



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Silício e adubação orgânica sobre os atributos físico-químicos de frutos de maracujá-amarelo no semiárido Brasil

Evandro Franklin de Mesquita¹, Francisco de Oliveira Mesquita², Caio da Silva Sousa³, José Paulo Costa Diniz⁴, Larissa Lanay Germano de Queiroz⁵, Vitória Carolina da Silva Soares⁶, Fernando Nóbrega Targino⁶, Damião Vagno Dantas Jales⁶, José Félix de Brito Neto⁷, Josinaldo Lopes Araújo Rocha⁸ & Antônio Gustavo de Luna Souto⁹

¹ Dr. Engenharia Agrícola, professor Associado C, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Sítio Cajueiro, s/n, CEP 58884-000, Catolé do Rocha, Paraíba (83), 3441-1366, evandrofranklin@servidor.uepb.edu.br; ² Professor Visitante Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação – PPGECC - UEPB/ Universidade Estadual da Paraíba. Campus I - Campina Grande, 3315.3300, Brasil; francisco.mesquita@servidor.uepb.edu.br (autor correspondente). ^{3,4} Discentes no Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, CEP: 58.434-500, Pombal, Paraíba, caio.silva.sousa@aluno.uepb.edu.br; josepaulo.rc06@gmail.com; ⁵ Mestre em Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba. Campus I - Campina Grande, 3315.3300, Brasil; larissalanay.bio@gmail.com; ⁶ Engenheiros agrônomos, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Sítio Cajueiro, s/n, CEP 58884-000, Catolé do Rocha, Paraíba (83), 3441-1366, fernando.nt20@gmail.com; vitoria.16carolina@gmail.com; ⁷ Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campus II, Zona rural, CEP: 58.117-4000, Lagoa Seca, felix.brito@servidor.uepb.edu.br; ⁸ Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, CEP: 548.434-500, Pombal, Paraíba. ⁹ Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água – PPGMSA – UFERSA, Mossoró-RN, Brasil. gustavo.luna@ufersa.edu.br

Artigo recebido em 09/10/2023 e aceito em 25/12/2023

RESUMO

O uso de silício associado com matéria orgânica é uma alternativa na fruticultura que está associada aos efeitos no crescimento, na produção e nas características físico-químicas dos frutos, visando atender padrões de qualidade exigidos para o consumo *in natura* ou para o processamento. Esse estudo visa avaliar a interação de silício e adubação orgânica nos atributos físico-químicos em frutos de maracujazeiro amarelo cultivado no semiárido Brasil. Os tratamentos foram arranjados em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro plantas por parcela, usando o esquema fatorial 5 x 2, relativo às doses de silício de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹ e dois níveis de matéria orgânica (valor existente no solo 1,2% e elevar o teor para 4%). As variáveis físico-químicas avaliadas referiram-se à 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). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0.05) e regressões. A interação silício e adubação orgânica influenciaram as características físico-químicas dos frutos de maracujá-amarelo. Os frutos de maracujá-amarelo colhidos 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.

Silicon and organic fertilization on the physicochemical attributes of yellow passion fruit in the Brazilian semiarid region

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 the physical and chemical characteristics of the fruit, with the aim of meeting the quality standards required for consumption *in natura* or processing. This study aims to evaluate the influence of silicon associated with organic fertilization on the physical-chemical attributes of yellow passion fruit grown in the Brazilian semi-arid region. The treatments were arranged in randomized blocks, with four replicates and four plants per plot, using the factorial scheme 5 x 2, related to silicon doses of 0, 45, 90, 135, and 180 kg ha⁻¹ and two levels of organic matter (existing value in the soil 1.2% and increasing the content to 4%). The physical-chemical variables evaluated referred to fruit pulp thickness (FPT), fruit skin thickness (FST), pulp volume without seeds (PVWS), number of seeds per fruit (NSF), pH, and soluble solids (SS). The

data were submitted to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$) and regressions. The silicon and organic fertilization interaction influenced the physical-chemical characteristics of yellow passion fruit. The harvested yellow passion fruits presented physical-chemical characteristics that can be accepted both in the industry and in the fresh market.

Key-word: *Passiflora edulis* f. Degener, Silicon, organic mater.

Introdução

O Brasil se destaca como o maior produtor, consumidor 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).

Entre as frutíferas que se destacam no mercado, o maracujazeiro vem apresentando nas últimas décadas maior expressão econômica, cuja expressividade está relacionada às características físico-químicas do fruto e à adaptabilidade da planta as diversas regiões do Brasil (Silva, 2018; Silva et al., 2023), inclusive no Estado da Paraíba, mesmo quando comparado com outras frutas tropicais com uma maior tradição de consumo, a exemplo do mamoeiro.

As características organolépticas e físico-químicas do maracujazeiro-amarelo conferem-lhe uma importância significativa no ramo agrícola em virtude de maior aceitação pelos consumidores (Gurgel et al., 2007; More et al., 2022) devido suas características externas do fruto, que constituem parâmetros importantes na avaliação pelos consumidores e devem atender a certos padrões para que atinjam a qualidade desejada na comercialização (Barros et al., 2018).

Embora a região Nordeste do Brasil ofereça condições morfoclimáticas favoráveis para o cultivo do maracujá, o período de seca típico do alto sertão paraibano, geralmente de junho à dezembro (Mesquita et al., 2021), limita significativamente a produção da cultura, principalmente porque essa cultura requer 86 mm de água mês^{-1} durante a floração e a frutificação na microrregião de Catolé do Rocha (Dutra et al., 2018). Esse déficit hídrico associado a temperaturas superiores a 35°C e pluviosidades irregulares e insuficientes, no período de maior insolação, reduzem a produção de maracujá-amarelo em condições de agricultura de sequeiro e/ou irrigado, corroborando com Borrell et al. (2020), o aumento contínuo da temperatura impõe grandes desafios à sobrevivência das plantas sobre altas temperaturas. Portanto, o uso de técnicas agrônomicas como a interação da adubação orgânica e silício (Si) é usada para reduzir os efeitos adversos dos fatores abióticos, e aumentar a

produtividade da cultura. Conforme Khan et al. (2023), a aplicação exógena de Si ativa mecanismos de defesa das plantas e sinalização de fitohormônios sob estresses bióticos e abióticos. Outra razão é que a deposição de Si na parede celular proporciona resistência ao caule e às raízes, e a espessura da cutícula evita a perda de água durante o estresse térmico. Esses mecanismos podem contribuir para aumentar a tolerância das plantas cultivadas sob estresse em condições específicas ou combinadas às altas temperaturas (Ahire et al., 2021).

O cultivo do maracujá-amarelo em condições semiáridas envolve o equilíbrio de muitos fatores bióticos e abióticos. No semiárido nordestino brasileiro, a produção de maracujá-amarelo, tanto para o consumo imaturo, como para a indústria exige experiência no manejo, na adubação e no controle fitossanitário. Assim, Si e matéria orgânica podem melhorar a fertilidade do solo, equilibrando as práticas que ajudarão a melhorar a qualidade do solo, aumento da produtividade e qualidade e os atributos físico-químicas dos frutos, construindo a sustentabilidade da cultura, é um desafio de produção crucial para os produtores. Portanto, as quantidades de Si e de adubos orgânicos usados podem afetar drasticamente as propriedades e a fertilidade do solo.

Em contraparte, a produtividade do maracujá na Paraíba é baixa, na ordem de $9,6 \text{ t ha}^{-1}$, em comparação com a média do nordeste e nacional de 14,57 e $14,87 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente (IBGE, 2020). No entanto, essa baixa produtividade no Estado da Paraíba pode estar relacionada a fatores abióticos, a exemplo do déficit hídrico, salino e manejo inadequado da cultura. Por conseguinte, é necessário identificar técnicas que minimizem tais danos, como o caso de fertilização alternativa com silício atrelado a adubação orgânica, principalmente no que diz respeito à produtividade da cultura. Assim, o Si altera as reações fisiológicas, bioquímicas e genéticas nas plantas cultivadas, e pode ser uma forma alternativa de aumentar a tolerância das plantas cultivadas contra estresses abióticos e bióticos (Ahire et al., 2021; Khan et al., 2023) porque o Si fornece resistência mecânica e regula a biossíntese de vários fitohormônios necessários

para o crescimento das plantas sob condições normais e estressantes, com déficit hídrico (Irfan et al., 2023).

Assim, a interação silício e adubação orgânica proporciona melhor eficiência do uso da água em uma região com baixos índices pluviométricos ($<800 \text{ mm ano}^{-1}$) associado a uma evaporação de referência superior a 2000 mm ano^{-1} . Portanto, as plantas são obrigadas a responder ao estresse abiótico por meio da alteração dos sistemas morfofisiológicas e bioquímicos de defesa para sobreviver (Chaves et al., 2011). Com isso, a adubação com silício e adubação orgânica pode exercer um efeito benéfico sobre as plantas, evidenciado pelo baixo coeficiente de transpiração, resultando numa melhor utilização da água, estimulação a produção de clorofila foliar, maior rigidez estrutural dos tecidos, aumento da resistência mecânica das células, mantendo as folhas eretas e aumentando a área de atividade fotossintética e absorção de CO_2 (Alves et al., 2020; Besharat et al., 2020).

A matéria orgânica melhora os atributos físico-químicos e biológicas do solo, estabilizando a estrutura do solo e as relações hídricas, aumentando a fertilidade do solo, e fornecendo nutrientes as plantas, conforme Almeida et al. (2020), o cultivo orgânico sucessivo em um solo franco-arenoso aumentou o teor de P e proporciona maiores teores foliares de N, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} , S, B, Cu^+ , Fe^{2+} , Zn e Na^+ na cultura do maracujá-amarelo. No entanto, a eficiência da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser melhorada com Si que é um elemento abundante no meio ambiente, mas é limitante as formas disponíveis no solo às plantas. No entanto, Si e matéria orgânica do solo pode melhorar as respostas das plantas aos estresses bióticos e abióticos, conforme relatado por Larkin (2020), a adição de adubo orgânico aumentou os nutrientes e a respiração microbiana e a correção do Si reduziu o efeito dos fatores abióticos no feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e na abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

Sabe-se que a matéria orgânica do solo tem capacidade de retenção de água, melhora a estrutura do solo e o movimento da água, facilitando a atividade faunística e a ciclagem de nutrientes (Diacono e Montemurro, 2010; Oldfiel et al., 2019). Em contrapartida, o aumento do teor de Si no tecido vegetal melhora a estrutura física da planta, aumentando a resistência mecânica e a camada protetora da planta, além de estimular a produção de produtos químicos de defesa da planta e respostas e ativação de processos bioquímicos que mitigam o impacto dos estresses abióticos

(Tubana et al., 2016; Ali et al., 2020). Portanto, a interação silício e adubação orgânica na fertilização das plantas pode ser considerada uma forma de proteger as plantas de vários estresses abióticos, melhorando o crescimento das plantas, bem como o rendimento do maracujazeiro-amarelo sob condições semiáridas (Chakma et al., 2022), fato também reportado por Yu et al. (2022), a matéria orgânica, o fósforo, o potássio e o silício disponível são elementos importantes na restauração da fertilidade dos solos.

Em geral, a interação Si e matéria orgânica do solo pode aumentar significativamente os atributos físico-bioquímicos em frutos de maracujá-amarelo, o mecanismo de defesa, a regulação hormonal e ativa o padrão de expressão dos genes responsivos ao estresse.

Uma combinação adequada de fontes orgânicas e silício pode permitir um crescimento e rendimento adequados da cultura do maracujá-amarelo e diminuir o uso de fertilizantes químicos. Da mesma forma, adubação organomineral pode ajudar as plantas a resistir a condições ambientais, biológicas e edáficas adversas, aumentando a qualidade da produção, inclusive do maracujá-amarelo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a interação de silício e adubação orgânica nos atributos físico-químicos em frutos de maracujazeiro amarelo cultivado no semiárido do Brasil.

Material e métodos

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, Estado da Paraíba, situado na Mesorregião do Alto Sertão paraibano, pelos pontos das coordenadas geográficas: latitude $6^\circ 20' 38''$ Sul, longitude $37^\circ 44' 48''$ a Oeste do Meridiano de Greenwich e a uma altitude de 275 m. O clima da região é do tipo BSw'h', segundo classificação de Köppen, que é caracterizado como clima semiárido quente, com duas estações distintas, uma chuvosa com precipitação irregular e outra sem precipitação, segundo a divisão do estado da Paraíba em regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh com período de 5 a 7 meses sem chuvas. (Alvares et al., 2013). A estação chuvosa dura de janeiro a julho com maior frequência e intensidade nos meses de fevereiro, março e maio (Mesquita et al., 2021).

Como demonstrado na Figura 1, geograficamente, o município de Catolé do Rocha-PB, situa-se na mesorregião do Sertão do estado da Paraíba, no bioma Caatinga e na Região Hidrográfica Atlântico NE Oriental.

O solo da área experimental, segundo os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação — SiBCS, foi classificado como NEOSSOLO

FLÚVICO Eutrófico (EMBRAPA, 2017). 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).

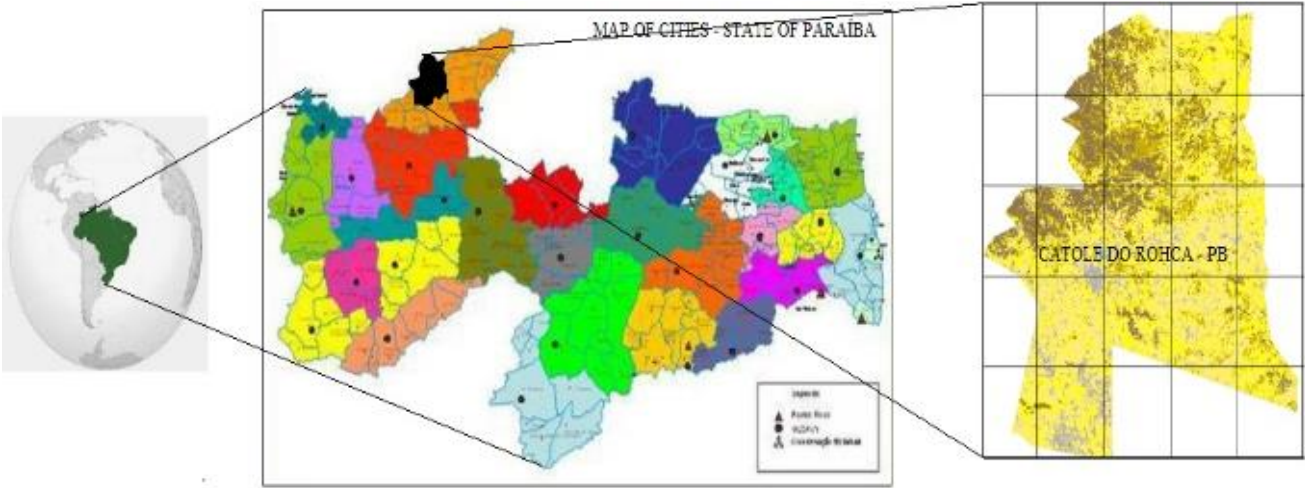


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo referente à aplicação de efluente doméstico tratado localizado no município de Catolé do Rocha-PB.

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

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

MOS = Matéria orgânica do solo; SB = Soma de bases trocáveis (SB = Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺); CTC = Capacidade de troca catiônica [CTC = SB (Ca²⁺+Mg²⁺+K⁺+Na⁺)]; V= Saturação do solo por bases trocáveis [V = (SB/CTC) x 100; Ada = Argila dispersa em água; Df = Grau de floculação {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.

Esquema fatorial e material vegetal

O experimento foi distribuído em blocos casualizados, no fatorial 5 x 2, com quatro blocos e quatro plantas por parcela, sendo considerada as duas plantas centrais como parcela útil. Os tratamentos relativos às doses de silício no solo de 0,0; 40, 80, 120 e 160 g planta⁻¹, equivalentes às doses de 0, 45, 90, 135 e 180 kg ha⁻¹, como sugestão de Costa et al. (2018) e dois níveis de matéria orgânica (valor existente no solo 1,2% e elevar o teor para 4,0%). As doses de Si aplicado seguiu as sugestões contidas em Costa et al. (2018), utilizando o produto comercial Sifol®, que contém na sua composição química: 92% de SiO₂, 42,9% de Si, densidade aparente variando de 80-140 g L⁻¹, tamanho de partícula variando de 8 a 12 e pH variando de 6,0 a 7,5. As aplicações de silício foram realizadas a 0,2 m do colo das plantas na proporção 1:1 (v:v) nas fases de transplantio das mudas, floração e frutificação.

O material vegetal em estudo foi o maracujazeiro-amarelo propagado via sementes em viveiro credenciado pelo Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). As mudas foram preparadas em sacos de polietileno preto com capacidade de 1,5 L, contendo substrato de uma mistura de partes iguais de material de solo da camada superficial (0-0,2 m) e esterco bovino curtido (Tabela 2).

Em cada saco foram semeadas duas sementes que iniciou a germinação aos sete dias após a semeaduras (DAS) e estabilizou aos 30 DAS, momento que realizou o desbaste das plantas com auxílio de uma tesoura, deixando-se a mais vigorosa.

Aos 60 DAS, as mudas foram levadas à campo para o transplantio. O sistema de condução utilizado foi o espaldeira com arame liso nº 12 no topo das estacas à altura de 2 m e espaçadas em 3 m entre si. Nas extremidades de cada linha foram colocados mourões com diâmetro de 0,2 m para

suporta a tensão imposta pelo sistema de condução e pelas plantas. O espaçamento utilizado foi 3 m entre plantas e 2 m entre linhas, equivalendo a uma densidade de 1667 planta ha⁻¹.

As plantas foram irrigadas diariamente com água de restrição moderada à agricultura quanto a salinidade e sem risco em sodificação para atividade agrícola (C₂S₁ e CE = 1,1 dS m⁻¹), conforme classificação de Ayers e Westcot, (1999), caracterizada conforme Richards (1954) (Tabela 3).

Ao longo do experimento, conforme a Tabela 4, foram registrados diariamente dados de evaporação, pluviosidade e lâmina total de irrigação. O método de irrigação utilizado foi o localizado, adotando o sistema por gotejamento com dois gotejadores autocompensantes com vazão de 10 L h⁻¹ instalados a 0,2 m do colo da planta em lados opostos, trabalhando a uma pressão de serviço de 1,5 Mpa. A lâmina de irrigação diária foi calculada pela metodologia da evapotranspiração da cultura (ET_c), que foi estimado pelo produto da evapotranspiração de referência (ET₀) com o coeficiente da cultura (K_c), conforme metodologias contidas em Valipour (2017) e Anwar et al. (2021) – (Eq. 1).

$$ET_c = ET_0 \times k_c$$

Os coeficientes da cultura para o maracujazeiro-azedo foi de 0,3 nos primeiros 60 dias após o transplantio (DAT), 0,8 dos 61 aos 110 DAT (início da floração) e 1,2 do início da floração a formação dos frutos (160 DAT) e de 0,8 do início ao final da colheita dos frutos (Souza et al., 2018). Próximo à área experimental foi instalado um tanque classe “A” para a determinação do ET₀ através da multiplicação da evaporação diária (ET_a) pelo coeficiente de ajuste (K_t) de 0,75 (Eq. 2).

$$ET_a = ET_a \times K_t$$

Tabela 2 - Caracterização química do esterco bovino utilizado no experimento.

Atributos	Valores	Atributos	Valores
pH (H ₂ O)	7,70	B (mg kg ⁻¹)	14,80
CE (dS m ⁻¹)	6,09	Fe (mg kg ⁻¹)	11.1129,90
MO (dag kg ⁻¹)	36,20	Cu (mg kg ⁻¹)	19,31
CO (g kg ⁻¹)	166,9	Mn (mg kg ⁻¹)	491,40
N (g kg ⁻¹)	13,91	Zn (mg kg ⁻¹)	65,31
C/N	12,00	Si (g kg ⁻¹)	12,50
P (g kg ⁻¹)	3,21	Na ⁺ (g kg ⁻¹)	3,50
K ⁺ (g kg ⁻¹)	18,70	-	-
Ca ²⁺ (g kg ⁻¹)	16,20	-	-
Mg ²⁺ (g kg ⁻¹)	6,11	-	-
S (g kg ⁻¹)	2,50	-	-
CTC (g kg ⁻¹)	44,50		

C = Oxidação de carbono por dicromato de potássio e determinado por colorimetria; N = Kjeldahl por digestão seca; C/N = relação carbono:nitrogênio; P - Mehlich-1 e fotolorimetria, 660 nm; K⁺ e Na⁺ = Fotometria de chama; Ca²⁺ e Mg²⁺ = espectrometria de absorção atômica em 422,7 e 285,2 nm; S – espectrometria de absorção atômica em 420 nm; B e Fe = espectrometria UV-vis nos comprimentos de onda de 460 e 508 nm, respectivamente; Cu = espectrometria de absorção atômica em 324,7; Mn e Zn = espectrometria de absorção atômica em 231,9 e 279,5 nm, respectivamente, com chama de ar acetileno; CTC = capacidade de troca de cátions.

Tabela 3 - Caracterização química da água utilizada no experimento.

pH	CE _{ai}	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	Classe
.....mmol _c L ⁻¹										(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	
6,9	1,01	0,18	1,48	6,45	1,21	2,50	0,00	2,75	8,1	4,57	C ₂ S ₁

CE_{ai} = Condutividade elétrica da água de irrigação; RAS = Razão de adsorção de sódio [RAS= Na⁺/(Ca²⁺+Mg²⁺/2)^{1/2}]

Tabela 4 - Dados médios mensais de evaporação de referência, irrigação e pluviosidade.

Meses	Evaporação de referência (mm mês ⁻¹)	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
Maio	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	

Condução do experimento

As plantas foram distribuídas no espaçamento de 3 m entre plantas e 2 m entre linhas na profundidade de 4 dm, comprimento e largura de 4 m, referente ao volume de 64 dm³. 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 1,2 para 4,0%, conforme Bertino et al. (2015).

Antes da aplicação, o esterco bovino foi caracterizado quanto à composição química da fertilidade (Texeira et al., 2017), conforme se pode verificar na Tabela 2.

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

Em que:

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

TMOSP = Teor de matéria orgânica que o solo possui;

VL = Volume da cova (dm³):

início do florescimento, e 33 e 60 g do final da floração até o final da colheita, totalizando 231 e 350 g planta⁻¹ ano⁻¹ de ureia e sulfato de potássio. A adubação fosfatada foi realizada a cada três meses e a partir dos 60 DAT, aplicando-se 50 g de SS planta⁻¹ de superfosfato simples do crescimento vegetativo ao início da floração e 100 g de SS do final da floração ao final da colheita, totalizando 250 g de planta⁻¹ ano⁻¹ de superfosfato simples.

Análises das variáveis

A colheita dos frutos foi realizada diariamente, a partir dos 180 DAT, quando a coloração da casca dos frutos torna-se predominantemente amarelada, que ocorre aproximadamente aos 60 dias após a abertura das flores (antese), conforme Vianna et al. (2010). Cada tratamento foi coletado dez frutos pelo menos 30% da sua área com coloração amarelada (Rodrigues et al., 2008) 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) Espessura da polpa e da casca 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.

ds = Densidade do solo (g dm⁻³);

UE = Umidade do esterco bovino (%);

TMOEB = Teor de matéria orgânica existente no esterco bovino.

A adubação de fundação foi feita com 40 g de superfosfato simples (21% de P₂O₅) e 7,70 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 P₂O₅) 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).

A partir dos 30 DAT foi realizada a adubação de cobertura, mensalmente, aplicando-se nitrogênio (N) e potássio (K) na proporção de 1:1 e utilizando a ureia (45% de N) e o sulfato de potássio (53% K₂O e 15% de S) como fontes, respectivamente. A adubação do maracujazeiro-azedo, respectivamente de N e K, seguiu a recomendação proposta por Souto et al. (2023) e foi realizado com 15 e 20 g até o final da fase vegetativa, 24 e 30 g do final da fase vegetativa ao

b) 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.

c) Número de sementes por fruto: Foi retirada a polpa do fruto e depois separado a polpa da semente, e em seguida feita a contagem.

d) O pH do suco foi obtido através do pHmetro digital Lcd, segundo técnicas preconizadas pela AOAC. (1990).

e) O teor de sólidos solúveis (°Brix) foi avaliado através de um refratômetro digital com compensação automática de temperatura.

Análises estatísticas

Antes da análise estatística dos dados, os mesmos foram realizados o teste de normalidade e homoscedasticidade, usando o teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) e Bartlett ($p \leq 0,05$), respectivamente. Logo após os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade. Para as médias referentes as doses de silício foram testadas regressões polinomiais ($p \leq 0,05$). A análise dos dados e correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) e de componentes principais (PC) foram realizadas através dos pacotes disponíveis no R Studio (R Team 2020).

Resultados e discussão

De acordo com o resumo da análise de variância, observa-se que houve efeito significativo para a interação silício x matéria orgânica do solo, ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, em frutos de maracujazeiro, indicando dependência entre os efeitos dos fatores silício (Si) e adubação

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 6).

Tabela 6 - 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		mL	-	-	⁰ Brix
Bloco	0,72 ^{ns}	1,65 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,94 ^{ns}	3,52*	0,38 ^{ns}
Silício (Si)	6,24**	5,19**	15,14**	8,24**	4,22**	6,16**
MOS	5,98*	1,60 ^{ns}	0,06 ^{ns}	16,66**	4,66*	9,27**
Si x MOS	6,20**	3,10*	14,93**	4,88**	3,57*	6,38**
Resíduo	30,87	3,21	53,56	3423,72	0,011	0,71
CV (%)	9,39	18,42	10,00	14,59	3,65	6,73

^{ns}: 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 menor espessura foi de 58,32 mm, obtida na dose de mínima eficiência física de 85,71 kg/ha. A partir do nível mínimo 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). Com isso, adições superiores a 180 kg/ha de Si associada a adubação orgânica não são mais necessárias e até comprometem o crescimento e a capacidade produtiva das culturas, inclusive do maracujazeiro amarelo. Conforme Taiz et al. (2017), o aumento da disponibilidade de determinado elemento no solo e a absorção adequada às exigências das plantas é atingida. 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 2).

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. Além disso, o Si melhora a resistência das plantas contra estresse patogênico, salinidade, seca, calor, regulando o sistema de defesa (Ahire et al., 2021; Khan et al. 2023), atenuando o efeito adverso dos fatores abióticos, como alta temperatura e déficit hídrico em condições semiáridas.

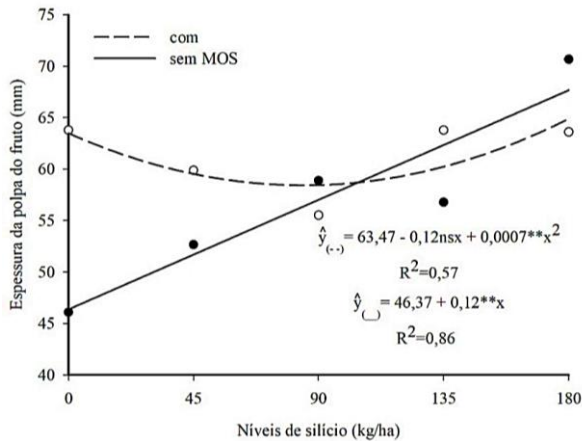


Figura 2 - Espessura da polpa em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

A espessura da casca em frutos de maracujá-amarelo foi de 10,47 mm com a aplicação de 7,70 kg de silício por cova 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 (Figura 3). Comparativamente, a espessura da casca é inversamente proporcional a espessura da polpa e vice-versa.

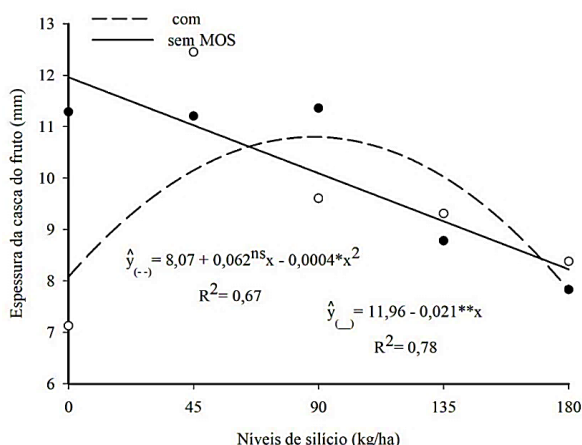


Figura 3 - Espessura da casca em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

Para Andrade Neto (2015), a espessura da casca é uma característica primordial, tanto para indústria quanto para o mercado de frutos *in natura*. 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.

A maior espessura da casca de 10,47 mm em frutos de maracujá-amarelo com a aplicação de 7,70 kg de silício por cova via 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 3), evidenciando que a

cultura respondeu positiva a interação silício e matéria orgânica do solo, conforme Bukhari et al. (2021), o Si melhora os atributos bioquímicos da planta, absorve nutrientes e apresenta maior taxa de crescimento, o que, em última análise, ajuda a planta a mitigar os efeitos do estresse hídrico, essencial em região semiárida.

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.

Assim, é notório o efeito benéfico do silício em atenuar o déficit hídrico e a irrigação com água com restrições a salinidade ($CE = 1,1 \text{ dS m}^{-1}$), haja vista, que a qualidade dos frutos de maracujá-amarelo sob condições semiáridas foi compatível a exigência do mercado para consumo *in natura* e para indústria, corroborando com Irfan et al. (2023), o silício melhora o crescimento das plantas, melhorando a germinação das sementes, a estabilidade da membrana celular, a assimilação de carbono, as relações planta-água e o ajuste osmótico (através do acúmulo de açúcares solúveis, prolina e glicina betaína).

Os maiores volumes de polpa de frutos sem sementes foram de 79,95 e 94,2 mL para as plantas formadas sem e com adição do insumo orgânico, adubadas com 180 kg/ha de silício, respectivamente (Figura 4), evidenciando, que o silício atenuou o efeito negativo dos fatores abióticos, a exemplo da alta temperatura ($> 30^{\circ}\text{C}$) e o déficit hídrico, fato confirmado por Sousa et al. (2022), a suplementação de silício melhorou a qualidade dos frutos, aumentando assim, a produção de tomate cereja (híbrido Sweet Heaven), independentemente, dos níveis de condutividade elétrica.

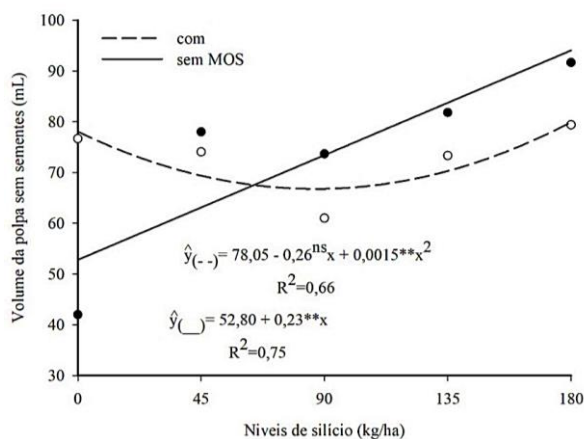


Figura 4 - Volume da polpa em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

O número máximo de sementes por frutos de 466 e 521 com e sem adição da matéria orgânica ao solo, adubando as plantas com 180/kg de silício, respectivamente (Figura 5). Analogicamente, quanto maior o número de sementes, maior é volume de polpa, evidenciando ação benéfica do silício na qualidade físico-química dos frutos. Conforme Etesami e Jeong (2020), o silício exerce efeito benéfico na melhoria do rendimento e qualidade das culturas fruteiras.

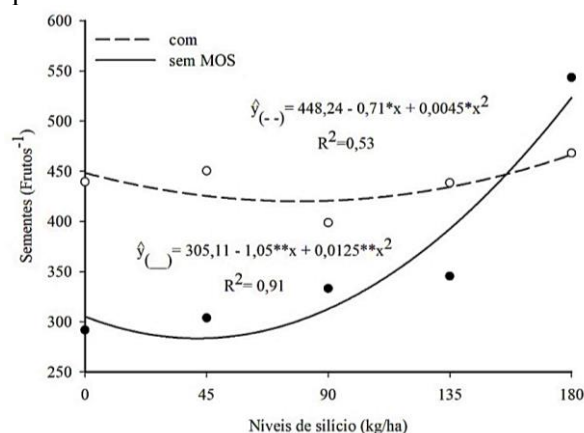


Figura 5 - Número de sementes por fruto em maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

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. (2022) ao

observarem efeito benéfico no silício no crescimento e produção em abóbora (*Cucurbita pepo* L.).

As análises de regressões, aplicadas aos dados de potencial hidrogeniônico (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 de máxima eficiência física de 100 e 85 kg/ha de silício aplicado ao solo, têm-se valor de pH máximos de 3,05 e 3,00 para as plantas cultivadas com e sem adição de matéria orgânica ao solo (Figura 6).

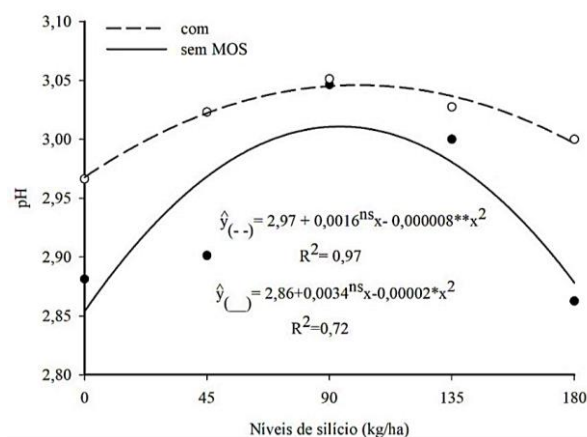


Figura 6 - pH em frutos de maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

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 valores de pH em polpa de frutos maracujá-amarelo encontrados na pesquisa são considerados adequados para frutos de maracujazeiro amarelo destinados ao consumo *in natura* ou para a industrialização da polpa. Isso 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, e sim, melhorando os atributos físico-químicos de frutos de maracujá-amarelo.

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. (2019). Os valores encontrados qualificam os frutos com caráter ácidos, sendo mais propícios ao processamento do suco concentrado,

como relatado por Campos et al. (2009). Para Nascimento et al. (1999), 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.

Os maiores valores de sólidos solúveis em frutos de maracujá-amarelo foram de 14,19 e 12,94 °Brix, alcançado teoricamente nos níveis de silício de 180 e 83,33 kg/ha com e sem adição de insumo orgânico, respectivamente (Figura 7). Esses valores estão compatíveis com as constatações de Dias et al. (2011) com valores de 13,41 °Brix em polpa de frutos de maracujá-amarelo, demonstrando, que o silício associado a adubação orgânica poderá ser utilizado na adubação do maracujazeiro-amarelo sob condições semiáridas. Fato reportado por Rea et al. (2022), as plantas absorvem o silício (Si) do solo, o que afeta seu crescimento e o acúmulo de nutrientes, proporcionando maior resistência das plantas aos estresses abióticos e bióticos, como déficit hídrico, salinidade e calor. Porém, alguns autores constataram o efeito corroborativo a este estudo comparando-se as mesmas condições e efeitos nas plantas (Valencia et al., 2021).

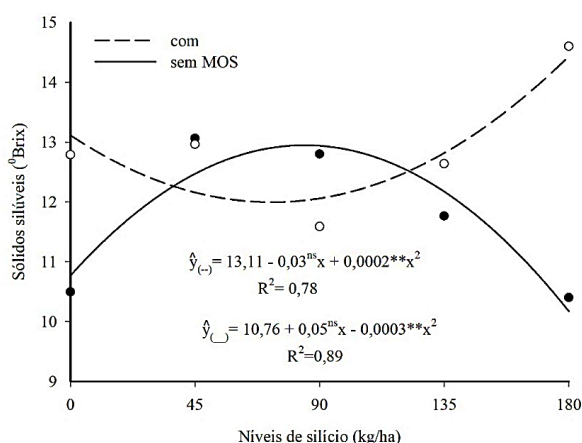


Figura 7 - Sólidos solúveis em polpa de frutos em maracujazeiro sob adubação avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

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 entre 11° e 12° 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).

A matriz de correlação dos atributos referente à qualidade dos frutos de maracujazeiro amarelo é apresentada na Figura 8A. Com base nessa fig., podemos perceber correlação positiva ($p < 0,001$) do atributo massa de frutos com diâmetro longitudinal dos frutos ($r = 0,74$), espessura da casca ($r = 0,61$), massa da polpa de frutos ($r = 0,65$) e massa de sementes ($r = 0,55$). Do mesmo sentido, foi encontrado correlação positiva significativa a nível de 1% ($p < 0,01$) também entre MC x MF ($r = 0,65$), MS x ESP ($r = 0,53$), MS x MP ($r = 0,58$). Por outro lado, correlação negativa fraca foi encontrada entre MS x ESP ($r = -0,44$; $p < 0,01$) e ESP x ESC ($r = -0,35$; $p < 0,1$). Porém, a dimensão positiva da PCA foi agrupada pelos atributos físico-químicos CF, LF, MF e ESP, enquanto isso, podemos observar outra dimensão negativa referente aos atributos que medem a qualidade dos frutos de maracujazeiro amarelo representado por ESP, MP e MS (Figura 8B). Esses dados estão de acordo com Mesquita et al. (2023), ao estudarem o comportamento e efeito dos fatores ou atributos dos solos por meio das análises multivariadas. A importância desse estudo da análise multivariada foi constatada em vários trabalhos de alto fator de impacto na comunidade acadêmica, tal como observado em Arruda et al. (2022), os autores evidenciaram que estudos de ACP é em suma muito importante para entender o nível de correlação e interações entre os elementos estudados, bem como suas relações antagônicas onde a presença de um pode prejudicar o efeito do outro.

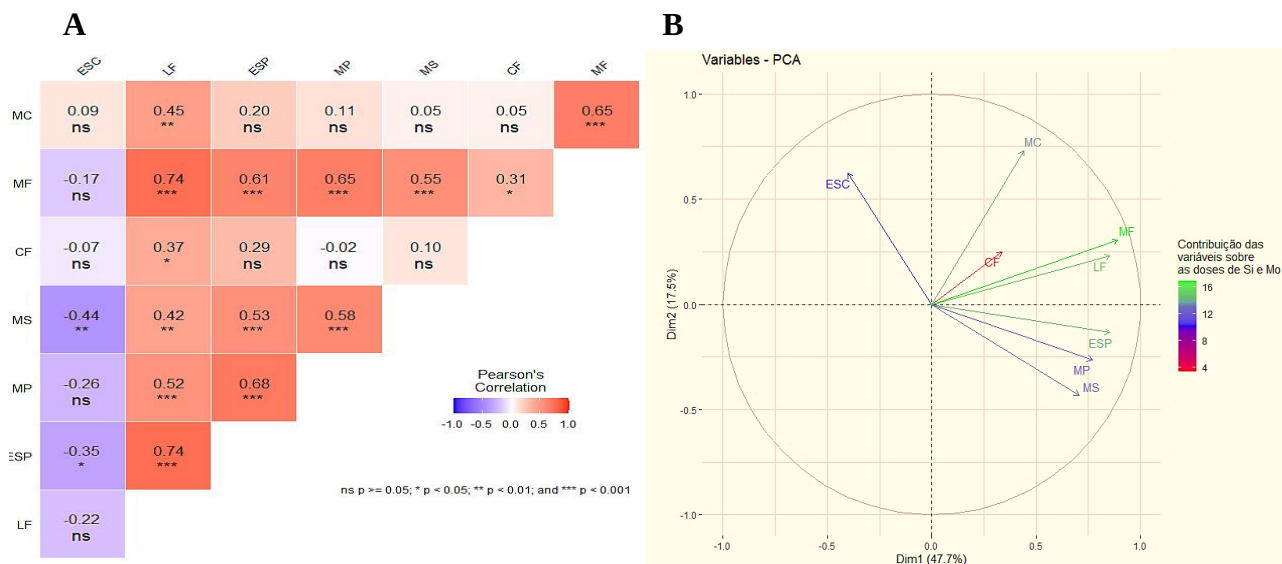


Figura 8 - Matrices de correlações de *Pearson* e análises de componentes principais sobre as características físico-químicas do maracujazeiro sob adubação com silício avaliados no solo sem e com matéria orgânica do solo.

A análise de componentes principais dos atributos da qualidade dos frutos avaliados pela decomposição estatística dos fatores níveis de Si e com e sem adição de matéria orgânica do solo é apresentada na Figura 9A. Dois componentes principais explicaram 95,4% da variabilidade dos dados referente ao estudo das componentes sobre os níveis de Si com e sem adição de matéria orgânica do solo, sendo representado por 47,70% e 47,7% atribuídos a PCA1 e PCA2, respectivamente (Figura 9B). A dimensão positiva da PCA1 é

constituída pelos atributos MS, MP, ESP, MF e MC, demonstrando, com isso maior representatividade dos dados físico-químicos dos frutos de maracujazeiro-amarelo na dose de Si representado pelo valor de 180 mg kg⁻¹.

Pelo estudo da análise estatística multivariada dos dados da PCA2 referente a decomposição dos fatores independentes (níveis de Si) e matéria orgânica (MO) é apresentada na Figura 9B. A dimensão positiva da PCA2 é constituída pelos atributos MS, MP, ESP, CF, MF e MC, demonstrando, assim, maior representatividade dos dados físico-químicos dos frutos de maracujazeiro-amarelo avaliados no solo na ausência e presença da matéria orgânica do solo.

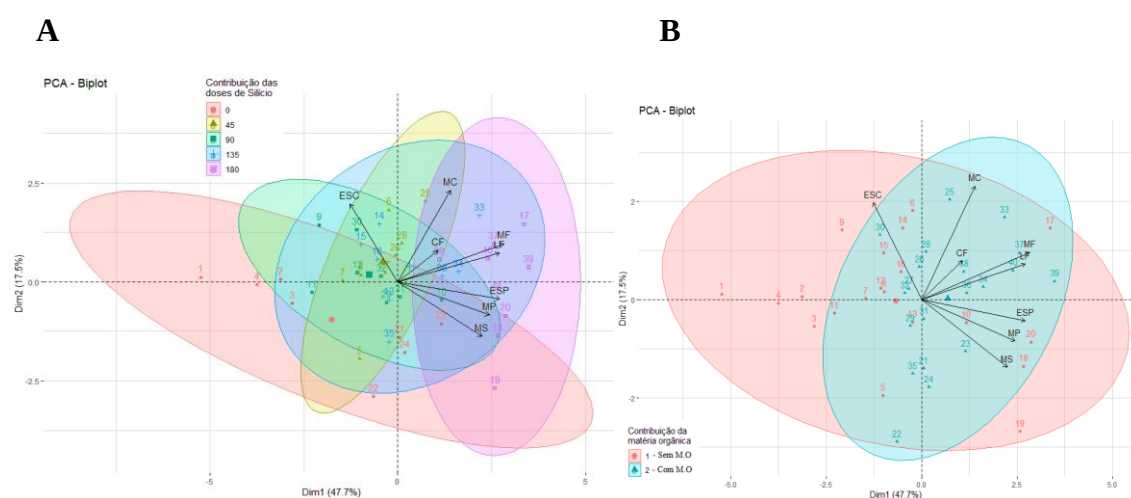


Figura 9 - Análise de componentes principais de forma elíptica sobre as características físico-químicas do maracujazeiro sob adubação com doses crescentes de silício no solo com e sem matéria orgânica do solo.

Ao aplicar técnicas de análise multivariada, como as Componentes Principais, Mesquita et al. (2023) observaram padrões significativos nos dados, revelando como diferentes atributos do solo interagem entre si. Este enfoque proporciona uma compreensão mais detalhada sobre como o reuso agrícola influencia a composição do solo, permitindo a formulação de

estratégias mais eficazes para otimizar os benefícios agrícolas e ambientais.

Esses dados estão em consonância com os apresentados por Oliveira Júnior et al. (2021) ao constatarem benefício do uso da adubos orgânicos mais especificamente pelos nutrientes K^+ e Ca^{2+} , separadamente.

Conclusões

A dose de silício de 108 g/cova e 4,0% de matéria orgânica do solo proporcionaram melhores características físico-químicas dos frutos de maracujá-amarelo.

A espessura da casca do fruto diminui com o incremento de silício no solo

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

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba - FAPESP-PB, pelo auxílio financeiro junto ao Edital de número 9/2021/Termo de Ortega 1 nº: 3076/202 e a Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.

Referências

Ahire, M.L., Mundada, P.S., Nikam, T.D., BAPAT, V.A., PENNA, S. 2021. Multifaceted roles of silicon in mitigating environmental stresses in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 169, p. 291-310. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.11.010>

Ali, N., Réthoré, E., Yvin, J.C., Hosseini, S.A. 2020. The regulatory role of silicon in mitigating plant nutritional stresses. *Plants*, v. 9, n. 12, p. 1779. <https://doi.org/10.3390/plants9121779>

Almeida, W.A., Araújo NETO, S.E., Uchôa, T.L., Souza, L.G., Silva, N.M., Ferreira, R.L.F., Tomio, D.B. 2020. Chemical soil and leaf properties in yellow passion fruit cultivation with organic fertilization. *Comunicata Scientiae*, v. 11, p. e3342-e3342. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3342>

Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C. Gonçalves, J.L.M.G. 2013. Sparovek. Köppen's climate classification map for Brasil. *Meteorologisch*, v. 22, n. 6, p. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Alves, J.M., Lima, A.S., Figueiredo, F.R.A., Silva, T.I., Cavalcante, L.F., Mesquita, F.O., Mesquita, E.F., Suassuna, C.F. 2020. Chlorophyll a fluorescence and development of zucchini plants under nitrogen and silicon fertilization. *Agronomia Colombiana*, v. 38, n. 1, p. 45-52, DOI: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.79172>

Andrade Neto, R.C., Ribeiro, A.M.A.S., Almeida, U.O., Negreiros, J.R.S. 2015. Caracterização física de frutos de genótipos de maracujazeiro azedo produzidos no Acre. In: Encontro nacional da Agroindústria, 1. Anais.... Bananeiras. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138696/1/25909.pdf>

Anwar, S.A., Mamadou, O., Diallo, I., SYLLA, M.B. 2021. On the influence of vegetation cover changes and vegetation-runoff systems on the simulated summer potential evapotranspiration of tropical Africa using RegCM4. *Earth Systems and Environment*, v. 5, n. 4, p. 883-897. doi:10.1007/s41748-021-00252-3

AOAC.1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Arlington, v.1, p. 685-1213. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>

Arruda, L.H., Coutinho, G., Guimarães, P.H.S., Souza, F.B.M., Freire, A.I. 2022. Multivariate analysis in the selection of baru genotypes. *Colloquium Agrariae*, v. 18, n.2, p. 88-100. DOI: 10.5747/ca.2022.v18.n2.a492

Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1999. A qualidade de água na agricultura. Campina Grande: UFPB, FAO, (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado). 2.ed., 153p. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2014.58077>

Barros, D.N., Medeiros, E.V., Claudino, E.S., Lima, K.M.V., Delmiro, V.S., Chinelete, G.C.B. 2018. Caracterização físico-química do maracujá amarelo comercializado em diferentes estabelecimentos comerciais. *Revista Brasileira*

- de Agrotecnologia, Garanhuns, v. 8, n. 2, p. 1-6. <http://orcid.org/0000-0001-5543-9414>
- 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. 2015. 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. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9844>
- Besharat, S.B., Barão, L., Cruz, C. 2020. New strategies to overcome water limitation in cultivated maize: Results from sub-surface irrigation and silicon fertilization. *Journal of Environmental Management*, v. 263, p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110398>
- Borrell, J.S., Dodsworth, S., Forest, F., Pérez-Escobar, O.A., Luna, E.E, M.A., Mattana, E., Pironon, S. 2020. The climatic challenge: Which plants will people use in the next century? *Environmental and Experimental Botany*, v. 170, p. 103872. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103872>
- Bukhari, M.A., Ahmad, Z., Ashraf, M.Y., Afzal, M., Nawaz, F., Nafees, M., Manan, A. 2021. Silicon mitigates drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) through improving photosynthetic pigments, biochemical and yield characters. *Silicon*, v. 13 p. 4757-4772. <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00797-4>
- Campos, G.A., Texeira Junior, T., Nogueira, S.R., Silva, G.L., Santos Neto, D.L., Blatt Neto, A. 2009. 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. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/31953/1/bolpd-253.pdf>
- Chakma, R., Ullah, H., Sonprom, J., Biswas, A., Himanshu, S.K., Datta, A. 2022. Effects of Silicon and Organic Manure on Growth, Fruit Yield, and Quality of Grape Tomato Under Water-Deficit Stress. *Silicon*, p. 1-12. <http://dx.doi.org/10.1007/s12633-022-02043-5>
- Chaves, M.M., Costa, J.M., Saibo, N.J.M. 2011. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. *Advances in botanical research*, v. 57, p. 49-104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00003-5>
- 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. 2018. Morpho-anatomical and physiological alterations of passion fruit fertilized with silicone. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53(2), p. 163-171. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100204x201800020004>
- Diacono, M.; Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Sustainable agriculture*, v. 2, p. 761-786. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0394-0_34
- Dias, T.J., Cavalcante, L.F., Freire, J.L.O., Nascimento, J.A.M., Beckmann-Cavalcante, M.Z., Santos, G.P. 2011. 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000300002>
- Durigan, J.F., Sigrist, J.M.M., ALVES, R.E., Filgueiras, H.A.C., Vieira, G. 2019. 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. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1109069/qualidade-pos-colheita-de-frutos-de-maracujazeiro-amarelo-colhidos-em-diferentes-estadios-de-maturacao>
- Dutra, A.F., Melo, A.S., Brito, M.E.B., Suassuna, J.F., Dutra, W.F. 2018. Photochemical and productive performance of yellow passion fruit irrigated in the brazilian semiarid. *Engenharia Agrícola*, v. 38, p. 901-909. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p901-909/2018>
- Embrapa - Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2017. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573p. <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN--9788570358004.pdf>
- Etesami, H., Jeong, B.R. 2020. Importance of silicon in fruit nutrition: Agronomic and physiological implications. In: Srivastava, A.K.; Hu, C. (eds). *Fruit Crops*, p. 255-277. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128187326000198>
- Fortaleza, J.M., Peixoto, J.R., Junqueira, T.V., Oliveira, A.T., Rangel, E. P. 2005. 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.

- <https://www.scielo.br/j/rbf/a/XmHCTgPMGB8cbbZCsVfBXyL/abstract/?lang=pt>
- Freitas, J.P., Oliveira, E.J., Cruz Neto, J., Santos, L.R. 2011. Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.9, p.1013-1020. <https://www.scielo.br/j/pab/a/qCqrHYgpMzNqv34WnqkLcJh/?lang=pt>
- Gurgel, R.L.S., Souza, H.A., Teixeira, G.A., Mendonça, M., Ferreira, E. 2007. Adubação fosfatada e composto orgânico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife. v. 2, n. 04, p. 262-267. <https://biblat.unam.mx/hevila/AgrariaRecife/2007/vol2/no4/3.pdf>
- IBGE. Produção de Maracujá. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>. 2020. Acesso em: 20/08/2022.
- Irfan, M., Maqsood, M.A., Rehman, H., Mahboob, W., Sarwar, N., Hafeez, O.B.A., Hussain, S., Ercisli, S., Akhtar, M., Aziz, T. 2023. Silicon nutrition in plants under water-deficit conditions: overview and prospects. Water, v. 15, n. 4, p. 739. <https://doi.org/10.3390/w15040739>
- Khan, I., Awan, S.A., Rizwa, N.M., Brestic, M., Xie, W. 2023. Silicon: an essential element for plant nutrition and phytohormones signaling mechanism under stressful conditions. Plant Growth Regulation, v. 100, n. 2, p. 301-319. <https://doi.org-rg.ez121.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10725-022-00872-3>
- Larkin, R.P. 2020. Effects of selected soil amendments and mulch type on soil properties and productivity in organic vegetable production. Agronomy, v. 10, n. 6, p. 795. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060795>
- Matsuura, F.C.A.U., Folegatti, M.I.S. 2002. Maracujá Pós colheita. Embrapa Mandioca Fruticultura (Cruz das Almas, BA). – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 51 p. <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/maracuja>
- Mesquita, E.F., Mesquita, E.O., Sousa, C.S., Ferreira, D.S., Rocha, J.L.A., Cavalcante, L. F. 2021. Water stress mitigation by silicon in sweet-potato. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v.12, p. 01 - 12. DOI: 10.6008/cbpc2179-6858.2021.007.0033
- Mesquita, F.O., Vasconcelos, E.S.A.G., Lira, E.C., Felix, E.S., Batista, R.O., Paiva, L.A.L., Mesquita, E.F., Melo, D. M. A., Luna Souto, A.G., Coelho, D.C.L., Pereira, F.R.A., Bakker, A.P., Silva, J.A. 2023. Multivariate Analysis of Physical and Chemical Soil Attributes Under Forage Palm Cultivation and Agriculture Reuse in the Semiarid Region. Journal of Agricultural Science; Vol. 15, No. 2; p.56-70. <https://doi.org/10.5539/jas.v15n2p56>
- More, F.S.F., León, J.L.S. 2022. Mermelada a base de pulpa y cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) edulcorado con estevia. Agroindustrial Science, v. 12, n. 2, p. 157-163. DOI:<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.02.04>
- Nascimento, T.B., Ramos, J.D., Menezes, J.B. Características físicas do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2353-2358, 1999.
- Nascimento, W.M.O., Tomé, A.T., Oliveira, M.S. P., Muller, C.H., Carvalho, J.E.U. 2003. 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. <https://Doi.Org/10.1590/S0100-29452003000100052>
- Oldfield, E.E., Bradford, M.A., Wood, S.A. 2019. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. Soil, v. 5, n. 1, p. 15-32. <https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>
- Oliveira Junior, R.F., Lemos Filho, L.C.A., Batista, R.O., Ferreira, L.L.N., Costa, L.R., Caminha, M.P. 2021. Multivariate statistics applied to irrigation water quality data of a watershed in the semiarid region of brazil. Rev. Caatinga, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 650 –658. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n317rc>
- Oliveira, J.C., Ferreira, F.R., Ruggiero, C., Nakamura, L. 1988. Caracterização e avaliação de germoplasma de *Passiflora edulis*. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 9. 1987, Campinas. Anais... Campinas: SBF, v. 2, p.585-590. https://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/maracujap&d/projetos/projeto_maracuja_faseIV.pdf
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Rea, R.S., Islam, M.R., Rahman, M.M., Nath, B., Mix, K. 2022. Growth, nutrient accumulation, and drought tolerance in crop plants with silicon

- application: A review. *Sustainability*, v. 14, n. 8, p. 4525. <https://doi.org/10.3390/su14084525>.
- Richards, L.A. 1973. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6th ed. México: Limusa. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/4706>
- Rocha, L.F., Cunha, M.S., Santos, E.M., Lima, F.N.; Mancin, A.C.; Cavalcante, I.H.L. 2013. 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. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i4a2939>
- Rodrigues, A.C., Cavalcante, L.F., Oliveira, A. P., Souza, J. T., Mesquita, F. O. 2008. Caracterização de frutos de maracujazeiro amarelo em solo tratado com biofertilizante supermagro e potássio. *Magistra*, V. 20, n. 03, p. 264-272. <https://www3.ufrb.edu.br/magistra/index.php/magistra/article/view/449>
- Salim, B.B.M., Elyazied, A., Salama, Y.A.M., RA ZA, A., OSMAN, H.S. 2021. 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, n. 2, p. 176-183. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2021.12.003>
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B.; Cunha, T.J.F. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. E-book: il. color. E-book, no formato ePub, convertido do livro impresso. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181677/1/SiBCS-2018-ISBN9788570358172.epub>
- Silva, J.P. 2018. Teores de nutrientes, produtividade e qualidade pós-colheita do maracujá-amarelo submetido a adubação orgânica e silicatada. 76f. Doutorado (Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15026/1/TA203.pdf>
- Silva, N.M., Araújo Neto, S.E., Souza, L.G., Pinto, G.P., Ferreira, R.L.F., Uchôa, T.L. 2023. Qualidade do maracujá amarelo em função da irrigação, polinização artificial e cultivo protegido. *Comunicata Scientiae*, v. e3803-e3803. <https://doi.org/10.14295/cs.v14.3803>
- Sousa, R.M.V., Silva, A.A., Fonseca, G.M., Cunha, J.G., Lacerda, J. J. L., Guimarães, W. P., Silva, E. 2022. Silicon increases the production and quality of cherry tomato under different electrical conductivity levels. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 43, n. 3, p. 1297-1316. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p1297https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tRnqgfLXQqqzbZzkZzGmbHz/abstract/?lang=en>
- Souto, A.G.L., Cavalcante, L.F., Melo, E.N., Cavalcante, Í.H.L., Silva, R.Í.L., Lima, G.S., Gheyi, H.R., Pereira, W. E., Paiva Neto, V.B., Oliveira, C.J.A., Mesquita, F.O. 2023. Salinity and mulching effects on nutrition and production of grafted sour passion fruit. *Plants*, 12: 1035. doi: 10.3390/plants12051035
- Souza, J.T., Nunes, J.C., Cavalcante, L.F., Nunes, J.A.S.; Pereira, W.E.; Freire, J.L. 2018. 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.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre-RS: Artmed, 6. ed., 888p. <https://www.meulivro.biz/biologia/biologia-vegetal/1467/fisiologia-e-desenvolvimento-vegetal-taiz-6-ed-pdf/>
- Tavares, R.F.M. 2021. Silício no maracujazeiro azedo: Aspectos morfológicos, fisiológicos e nutricionais. 111f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Campos dos Goytacazes. <https://uenf.br/posgraduacao/producao--vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2022/03/ROZANE-LIBERADA.pdf>
- Texeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Texeira, W.G. 2017. Manual de métodos de análise de solo. Brasília: Embrapa, 574p. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>
- Tubana, B.S., Babu, T., Datnoff, L.E. 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. *Soil science*, v. 181, n. 9/10, p. 393-411. DOI: 10.1097/SS.0000000000000179
- Valencia, R.D.H., Maldonado, A.J., Hernández, A.P., Cavazos, C.J. L., González, A.Z., Fuentes, J.A.G. 2022. Influence of organic fertilizers and silicon on the physiology, yield, and nutraceutical quality of the strawberry crop. *Nova scientia*, v. 14, n. 28. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3032>
- Valipour, M. 2017. Calibration of mass transfer-based models to predict reference crop

- evapotranspiration. *Applied Water Science*, v. 7, p. 625-635. doi: 10.1007/s13201-015-0274-260
- Vianna-Silva, T., Lima, R.V., Azevedo, I.G., Rosa, R.C.C., Souza, M.S., Oliveira, J.G. 2010. Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro amarelo colhidos na região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista brasileira de fruticultura*, v. 32, p. 057-066. doi: 10.1590/S0100-29452010005000012
- Yu, Y., Zhang, L., L.I. Y., Hou, L., Yang, H.E., Shi, G. 2022. Silicon fertilizer and microbial agents changed the bacterial community in the consecutive replant soil of lilies. *Agronomy*, v. 12, n. 7, p. 1530. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071530>