) e Dias et al. (2011) obtiveram valores de pH entre 3,1 e 3,3.

Conforme Matsura e Folegatti (2002), valores de pH não devem ser superior de 3,3 para não comprometer o processo de industrialização e armazenamento da polpa; com isso, os pH encontrados na pesquisa são considerados adequados para frutos de maracujazeiro amarelo destinados ao consumo *in natura* ou para a industrialização da polpa. Isto significa que aplicação de silício com e sem adição de matéria orgânica ao solo não influenciou negativamente a ponto de comprometer a qualidade da polpa quanto ao pH. O pH da polpa em frutos de maracujá-amarelo é parâmetro para determinar o caráter ácido dos frutos, além de servir para avaliar a vida útil pós-colheita, conforme apresentados por Durigan et al. (2004). Os valores encontrados qualificam os frutos com caráter ácidos, sendo mais propícios ao processamento do suco concentrado, como relatado por Campos et al. (2007). Para Nascimento, caráter mais ácido indica que a polpa de frutos pode ser propícia para a industrialização devido à diminuição de aditivos ácidos durante o processamento da polpa (NASCIMENTO et al., 1998).

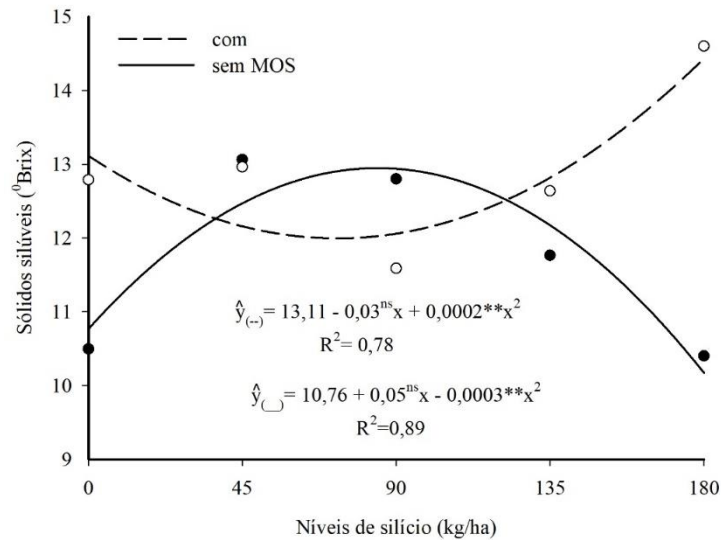
**Figura 11.** pH da polpa de frutos em maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



O sólido solúvel em frutos de maracujá-amarelo em função de níveis de silício com adição da matéria orgânica ao solo foi melhor modelada por função quadrática negativa com valor mínimo de 11,98 °brix referente ao nível de mínima eficiência física de 75 kg/ha de silício. Infere-se que a partir do nível mínimo houve incremento no valor de sólidos solúvel em frutos de maracujá-amarelo até °brix máximo de 14,19, alcançado teoricamente no maior nível de silício de 180 kg/ha. Já para as plantas cultivadas sem adição do insumo orgânico, o sólido solúvel em frutos de maracujá-amarelo em função de níveis de silício foi melhor modelada por uma função quadrática positiva (Figura 12), sendo que o maior °brix foi de 12,24 com aplicação de 83,33 kg/ha de silício aplicado ao solo. A partir deste nível houve decréscimo no valor do °brix que pode estar relacionado ao efeito deletério do insumo químico, provocando variações de °brix na polpa. Comparativamente com os sólidos solúveis obtidos de frutos de maracujá-amarelo, foram semelhantes aos obtidos por Dias et al. (2010) com valores de 13,41 °Brix em polpa de frutos de maracujá-amarelo.

Para a indústria e, principalmente, para o mercado de frutos *in natura*, o teor elevado de SST é uma característica desejável. De acordo com a indústria, são necessários 11 kg de frutos com SST, entre 11% a 12%, para obtenção de 1 kg de suco concentrado a 50°Brix. Assim sendo, quanto mais alto o valor de SST, menor será a quantidade de frutos necessárias para a concentração do suco (NASCIMENTO et al., 2003).

**Figura 12.** Sólidos solúveis em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício e com e sem matéria orgânica do solo.



## 5 CONCLUSÃO

As características físicas dos frutos foram melhores nos tratamentos com o maior nível de silício aplicado ao solo (180 kg/ha).

O pH e sólidos solúveis dos frutos foram influenciadas pelos níveis de silício, com superioridade dos tratamentos com adição de matéria orgânica ao solo.

A adição de matéria orgânica ao solo proporcionou maior massa de fruto e diâmetro transversal.

A espessura da casca do fruto diminuiu com o incremento dos níveis de silício ao solo, sem a adição de matéria orgânica ao solo.

Os frutos de maracujá-amarelo colhidos apresentam características físico-químicas que podem ser aceitas tanto na indústria quanto no mercado *in natura*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHIRE, M.L.; MUNDADA, P.S.; NIKAM, T.D.; BAPAT, V.A.; PENNA, S. Multifaceted roles of silicon in mitigating environmental stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 169, p. 291-310, 2021.

ALMEIDA, W.A.; TOMIO, D.B.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; SILVA, N.M.; UCHÔA, T.L. Biological activity in soils cultivated with yellow passion fruit fertilized with organic compost. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, n.4, p.6044-6061 out./dez. 2021.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. GONÇALVES, J. L. M.; G. SPAROVEK. Köppen's climate classification map for Brasil. **Meteorologisch**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE NETO, R. C.; RIBEIRO, A. M. A. S.; ALMEIDA, U. O.; NEGREIROS, J. R. S. Caracterização física de frutos de genótipos de maracujazeiro azedo produzidos no Acre. In: **Encontro nacional da agroindústria**, 1. Anais.... Bananeiras, 2015.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th ed. Arlington, 1990, v.1, p. 685-1213.

ARAÚJO, D. D. C.; SÁ, J. R. D.; LIMA, E. M. D.; CAVALCANTE, L. F.; BRUNO, G. B.; BRUNO, R. D. L. A.; QUEIROS, M. S. D; Efeito do volume de água e da cobertura morta sobre o crescimento inicial do maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 121-124, 2000.

AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. **A qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, FAO, (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado). 2.ed., 153p., 1999.

BERILLI, S. S.; BERILLI, A. P. C. G.; LEITE, M. C. T.; QUARTEZANI, W. Z.; ALMEIDA, R. F.; SALES, R. A. Uso de resíduos na agricultura. **Agronomia: colhendo as safras do conhecimento**. Alegre: CAUFES, 1, 10-38., 2017.

BERTINO, A. M. P.; MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; CAVALCANTE, L. F.; FERREIRA, N. M.; PAIVA, E.P.; BRITO, M.E.; BERTINO, A. M. P. Growth and gas Exchange of okra under irrigation, organic fertilization and cover of soil. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n. 40, p.3832-3839, 2015.

CAMPOS, G. A.; TEXEIRA JUNIOR, T.; NOGUEIRA, S. R.; SILVA, G. L.; SANTOS NETO, D. L.; BLATT NETO, A. **Qualidade de frutos de seis variedades de maracujazeiro azedo produzidas em condições do Cerrado Tocantinense**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, n. 253, p. 1-20, 2009.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, cap.1, p.17-65, 2012.

CAVICHIOLO, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.558-566, 2011.

CHAKMA, R.; ULLAH, H.; SONPROM, J.; BISWAS, A.; HIMANSHU, S.K.; DATTA, A. Effects of Silicon and Organic Manure on Growth, Fruit Yield, and Quality of Grape Tomato Under Water-Deficit Stress. **Silicon**, p. 1-12, 2022.

COSTA, A. F. S.; ALVES, F. L.; COSTA, A. N. **Plantio, formação, e manejo da cultura do maracujá**. In: COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N. (Eds.). *Tecnologias para a produção de maracujá*. Vitória: Incaper. Cap. 2, p. 23-56, 2005.

COSTA, B. N. S., COSTA, I. J. S., DIAS, G. M. G., ASSIS, F. A., PIO, L. A. S., SOARES, J. D. R., PASQUAL, M. Morpho-anatomical and physiological alterations of passion fruit fertilized with silicone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n.2, p. 163-171, 2018.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17; p.1842 – 1860, 2013.

DAMATTO JUNIOR, E. R.; LEONEL, S.; PEDROSO, C. J. Adubação Orgânica Na Produção E Qualidade De Frutos De Maracujá-Doce. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 27, n. 1, p. 188-190, Abril 2005.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, J. A. M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; SANTOS, G. P. Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 229-236, 2011.

DURIGAN, J. F.; SIGRIST, J. M. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; VIEIRA, G. **Qualidade e tecnologia pós-colheita do maracujá**. In: LIMA, A. A.; CUNHA, M. A. P. (Eds.). Produção e qualidade na Passicultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.281-304, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 573p  
EMBRAPA. O silício e a resistência ao ataque de fungos patogênicos. 2011. Disponível em: <http://terere.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos1.html>. Acesso em: 18/08/2022.

ETESAMI, H.; JEONG, B. R. **Importance of silicon in fruit nutrition**: Agronomic and physiological implications. In: Srivastava, A.K.; Hu, C. (eds). Fruit Crops, p. 255-277, 2020.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 18 p. 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p. 529-535, 2019.

FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental aplicada às ciências agrárias**. Viçosa: Ed

UFV, 588 p., 2018.

FORTALEZA, J. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, T. V.; OLIVEIRA, A.T.; RANGEL, E. P. Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 124-127, 2005.

FREITAS, J.P.; OLIVEIRA, E.J.; CRUZ NETO, J.; SANTOS, L.R. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.9, p.1013-1020, set. 2011.

GUAZINA, R.A.; THEODORO, G.F.; MUCHALAK, S.M.; PESSOA, L.G.A. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, p. 187 – 193, 2019.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, 32(1), 201-213, 2012. DOI: 10.1007/s13593-011-0039-8.

GURGEL, R. L. S.; SOUZA, H. A.; TEIXEIRA, G. A.; MENDONÇA, M.; FERREIRA, E. Adubação fosfatada e composto orgânico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, 2007.

HODSON, M. J.; WHITE, P. J.; MEAD, A.; BROADLEY, M. R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. **Annals of Botany**, 96:1027–1046, 2005. Doi: doi:10.1093/aob/mci255.

IBGE. **Produção de Maracujá**. 2020. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. 2020. Acesso em: 20/08/2022.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, 19:107-149, 1967. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60734-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60734-8).



KELLER, C.; RIZWAN, M.; DAWIDIAN, J. C. POKROVSKY, O. S.; BOVEST, N.; CHAURAND, P.; MEURIER, J. D. Effect of silicon on wheat seedlings (*Triticum turgedum* L.) grown in hydroponics and exposed to 0 to 30  $\mu\text{M}$  Cu. **Planta**, V. 241p. 847-860, 2015.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2 ed. 2008.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. **Silicon in agriculture: From Theory to Practice**. Dordrecht: Springer, 10, 250p. 2015. Doi 10.1007/978-94-017-9978-2.

MA, J. F.; YAMAJI, N. A cooperated system of silicon transport in plants. **Trends in Plant Science**, 20 (7):435-442. 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.007>.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Adubação silicatadas em cana de açúcar. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 46p. (Documentos Nº 165/**Embrapa Tabuleiros Costeiros**, ISSN 1517-1329), 2011. Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2011/doc\\_165.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_165.pdf) Acesso em: 17/08/2022.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th edition. London, Academic Press, 939 p., 2012.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. Maracujá Pós colheita. Embrapa Mandioca Fruticultura (Cruz das Almas, BA). – Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 51 p., 2002.

MAUAD, M.; CRUSCIOLE, A.C.; NASCENTE, A.S.; GRASSI FILHO, H.; LIMA, G.P.P. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 532-539, 2016.

MENEGALE, M. D. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1025188> Acesso em: 12/08/2022.

MESQUITA, E. F.; MESQUITA, E.O.; SOUSA, C.S.; FERREIRA, D. S.; ROCHA, J. L. A.; CAVALCANTE, L. F. Water stress mitigation by silicon in sweet-potato. **Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais**, v.12, p. 01 - 12, 2021.

MESQUITA L. S. A.; CARVALHO, F. T.; FREIRE, L. S. A.; NETO. O. P.; ZÂNGARO, R. A. Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial. **BMC Geriatrics**, v. 15, n. 61, p. 1-9, 2015.

MIYAKE, R. T. M.; FURLANETO, F. P. B.; TAKATA, W. H. S.; CRESTE, J. E. Economic analysis of the production of yellow passion fruit in an area with virose incidence and fertilized with NPK. **J. Agric. Sci**, v. 10, p. 303-311, 2018.

MUKARRAM, M.; PETRIK, P.; MUSHTAQ, Z.; M. KHAN, M.A.; GULFISHAN, M.; LUX, A. Silicon nanoparticles in higher plants: Uptake, action, stress tolerance, and crosstalk with phytohormones, antioxidants, and other signalling molecules. **Environmental Pollution**, v. 310, p, 2022.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, S. G.; MEDEIROS, S. A. S.; DIAS, T. J. Biofertilizante e adubação mineral na qualidade de frutos de maracujazeiro irrigado com água salina. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 220-232, 2015.

NASCIMENTO, T. B.; RAMOS, J. D.; MENEZES, J. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 20, n. 1, p. 33-38, abr. 1998.

NASCIMENTO, W. M. O.; TOMÉ, A. T.; OLIVEIRA, M. S. P.; MULLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. Seleção de progênies de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) quanto à qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 18618-188, 2003.

NUNES, R. T. C. **Adubação nitrogenada no crescimento e na qualidade de frutos de maracujazeiro amarelo**. 2020. 140 f. Tese (Doutorado em fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Vitória da Conquista, 2020.

OLIVEIRA, J. C.; FERREIRA, F. R.; RUGGIERO, C.; NAKAMURA, L. Caracterização e avaliação de germoplasma de *Passiflora edulis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9. 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: SBF, v.2, p.585-590, 1988.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15th ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 451 p., 2009.

PIRES, M. M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ed. UESC. Ilhéus-BA, 2011.

RAJPUT, V. D.; MINKINA, T.; FEIZI, M.; KUMARI, A.; KHAN, M.; MANDZHIEVA, S.; SUSHKOVA, S.; EL-RAMADY, H.; VERMA, K. K.; SINGH, A.; HULLEBUSCH, E. R.; SINGH, R. K.; JATAV, H. S.; CHOUDHARY, R. Effects of Silicon and Silicon-Based Nanoparticles on Rhizosphere Microbiome, Plant Stress and Growth. **Biology**, V. 10, N. 791, p. 1-1, 2021.

RASTOGI, A.; YADAV, S.; HUSSAIN, S.; KATARIA, S.; HAJIHASHEMI, S.; KUMARI, P.; YANG, X.; BRESTIC, M. Does silicon really matter for the photosynthetic machinery in plants...?. **Plant Physiology and Biochemistry**, V. 169, p. 40-48, 2021.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. F. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo**. Viçosa. MG: SBCS, 683p., 2009.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture. **USDA Agricultural Handbook**, 60. 160p., 1954.

ROCHA, L. F.; CUNHA, M. S.; SANTOS, E. M.; LIMA, F. N.; MANCIN, A.C.; CAVALCANTE, I.H.L. Biofertilizante, calagem e adubação com NK nas características

físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.555-562, 2013.

RODRIGUES, A. C.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A.P.; SOUZA, J. T.; MESQUITA, F. O. Caracterização de frutos de maracujazeiro amarelo em solo tratado com biofertilizante supermagro e potássio. **Magistra**, V. 20, n. 03, p. 264-272, 2008.

ROJAS, A.; ZÚNIGA, O.; PRAGER, M. S.; PÉREZ, J.; GASCÓ, J. M. Conductividad térmica del suelo, materia orgánica, actividad y biomasa microbianas en sistemas de cultivo de maracuyá en Toro, Valle del Cauca. **Acta Agronómica**, v.56, n. 01, p. 17-21, 2007.

SÁ, F. V. D. S.; BRITO, M. E.; MELO, A. S. D.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SALIM, B. B. M.; EL-YAZIED, A.; SALAMA, Y. A. M.; RAZA, A. ; OSMAN, H.S. Impact of silicon foliar application in enhancing antioxidants, growth, flowering and yield of squash plants under deficit irrigation condition. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 66, p. 176–183, 2021.

SANTOS, E. H. F.; SILVA, J. A. B.; GUIMARÃES, M. J. M.; MELONI, D. A.; CASTRO, J. L. G.; NEVES, A. V. F.; VIEIRA, N. Q. B.; SANTOS, A. B. Adubação orgânica como fator determinante de emergência e crescimento de mudas de maracujá-amarelo. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e360111032584-e360111032584, 2022.

SHAMSHIRIPOUR, M.; MOTESHAREZADEH, B.; RAHMANI, H.A.; ALIKHANI, H. A.; ETESAMI, H. Concentrações ideais de silício aumentam o crescimento de cultivares de soja (Glycine Max L.) melhorando a nodulação, a arquitetura do sistema radicular e as propriedades biológicas do solo. **Silício**, C. 14, n. 10, pág. 5333-5345, 2022.

SILVA, J. P. **Teores de nutrientes, produtividade e qualidade pós-colheita do maracujá-amarelo submetido a adubação orgânica e silicatada**. 2018. 76 f. Doutorado (Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

SOUSA, J. T. A. **Água salina, potássio e biofertilizante no solo, crescimento, composição mineral e produção do maracujazeiro amarelo**. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016

SOUZA, J. T.; NUNES, J.C.; CAVALCANTE, L.F.; NUNES, J.A.S.; PEREIRA, W.E.; FREIRE, J.L. O Effects of water salinity and organomineral fertilization on leaf composition and production in *Passiflora edulis*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 535-540, 2018.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M.; VIANA, T. V. A.; TEÓFILO, E. M. Evapotranspiração do maracujá nas condições do Vale do Curu. **Caatinga**, v.22, p.11-16, 2009.

SRIVASTAVA, A. K.; CHENGXIÃO, H. U. Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints. In: SRIVASTAVA, A.K. Climate-smart integrated soil fertility management in fruit crops: **An overview**. p. 521-540, 2020.

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

TAKAHASHI, E; MA, J. F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Comments on Agricultural and Food Chemistry**, 2(2), 99–122, 1990.

TAVARES, R. F. M. **Silício no maracujazeiro azedo: Aspectos morfológicos, fisiológicos e nutricionais**. 2021. 111 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Campos dos Goytacazes, 2021.

TEXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 574 p., 2017.

UCHÔA, T. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SELHORST, P. O.; RODRIGUES, M. J. S.; GALVÃO, R. O. Yellow Passion fruit performance in organic crop under mulch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.; ZANÃO-JR, L. Efeito da Nutrição mineral no controle de Doenças de Plantas. **Viçosa: Editora Independente**, 2012.

ZI-CHUAN, L.; SONG, Z.; YANG A.; YU, C.; VSONG, Y.; WANG, T.; XIA, S.; LIANG, C. Impacts of silicon on biogeochemical cycles of carbon and nutrients in croplands. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, p. 2182-2195, 2018.