



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS IV
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

ORQUÍDEA SUASSUNA MAIA

**ACÚMULO DE BIOMASSA E STATUS CELULAR EM MARACUJAZEIRO SOB
ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE SILÍCIO**

**CATOLÉ DO ROCHA - PB
2024**

ORQUÍDEA SUASSUNA MAIA

**ACÚMULO DE BIOMASSA E STATUS CELULAR EM MARACUJAZEIRO SOB
ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE SILÍCIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Lays Klécia Silva Lins

Coorientador: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita

**CATOLÉ DO ROCHA - PB
2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M217a Maia, Orquídea Suassuna.
Acúmulo de biomassa e status celular em maracujazeiro sob estresse salino e aplicação de silício [manuscrito] / Orquídea Suassuna Maia. - 2024.
27 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Lays Klécia Silva Lins, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA".

"Coorientação: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA".

1. Passiflora edulis. 2. Salinidade da água. 3. Mitigação de estresse abiótico. I. Título

21. ed. CDD 634.425

ORQUIDEA SUASSUNA MAIA

ACÚMULO DE BIOMASSA E STATUS CELLULAR EM MARACUJAZEIRO SOB
ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE SILÍCIO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Agronomia da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharela em
Agronomia

Aprovada em: 28/06/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Maria Lucia Mauricio da Silva** (***.603.904-**), em **03/12/2024 20:11:44** com chave **f6c86bd4b1cb11efbf151a1c3150b54b**.
- **Lays Klécia Silva Lins** (***.676.704-**), em **03/12/2024 19:56:15** com chave **ccfb1542b1c911efbe8b1a1c3150b54b**.
- **Rennan Fernandes Pereira** (***.397.004-**), em **03/12/2024 20:46:50** com chave **ddae3facb1d011ef8b491a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 04/12/2024

Código de Autenticação: b93457



Aos meus queridos pais, que sempre acreditaram em mim e me inspiraram a perseguir meus sonhos. Obrigada por todo o amor, apoio e incentivo durante toda a minha vida. Este trabalho é um reflexo da educação que vocês me proporcionaram e dos valores que me transmitiram. Sou grata por ter vocês como base em minha caminhada. DEDICO.

“O silício atua como um escudo protetor para as plantas contra o estresse abiótico, como a salinidade do solo.” - Vyacheslav I. Zholnevsky.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Médias de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante a condução do experimento.....	13
Figura 2 –	Croqui do experimento na casa de vegetação.....	14
Figura 3 –	Massas secas da parte aérea (MSPA - A), da raiz (MSR - B), total (MST - C) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.....	19
Figura 4 –	Conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.....	21
Figura 5 –	Vazamento de eletrólitos (VE) nas folhas de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.....	22
Figura 6 –	Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Caracterização da fertilidade e das propriedades físicas do solo utilizado no experimento.....	15
Tabela 2 –	Caracterização química do esterco bovino utilizado no experimento.....	15
Tabela 3 –	Caracterização química da água de poço utilizada para irrigação das plantas de maracujazeiro amarelo.....	16
Tabela 4 –	Resumo das análises de variância das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), conteúdo relativo de água (CRA), vazamento de eletrólitos (VE) e índice de qualidade de Dickson (IQD), registradas em mudas de maracujazeiro (<i>Passiflora edulis</i>), cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.....	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Condutividade Elétrica
DAS	Dias Após a Semeadura
DAT	Dias Após o Transplante
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea
MSR	Massa Seca das Raízes
MST	Massa Seca Total
R/PA	Relação Raiz/Parte Aérea
CRA	Conteúdo Relativo de Água
MF	Massa Fresca
MT	Massa Túrgida
MS	Massa Seca
VE	Vazamento de Eletrólitos
C _i	Condutividade Elétrica Inicial
C _f	Condutividade Elétrica Final
CV	Coefficiente de Variação
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
AP	Altura da Planta
DC	Diâmetro do Caule

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	METODOLOGIA.....	13
2.1	Localização, delineamento experimental e tratamentos.....	13
2.2	Montagem e condução do experimento.....	14
2.3	Variáveis analisadas.....	16
2.3.1	Variáveis relacionadas à biomassa das plantas.....	16
2.3.2	Conteúdo relativo de água nas folhas.....	16
2.3.3	Vazamento de eletrólitos.....	16
2.3.4	Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	16
2.4	Análises estatísticas.....	17
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4	CONCLUSÕES.....	23
	REFERÊNCIAS	23

ACÚMULO DE BIOMASSA E STATUS CELULAR EM MARACUJAZEIRO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO DE SILÍCIO

BIOMASS ACCUMULATION AND CELLULAR STATUS IN PASSION FRUIT UNDER SALINE STRESS AND SILICON APPLICATION

Orquídea Suassuna Maia

RESUMO

A irregularidade na distribuição de chuvas no Nordeste do Brasil torna necessária a irrigação para o cultivo de fruteiras durante a maior parte do ano. No entanto, muitas águas disponíveis em poços e mananciais dessa região têm altos teores de sais, prejudicando o desenvolvimento do maracujazeiro-amarelo, uma espécie sensível à salinidade. Uma alternativa promissora para atenuar estresses abióticos em diversas culturas é a aplicação de silício, que proporciona diversos benefícios às plantas. Neste estudo, realizado em casa de vegetação, foram avaliados o acúmulo de biomassa, o conteúdo relativo de água, o vazamento de eletrólitos e o índice de qualidade de Dickson em mudas de maracujazeiro, cultivar 'BRS Sol do Cerrado', submetidas à irrigação com água salinizada e aplicação de silício. Os tratamentos foram: T1 - plantas regadas com água de condutividade elétrica (CE) de 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹ com aplicação de silício no solo; T4 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹ com aplicação de silício via foliar; T5 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹ com aplicação de silício 50% via solo e 50% via foliar. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. As soluções de silício foram preparadas adicionando-se SiO₂ em água destilada. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey. A irrigação com água salina prejudicou as massas secas da parte aérea, das raízes e total, assim como a relação raiz/parte aérea, o conteúdo relativo de água, o vazamento de eletrólitos e o índice de qualidade de Dickson nas plantas. No entanto, o silício, especialmente quando aplicado via foliar, mitigou significativamente o estresse salino na maioria das características analisadas.

Palavras-Chave: *Passiflora edulis*; salinidade da água; mitigação de estresse abiótico.

ABSTRACT

The irregularity in the distribution of rainfall in the Northeast of Brazil makes irrigation necessary for the cultivation of fruit trees during most of the year. However, many waters available in wells and springs in this region have high salt content, harming the development of yellow passion fruit, a species sensitive to salinity. A promising alternative to mitigate abiotic stresses in various crops is the application of silicon, which provides several benefits to plants. In this study, carried out in a greenhouse, biomass accumulation, relative water content, electrolyte leakage and Dickson's quality index were evaluated in passion fruit seedlings, cultivar 'BRS Sol do Cerrado', subjected to irrigation with saline water and application of silicon. The treatments were: T1 - plants irrigated with water with an electrical conductivity (EC) of 1.2 dS m⁻¹; T2 - plants irrigated with water with an EC of 4.0 dS m⁻¹; T3 - plants irrigated with water with an EC of 4.0 dS m⁻¹, with application of silicon to the soil; T4 - plants irrigated with water with an EC of 4.0 dS m⁻¹, with silicon application via foliar; T5 - plants irrigated with water with an EC of 4.0 dS m⁻¹, with application of silicon 50% via soil and 50% via foliar. A completely randomized design was adopted, with five replications. Silicon solutions were prepared by adding SiO₂ to distilled water. The data were subjected to

analysis of variance, and the means were compared using the Tukey test. Irrigation with saline water damaged the dry masses of the shoot, roots and total, as well as the root/shoot ratio, relative water content, electrolyte leakage and the Dickson quality index in plants. However, silicon, especially when applied foliarly, significantly mitigated salt stress in most of the analyzed traits.

Keywords: *Passiflora edulis*; water salinity; abiotic stress mitigation.

1 INTRODUÇÃO

O maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*) é uma trepadeira da família Passifloraceae, nativa do Brasil. Em 2022, o país teve uma produção de 697.859 toneladas de frutos de maracujá, das quais 486.893 toneladas foram produzidas na região Nordeste (IBGE, 2022). Esta espécie é cultivada em quase todo o Brasil, destacando-se os Estados da Bahia, do Ceará, de Santa Catarina, de Pernambuco e do Rio Grande do Norte, como maiores produtores (IBGE, 2022).

O maracujazeiro está entre as frutíferas de maior expressão econômica no Brasil, apresentando maior destaque nas últimas décadas (Rodolfo Júnior et al., 2008; Dias et al., 2011). Essa expressividade está associada não apenas às condições edafoclimáticas favoráveis para o seu crescimento, desenvolvimento e produção (Mendonça et al., 2006), mas também às características físico-químicas dos frutos e à grande aceitação do suco e da fruta "in natura" no mercado nacional (Faleiro et al., 2008).

Na Região Nordeste do Brasil, o uso de irrigação é necessário durante parte do ano devido à distribuição irregular das precipitações pluviárias. Em muitos cultivos, as águas disponíveis para irrigação frequentemente possuem concentrações salinas que podem comprometer tanto o solo quanto, especialmente, o desenvolvimento das culturas. Esse impacto é mais intenso na fase inicial da grande maioria das fruteiras (Sá et al., 2013; Brito et al., 2014).

No caso do maracujazeiro, a adversidade revela-se ainda mais agressiva devido à cultura ser sensível à salinidade da água ou do solo, possuindo salinidade limiar de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers; Westcot, 1999). Os efeitos mais marcantes da salinidade sobre as plantas se refletem em alterações no potencial osmótico, na toxicidade iônica e no desequilíbrio nutricional, provocando a redução do seu crescimento e conseqüentemente, sérios prejuízos à atividade agrícola (Sousa et al., 2008; Ahmed; Moritani, 2010). Esse estresse, causado pelo manejo inadequado da água salina, pode aumentar os teores de sódio no solo, elevando gradualmente a porcentagem de sódio trocável, a razão de adsorção de sódio e a condutividade elétrica do solo (Holanda Filho et al., 2011).

Diante desta problemática, vêm se estudando intensivamente nas últimas décadas os benefícios do silício (Si) para as plantas, como mitigador do estresse por salinidade (Coskun et al., 2016; Almeida et al., 2017; Diniz et al., 2020a; Diniz et al., 2020b; Diniz et al., 2021; Sá et al., 2021). O silício inibe a absorção de Sódio (Na^+) e Cloro (Cl^-) pelas raízes e aumenta a absorção de nutrientes essenciais (Muhammad et al., 2022). Além disso, fortalece as paredes celulares, melhorando a resistência mecânica das plantas e ajudando na manutenção da turgescência e do balanço hídrico (Farouk et al., 2020; Singh et al., 2023).

As plantas podem ser acumuladoras ou não acumuladoras de Si. As acumuladoras têm níveis de silício acima de 1,5% da biomassa seca, enquanto as não acumuladoras têm menos de 0,5% (Marafon e Endres, 2013). O silício é transportado das raízes para a parte aérea através da corrente do xilema, envolvendo tanto transporte passivo quanto ativo (Mitani e Ma, 2005; Bakhat et al., 2018).

Existe uma falta de informações acerca das diversas maneiras de aplicar o silício em maracujazeiros. Os métodos utilizados podem ser variados, como a incorporação ao solo, a aplicação via foliar ou uma combinação de ambos. Cada um desses métodos pode resultar em

diferentes efeitos na absorção e utilização do silício pelas plantas, o que influencia sua eficácia em aumentar a resistência ao estresse.

Embora o silício não seja considerado um nutriente essencial para plantas superiores, muitos pesquisadores o veem como "quase essencial" devido aos seus benefícios sob estresses abióticos (Epstein e Bloom, 2005; Rodrigues e Datnoff, 2015). No entanto, a essencialidade do silício ainda não foi comprovada, devido à falta de evidências concretas sobre seu papel bioquímico e fisiológico (Bakhat et al., 2018).

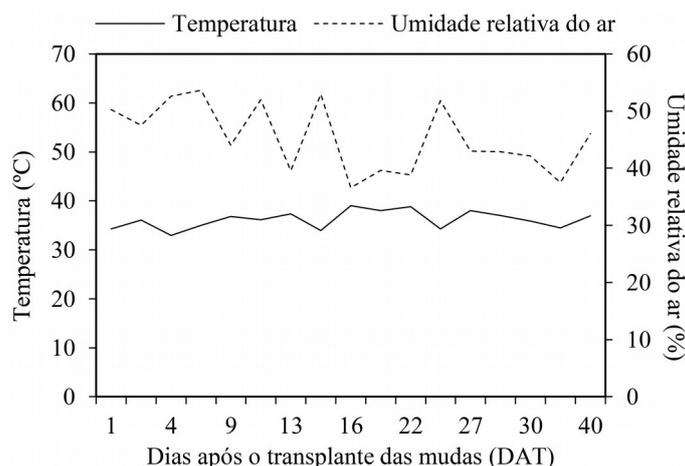
Diante disso, objetivou-se avaliar o acúmulo de fitomassa, o status celular e a qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims), cultivar 'BRS Sol do Cerrado', em resposta a condições de salinidade e métodos de aplicação de silício.

2 METODOLOGIA

2.1 Localização, delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido entre outubro e novembro de 2023, em casa de vegetação, no Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, no município de Catolé do Rocha, PB, Brasil (6° 20' 38" S, 37° 44' 48" O, altitude de 275 m). As temperaturas médias e a umidade relativa do ar no período de execução do experimento estão representadas na Figura 1.

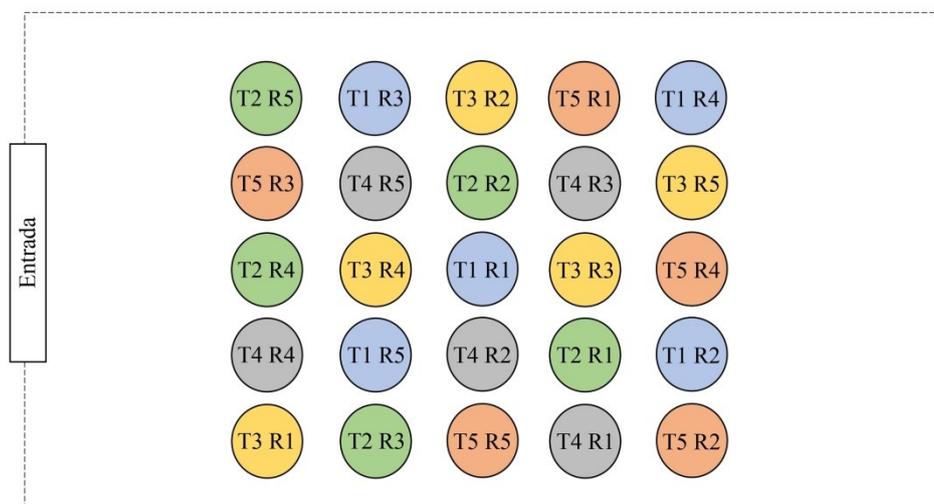
Figura 1 – Médias de temperatura e umidade relativa do ar registradas durante a condução do experimento



Fonte: Elaborada pela autora, 2024. UR - umidade relativa do ar.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo a parcela constituída por uma planta (Figura 2). Os tratamentos foram definidos da seguinte maneira: T1 - plantas regadas com água de condutividade elétrica (CE) de 1,2 dS m⁻¹ (controle); T2 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹, com aplicação de silício no solo; T4 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹, com aplicação de silício via foliar; T5 - plantas regadas com água de CE de 4,0 dS m⁻¹, com aplicação de silício 50% via solo e 50% via foliar.

Figura 2 – Croqui do experimento na casa de vegetação



----- Limites da casa de vegetação

Fonte: Elaborada pela autora, 2024. T - tratamento; R - repetição. T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo e foliar.

As soluções de silício foram preparadas por meio de adição de ácido monocíclico (SiO₂) em água destilada. Para o tratamento T3, foram diluídos 2 g de Si em 4 L de água, aplicando-se 150 mL por planta diretamente no substrato ao redor do colo da planta. Para T4, diluiu-se 0,1 g de Si em 500 mL de água, aplicando-se nas folhas das plantas até ponto de escorrimento. Para T5, foi diluído 1 g de Si em 4 L de água destilada, aplicando-se via solo, e 0,05 g de Si foi diluído em 500 mL de água destilada, aplicando-se via foliar. Foram feitas duas aplicações de silício: a primeira, aos 12 dias após o transplante das mudas (DAT), e a segunda, aos 27 dias após o transplante das mudas (DAT).

2.2 Montagem e condução do experimento

A cultivar de maracujazeiro-amarelo utilizada foi a ‘BRS Sol do Cerrado’, cuja semeadura foi feita em bandejas de polipropileno, utilizando-se uma semente por célula. Decorridos 15 dias após semeadura (DAS), procedeu-se o transplante das mudas para sacos de polietileno com capacidade para 5 dm³ (25 cm x 30 cm), contendo substrato composto por 50% de solo e 50% de esterco bovino. As características de fertilidade e físicas do solo utilizado estão apresentadas na Tabela 1. Antes da montagem do experimento, o esterco bovino também foi caracterizado quimicamente, sendo os seus atributos apresentados na Tabela 2.

Antes da semeadura, a umidade do substrato foi elevada até o nível de capacidade máxima de retenção de água, por meio de saturação capilar seguida de drenagem. No período correspondente à germinação e ao crescimento inicial das plântulas, as irrigações foram feitas diariamente, utilizando-se água de poço amazonas local, cujas características químicas estão na Tabela 3.

As águas de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹ (correspondentes aos tratamentos T2, T3, T4 e T5) foram preparadas pela dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água do poço. A concentração de NaCl (C) foi calculada com base na equação de Rhoades et al. (2000), em que C (mg L⁻¹) = 640 x CEa (dS m⁻¹), sendo CEa o valor inicial da condutividade elétrica da água do poço. Em seguida, água salina foi armazenada em recipiente plástico, realizando-se, periodicamente,

medições de sua condutividade elétrica, para corrigir possíveis alterações. As irrigações com a água salina se iniciaram aos 15 dias DAT e foram realizadas em um turno de rega diário, de forma manual, com recipiente plástico graduado em milímetros.

Os volumes de água para as irrigações foram determinados de acordo com a necessidade hídrica das plantas, via lisimetria de drenagem, pela seguinte equação:

$$VI = (Va - Vd) + FL$$

Em que:

VI (mL) - volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação (mL);

Va (mL) - volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

Vd (mL) - volume de água drenado no evento de irrigação anterior (mL);

FL - fração de lixiviação de 10%, aplicada quinzenalmente.

Tabela 1 – Caracterização da fertilidade e das propriedades físicas do solo utilizado no experimento

Fertilidade		Propriedades físicas	
pH	6,00	Areia (g kg ⁻¹)	831,5
P (mg dm ⁻³)	16,63	Silte (g kg ⁻¹)	100,0
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,08	Argila (g kg ⁻¹)	68,5
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,09	ADA (g (kg ⁻¹))	0,00
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,12	GF (kg dm ⁻³)	1,000
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	DS (g cm ⁻³)	1,53
SB (cmol _c dm ⁻³)	2,34	DP (g cm ⁻³)	2,61
H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,24	PT (m ³ m ⁻³)	0,42
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0	H0.01MPa (g kg ⁻¹)	65
CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,58	H0.03MPa (g kg ⁻¹)	49
V (%)	65,36	H1.50MPa (g kg ⁻¹)	28
MOS (g kg ⁻¹)	13,58	Classe textural	FAA

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) × 100]; ADA = Argila dispersa em água; MOS = Matéria orgânica do solo; GF = Grau de flocculação {GF = [(Argila-ADA)/Argila] x 100}; DS e DP = respectivamente densidade do solo e de partículas; PT = Porosidade total. macro e microporosidade do solo; FAA = Franco argilo arenosa.

Tabela 2 – Caracterização química do esterco bovino utilizado no experimento

Atributos	Valores	Atributos	Valores
pH (H ₂ O)	7,7	B (mg kg ⁻¹)	14,8
CE (dS m ⁻¹)	6,09	Fe (mg kg ⁻¹)	11.1129,9
MO (dag kg ⁻¹)	36,2	Cu (mg kg ⁻¹)	19,3
CO (g kg ⁻¹)	166,9	Mn (mg kg ⁻¹)	491,4
N (g kg ⁻¹)	13,9	Zn (mg kg ⁻¹)	65,3
C/N	12,0	Si (g kg ⁻¹)	12,5
P (g kg ⁻¹)	3,2	Na ⁺ (g kg ⁻¹)	3,5
K ⁺ (g kg ⁻¹)	18,7		
Ca ²⁺ (g kg ⁻¹)	16,2		
Mg ²⁺ (g kg ⁻¹)	6,1		
S (g kg ⁻¹)	2,5		
CTC (mmol dm ⁻³)	133,9		

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 fotocolorimetria, 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 de poço utilizada para irrigação das plantas de maracujazeiro amarelo

CE	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SAR	Classificação
dS m ⁻¹					mmolc L ⁻¹				(mmol L ⁻¹) ^{1/2}	
1,20	6,9	1,21	2,50	1,48	6,45	8,1	2,75	0,18	4,57	C2S1

CE = Condutividade elétrica à 25 °C; C2S1 = Moderado risco de salinização e baixo risco de sodificação do solo segundo Richards (1954). SAR = Razão de adsorção de sódio [SAR= Na⁺/(Ca²⁺+Mg²⁺/2)^{1/2}].

2.3 Variáveis analisadas

2.3.1 Variáveis relacionadas à biomassa das plantas

Aos 40 DAT, as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raízes, e colocadas individualmente, para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem massa constante. As massas secas da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foram registradas, e seu somatório resultou na massa seca total (MST), todas expressas em g. A relação raiz/parte aérea (R/PA) foi calculada pela razão entre as massas secas das raízes e da parte aérea.

2.3.2 Conteúdo relativo de água nas folhas

Para avaliação do conteúdo relativo de água nas folhas (CRA), foram coletadas amostras de 10 discos foliares de 113 mm², que foram pesadas imediatamente após a coleta, determinando-se assim a massa fresca (MF). Em seguida, essas amostras foram imersas em 20 mL de água destilada durante 24 horas. Transcorrido este período, o excesso de água foi retirado com papel toalha e registrou-se a massa túrgida (MT) das amostras. Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65 °C, até atingirem massa constante, obtendo-se assim a massa seca (MS). O CRA foi determinado de acordo com a seguinte equação, proposta por Weatherley (1950):

$$CRA = [(MF - MS)/(MT - MS)] \times 100$$

2.3.3 Vazamento de eletrólitos

Para a análise do vazamento de eletrólitos (VE), foram coletados 5 discos foliares (113 mm²), as quais foram acondicionados em béqueres contendo 20 mL de água destilada. Os béqueres foram mantidos em temperatura ambiente por cinco horas e, após esse tempo, foi medida a condutividade elétrica inicial do meio (Ci). Posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com ventilação forçada de ar a 80 °C, durante 90 minutos. Após esse tempo, foi medida a condutividade elétrica final do meio (Cf). O VE foi determinado pela relação [(Ci/Cf) x 100], conforme Campos e Thi (1997).

2.3.4 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Para determinação deste índice, foi utilizada a seguinte equação, proposta por Dickson et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST}{(AP/DC) + (MSPA/MSR)}$$

Em que:

IQD - Índice de qualidade de Dickson

MST (g) - massa seca total

AP (cm) - altura da planta

DC (cm) - diâmetro do caule da planta

MSPA (g) - massa seca da parte aérea

MSR (g) - massa seca das raízes

2.4 Análises estatísticas

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade na distribuição dos erros. Em seguida, foi realizada análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$). Para as características que apresentaram significância estatística aplicou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação das médias entre os tratamentos. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o software SISVAR, versão 5.8 (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a salinidade da água de irrigação efetivamente prejudicou o crescimento do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*), afetando negativamente o acúmulo de biomassa, as características relacionadas ao status celular e o índice de qualidade das mudas. Essa ação deletéria se deve aos efeitos nocivos do excesso de sais no solo, que comprometem a absorção de água e nutrientes, geram toxicidade e culminam em diversos problemas metabólicos, como a redução da fotossíntese e da divisão celular, prejudicando o crescimento das plantas (Larcher, 2000; Taiz et al., 2017). Em contrapartida, a aplicação de silício se mostrou uma estratégia promissora para mitigar os efeitos negativos da salinidade. Verificou-se que o uso desse elemento promoveu um acréscimo nas médias da maioria das variáveis analisadas, mesmo sob condições de estresse salino.

Na Tabela 4, estão apresentados os resumos das análises de variância das características de fitomassa, status celular e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo, cultivar 'BRS Sol do Cerrado', submetidas a tratamentos de estresse salino e diferentes métodos de aplicação de silício. Verifica-se que todas as variáveis analisadas apresentaram alterações significativas em resposta aos tratamentos, a 1% de probabilidade de erro. Os coeficientes de variação (CV) variaram entre 3,73% e 22,14%, sugerindo diferentes graus de variabilidade entre as medições. De acordo com Pimentel-Gomes (2009), CVs inferiores a 10% indicam alta precisão experimental, enquanto CVs entre 10% e 20% indicam precisão média, e CVs entre 20% e 30% indicam baixa precisão. No entanto, acredita-se que, em experimentos biológicos, valores mais elevados de CV são aceitáveis devido às variações naturais que ocorrem em organismos vivos, refletindo a complexidade e a diversidade intrínseca dos processos biológicos.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), conteúdo relativo de água (CRA), vazamento de eletrólitos (VE) e índice de qualidade de Dickson (IQD), registradas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis*), cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício

FV	GL	Quadrado Médio						
		MSPA	MSR	MST	R/PA	CRA	VE	IQD
Tratamentos	4	5,56**	0,16**	7,46**	0,0012**	54,86**	3362,43**	0,0175**
Resíduo	20	0,87	0,02	1,18	0,0002	8,33	13,30	0,002
CV (%)		17,65	22,14	17,91	10,67	3,73	6,12	18,78

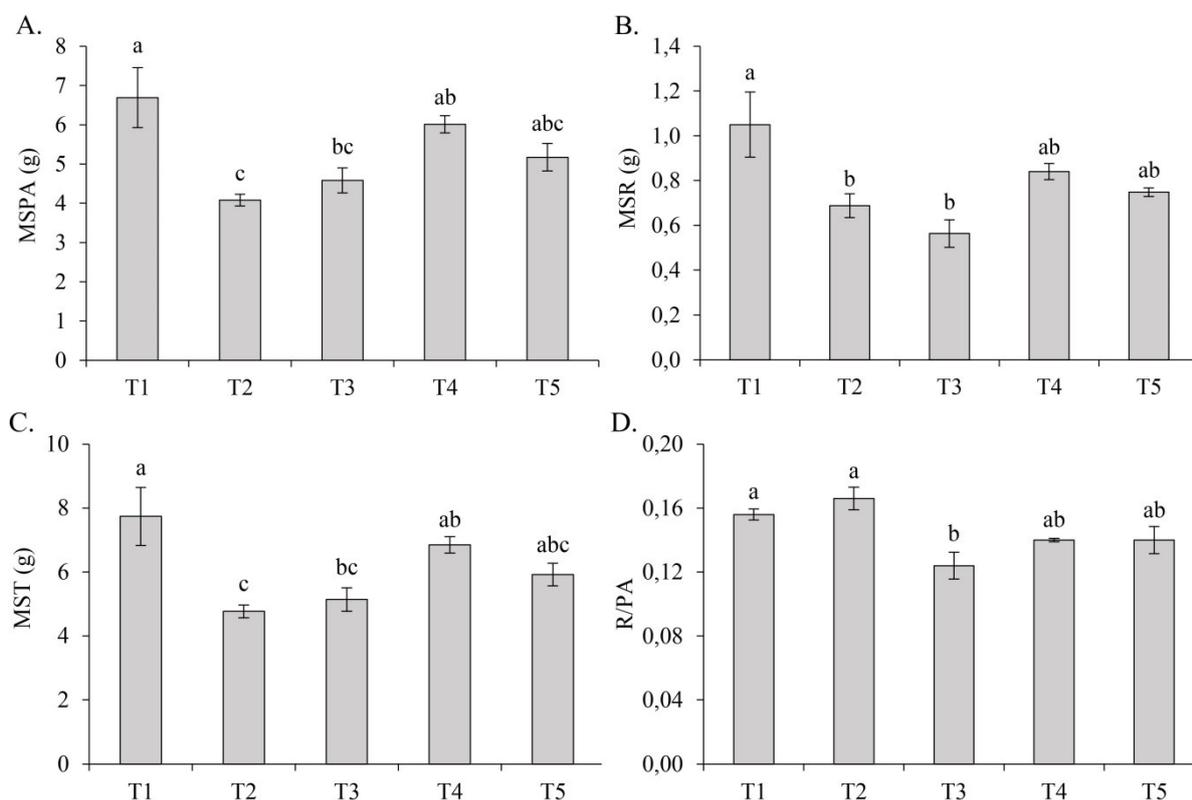
Fonte: Elaborada pela autora, 2024. ** - significativo a $p \leq 0,01$, pelo Teste F; FV - fonte de variação; GL - número de graus de liberdade; CV - coeficiente de variação.

Os resultados das características relacionadas à biomassa das plantas são apresentados na Figura 3. Verificando, na Figura 3A, que as plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (T2) tiveram redução de 39% na massa seca da parte aérea (MSPA), em relação às plantas irrigadas com água de $CE = 1,2 \text{ dS m}^{-1}$ (T2). Essa redução no acúmulo de biomassa pode ser atribuída ao estresse osmótico causado pela salinidade elevada, que provoca distúrbios fisiológicos na planta e diminui sua capacidade de absorver água e nutrientes, resultando em um crescimento reduzido (Pereira et al., 2024).

No entanto, houve indícios de atenuação do estresse salino com a aplicação de silício, observando-se que, quando este nutriente foi aplicado via foliar nas plantas sob estresse salino (T4), houve incremento de 47% na MSPA, em relação a T2 (Figura 3A). Segundo Muhammad et al. (2022), o silício inibe a absorção de Na^+/Cl^- pelas raízes e aumenta a absorção de nutrientes essenciais, um mecanismo fundamental para aliviar o efeito osmótico e todos os efeitos do excesso de sais e melhorar o crescimento das plantas. Embora os valores de MSPA das plantas submetidas aos tratamentos T3 (Si via solo) e T5 (Si via foliar e solo) tenham apresentado tendência de aumento, não diferiram estatisticamente do valor registrado nas plantas sob estresse e sem aplicação de Si (T2), de acordo com o teste de Tukey (Figura 3A).

A massa seca das raízes (MSR) das mudas de maracujazeiro também foi prejudicada pela salinidade (Figura 3B). As plantas submetidas ao tratamento com salinidade sem silício (T2) tiveram uma redução de 34% nesse parâmetro, em comparação ao controle (T1). Quando o silício foi aplicado nas folhas (T4) e nas folhas juntamente com o solo (T5), as médias da MSR apresentaram uma tendência de aumento, pois não diferiram estatisticamente da média de T1. Porém essas médias também se agruparam estatisticamente com a média de T2, conforme o teste de Tukey. Essa ausência de diferenças significativas pode ser atribuída à complexidade da análise das raízes, que pode ter seu crescimento limitado pelo volume reduzido dos recipientes de armazenamento das mudas, entre outros fatores. No trabalho de Sá et al. (2021), observou-se uma tendência semelhante de atenuação do estresse salino em maracujazeiro amarelo com a aplicação de silício. Esses autores relataram que a massa seca das raízes das plantas foi reduzida linearmente com o aumento dos sais na solução do solo até o nível de 60 mmol L^{-1} de NaCl. Contudo, na presença de SiO_2 , a redução da MSR foi menos acentuada, mesmo nas concentrações mais elevadas de sais, indicando que o silício pode mitigar os efeitos negativos da salinidade nas raízes das plantas de maracujá.

Figura 3 – Massas secas da parte aérea (MSPA - A), massa seca da raiz (MSR - B), massa seca total (MST - C) e relação raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024. T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo e foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Ao se avaliar a massa seca total (MST) do maracujazeiro, também foram observados prejuízos em função da salinidade (Figura 3C). Isso acontece porque os efeitos osmóticos e iônicos do excesso de sais causam alterações nas atividades metabólicas das células e no processo de alongamento celular, comprometendo o crescimento das plantas e podendo até levar à morte celular (Diniz et al., 2020a). Nas plantas submetidas ao tratamento de salinidade (T2), a MST foi reduzida em 38% em comparação ao controle (T1). No entanto, com a aplicação de silício via foliar (T4), a MST aumentou em 43% em relação ao tratamento sob estresse salino sem aplicação de silício (T2). Esses resultados refletem o papel do Si como elemento mitigador de estresses em plantas.

O efeito osmótico da salinidade dificulta a absorção de água pelas plantas, pois a maior concentração de sais na solução do solo reduz o potencial hídrico, exigindo que as plantas utilizem mais energia para absorver água (Larcher, 2000; Taiz et al., 2017). Contudo, no estudo de Diniz et al. (2021) com maracujazeiro submetido a estresse salino e aplicação de silício, constatou-se que esse nutriente ajudou a reduzir o potencial osmótico nos tecidos foliares. Essa redução permite que as plantas mantenham um gradiente hídrico mais favorável, facilitando a absorção de água do solo. A melhoria no balanço hídrico é crucial para a manutenção da estrutura celular e a realização de processos fisiológicos e bioquímicos, como fotossíntese e síntese de proteínas, incrementando o crescimento e o acúmulo de biomassa das plantas (Taiz et al., 2017).

Apesar da massa seca da parte aérea, das raízes e total (Figuras 3A, B e C) terem sido reduzidas devido ao estresse salino, essa redução não aconteceu com a relação raiz/parte aérea

(R/PA), conforme ilustrado na Figura 3D. Isso acontece porque, em condições de estresse salino, o crescimento das raízes pode ser proporcionalmente maior do que o da parte aérea, resultando em um aumento da R/PA. Diniz et al. (2020b) também observaram esse fenômeno em maracujazeiro ‘Gigante Amarelo’, García et al. (2024), em feijoeiro, Cavalcanti et al. (2005), em mamoneira e e Welfare et al. (1996), em plantas de arroz. Em condições de estresse, as plantas tendem a redirecionar os fotoassimilados para o sistema radicular, promovendo maior crescimento das raízes em relação à parte aérea, a fim de maximizar a busca por água e nutrientes em ambientes adversos (Cruz et al., 2006).

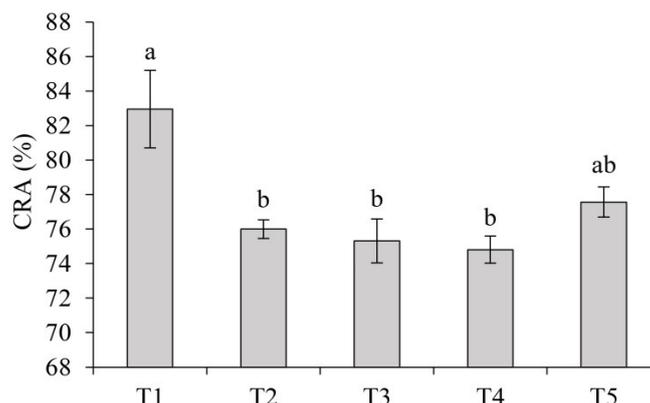
No presente estudo, as plantas submetidas aos tratamentos T1 e T2 apresentaram os maiores valores de R/PA (Figura 3D). No entanto, quando o silício foi aplicado via solo nas plantas sob estresse salino (T3), houve uma redução de 25% nessa variável. Possivelmente, o silício aplicado no solo aumentou a tolerância das raízes ao estresse salino, reduzindo a necessidade de expandir o sistema radicular em relação à parte aérea, permitindo que a planta concentrasse seus recursos na expansão da parte aérea.

Ao avaliar o uso de água com altos teores de sais na irrigação de plantas, é fundamental analisar o status hídrico das células, uma vez que a salinidade pode causar desidratação dos tecidos. Nesse contexto, foi avaliado o conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas do maracujazeiro submetido à salinidade da água de irrigação e a diferentes formas de aplicação de silício (Figura 4). Nas plantas irrigadas com água de $CE = 4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (T2), o CRA teve uma redução de 7% em comparação com o controle (T1), refletindo a dificuldade das plantas em manter a hidratação dos tecidos sob condições de estresse salino.

De acordo com Lima et al. (2023), altas concentrações de sais no solo reduzem significativamente a absorção de água pelas raízes, resultando em uma diminuição do conteúdo relativo de água nas células das plantas. Esses autores avaliaram diferentes cultivares de maracujazeiro amarelo submetidas a níveis de salinidade da água de irrigação variando entre 0,3 e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e observaram uma redução linear no CRA das plantas. Especificamente, eles encontraram uma diminuição de 6,34% no CRA da cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’ para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água, resultados estes consistentes com os achados do presente estudo.

Quando o silício foi aplicado via solo e folhas nas plantas sob estresse salino (T5), houve uma tendência de aumento no conteúdo relativo de água, pois a média desse tratamento não diferiu estatisticamente do controle (T1), conforme demonstrado na Figura 4. No entanto, similarmente ao observado na massa seca das raízes (Figura 3B), a média de T5, assim como as médias dos tratamentos T3 e T4, não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação à média de T2 (Figura 4). Portanto, pode-se inferir que as formas de aplicação de silício avaliadas neste estudo não foram suficientes para aumentar de maneira estatisticamente significativa o CRA das plantas sob condições de estresse salino.

Figura 4 – Conteúdo relativo de água (CRA) nas folhas de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício

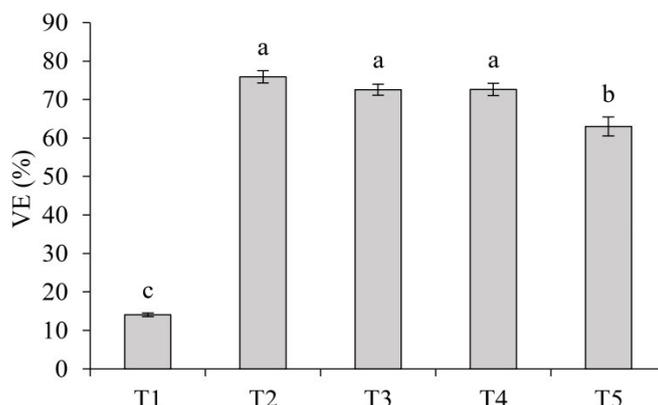


Fonte: Elaborada pela autora, 2024. T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo e foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Ao contrário do conteúdo relativo de água, o vazamento de eletrólitos (VE) aumentou nas plantas submetidas ao estresse salino, em comparação com as plantas regadas com água de menor condutividade elétrica (Figura 5). Foi registrado incremento percentual de 440% entre T1 e T2. Esse aumento ocorre porque, em condições de estresse por excesso de sais, pode ocorrer uma redução na absorção de cálcio, um elemento essencial para a estruturação das paredes celulares e a estabilidade das membranas (Cruz et al., 2006). Além disso, o estresse salino leva ao aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que causam peroxidação dos lipídios da membrana (Lima et al., 2023). Esses dois fatores combinados resultam no enfraquecimento da membrana celular, aumentando o vazamento de eletrólitos intracelulares. Lima et al. (2023) também verificaram aumento do vazamento de eletrólitos em cultivares de maracujazeiro submetidas a irrigação com água salinizada.

Na literatura, diversas evidências destacam o papel crucial do silício na integridade da parede celular vegetal. Esse elemento estabelece ligações com componentes como carboidratos, hemiceluloses, pectina, lignina e compostos fenólicos, o que fortalece as células, conferindo resistência das plantas a estresses abióticos e promovendo o crescimento saudável (Sheng; Chen, 2020; Singh et al., 2023; Mesquita et al., 2024). No presente estudo, também foram observados indícios de fortalecimento da membrana celular das plantas de maracujazeiro devido à aplicação de silício. Isso é evidenciado na Figura 5, onde se observa que, quando as plantas submetidas a estresse salino receberam aplicação de Si via solo + foliar (T5), houve uma redução de 13% no vazamento de eletrólitos em comparação com T2. Essa diminuição no VE reflete o fortalecimento da parede celular, resultando em uma menor perda de eletrólitos das células para o ambiente.

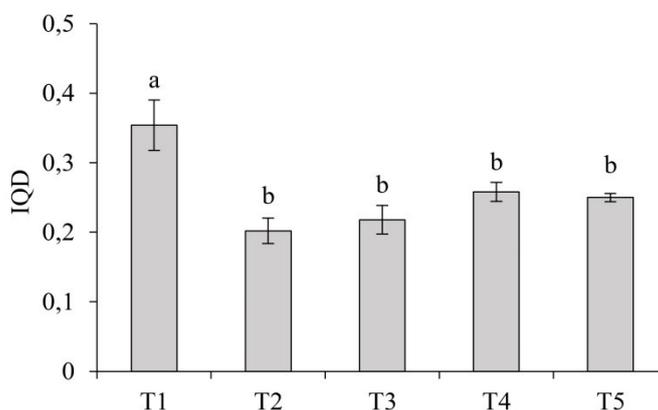
Figura 5 – Vazamento de eletrólitos (VE) nas folhas de plantas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício



Fonte: Elaborada pela autora, 2024. T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo e foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Adicionalmente, também foi avaliado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) nas mudas de maracujazeiro. Este índice, que considera vários parâmetros morfológicos, figura como um forte indicador de qualidade das mudas (Oliveira et al., 2020). O maior valor do IQD (0,35) foi registrado nas plantas controle, irrigadas com água de CE = 1,2 dS m⁻¹, havendo uma redução de 43% quando foram submetidas a irrigação com água salina, sem aplicação de silício (Figura 6). Diferentemente das outras variáveis analisadas, observou-se que as diferentes formas de aplicação de silício não proporcionaram incrementos no IQD das mudas de maracujazeiro submetidas a estresse salino.

Figura 6 – Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’, submetidas a tratamentos de estresse salino e aplicação de silício



Fonte: Elaborada pela autora, 2024. T1 - plantas irrigadas com água de condutividade elétrica (CE) = 1,2 dS m⁻¹; T2 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹; T3 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo; T4 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via foliar; T5 - plantas irrigadas com água de CE = 4,0 dS m⁻¹ + aplicação de Si via solo e foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De maneira geral, verificou-se que a aplicação de silício, especialmente via foliar, demonstrou mitigar parcialmente os efeitos negativos da salinidade. Essa superioridade em relação às demais formas de aplicação se deve possivelmente à maior velocidade de absorção do elemento quando pulverizado diretamente nas folhas, além da ausência de competição e problemas de solubilidade que ocorrem no solo. Farouk et al. (2020) avaliaram características morfofisiológicas e

bioquímicas de plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) submetidas a estresse salino e diferentes métodos de aplicação de silício (via solo, via foliar e via solo + foliar) e verificaram que a pulverização foliar de silício foi mais eficiente que os demais métodos no alívio dos efeitos deletérios da salinidade. Os autores afirmaram que a aplicação foliar foi eficaz para melhorar o status hídrico das células, o ajustamento osmótico, a capacidade antioxidante, entre outros fatores, nas plantas sob estresse salino.

A aplicação de elementos via pulverização foliar pode ser eficiente em diversas situações no cultivo de plantas. No entanto, conforme destacado por Nachtiqäü; Nava (2010), a adubação foliar não deve substituir a adubação via solo, mas sim complementá-la, pois as quantidades de nutrientes necessárias ao longo do ciclo da planta geralmente são superiores às que podem ser absorvidas pelas folhas. Portanto, destaca-se que os resultados obtidos no presente trabalho apontam para a complexidade das interações entre a salinidade, o silício e as respostas morfofisiológicas das plantas de maracujazeiro, mostrando a necessidade de estudos adicionais para elucidar totalmente esses mecanismos.

4 CONCLUSÕES

A água de irrigação com condutividade elétrica = 4,0 dS m⁻¹ afeta negativamente o acúmulo de biomassa, o conteúdo relativo de água, o vazamento de eletrólitos e o índice de qualidade de Dickson nas mudas de maracujazeiro cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’.

O silício, especialmente quando aplicado via foliar, tem efeitos positivos de atenuação do estresse salino em maracujazeiro amarelo, cultivar ‘BRS Sol do Cerrado’.

REFERÊNCIAS

AHMED, B. A. E.; MORITANI, I. S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 1, p. 165-170, 2010.

ALMEIDA, D. M.; OLIVEIRA, M. M.; SAIBO, N. J. Regulation of Na⁺ and K⁺ homeostasis in plants: towards improved salt stress tolerance in crop plants. **Genetics and molecular biology**, v. 40, n. 1, p. 326-345, 2017.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: a review. **Crop Protection**, v. 104, p. 21-34, 2018.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 17-27, 2014.

CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997.

CAVALCANTI, M. L. F.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BARROS JÚNIOR, G.; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. C. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e características de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 57-61, 2005.

COSKUN, D.; BRITTO, D. T.; HUYNH, W. Q.; KRONZUCKER, H. J. The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1072, 2016.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; ALMEIDA, A. Q.; QUEIROZ, J. R. Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 275-284, 2006.

DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, M. Z. B.; 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. 2, p. 229-236, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of 'Gigante Amarelo' passion fruit. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 1, p. 199-207, 2021.

DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOUZA, L. P.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, M. N. V. Physiological indices and growth of 'Gigante Amarelo' passion fruit under salt stress and silicate fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 814-821, 2020a.

DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SOUZA, L. P.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R. Phytomass and quality of yellow passion fruit seedlings under salt stress and silicon fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3400, 2020b.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. Ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 2005. 400 p.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. Pesquisa e desenvolvimento do maracujá. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, R. C. (Eds.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa, 2008. P. 411-416.

FAROUK, S.; ELHINDI, K. M.; ALOTAIBI, M. A. Silicon supplementation mitigates salinity stress on *Ocimum basilicum* L. via improving water balance, ion homeostasis, and antioxidant defense system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 206, p. 111396, 2020.

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.

GARCÍA, M.; GARCÍA, G.; PAROLA, R.; MADDELA, N. R.; PÉREZ-ALMEIDA, I.; GARCÉS-FIALLOS, F. F. Root-shoot ratio and SOD activity are associated with the sensitivity of common bean seedlings to NaCl salinization, **Rhizosphere**, v. 29, p. 100848, 2024.

- HOLANDA FILHO, R. S. F.; SANTOS, D. B.; AZEVEDO, C. A. V.; COELHO, E. F.; LIMA, V. L. A. Água salina nos atributos químicos do solo e no estado nutricional da mandioqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2022. Disponível em : <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas>>. Acesso em: 06 jun. 2024.
- KHAN, W. U. D.; AZIZ, T.; MAQSOOD, M. A.; FAROOQ, M.; ABDULLAH, Y.; RAMZANI, P. M. A.; BILAL, H. M. Silicon nutrition mitigates salinity stress in maize by modulating ion accumulation, photosynthesis, and antioxidants. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1047-1057, 2018.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. **Silicon in agriculture**. Dordrecht: Springer, 2015.
- LIMA, G. S.; SOUZA, W. B. B.; PAIVA, F. J. S.; SOARES, L. A. A.; TORRES, R. A. F.; SILVA, S. T. A.; GHEYI, H. R.; LOPES, K. P. Tolerance of sour passion fruit cultivars to salt stress in a semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 10, p. 785-794, 2023.
- MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Silicon: fertilization and nutrition in higher plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 380-388, 2013.
- MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E.; RAMOS, J. D.; CARVALHO, J. G.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 65-70, 2006.
- MESQUITA, E. F.; MESQUITA, F. O.; SOUSA, C. S.; DINIZ, J. P. C.; QUEIROZ, L. L. G.; SOARES, V. C. S.; TARGINO, F. N.; JALES, D. V. D.; BRITO NETO, J. F.; ROCHA, J. L. A.; SOUTO, A. G. L. Silício e adubação orgânica sobre os atributos físico-químicos de frutos de maracujá-amarelo no semiárido Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 100-116, 2024.
- MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 414, p. 1255-1261, 2005.
- MUHAMMAD, H. M. D.; ABBAS, A.; AHMAD, R. Fascinating role of silicon nanoparticles to mitigate adverse effects of salinity in fruit trees: a mechanistic approach. **Silicon**, v. 14, p. 8319-8326, 2022.
- NACHTIGALL, G. R.; NAVA, G. Adubação foliar: fatos e mitos. **Agropecuária Catarinense**, v. 23, n. 2, p. 87-97, 2010.
- OLIVEIRA, B. R.; ANJOS, G. L.; COSTA, F. M.; CAMILO, G. B. M.; SANTO, A. R. Different substrates and environments in the production of passion fruit seedlings. **Científica**, v. 48, n. 2, p. 154-159, 2020.

PEREIRA, M. B.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. T.; LOPES, M. F. Q.; FERREIRA, J. T. A.; RIBEIRO, J. E. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; PEREIRA, W. E.; LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A. Effect of saline stress, and nitrogen and potassium fertilization on morphophysiology of *Passiflora edulis* Sims. f. flavicarpa Dreg. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 19, n. 2, p. e3696, 2024.

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

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160 p.

RODOLFO JÚNIOR, F.; CAVALCANTE, L. F.; BURITI, E. S. Crescimento e produção do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante e adubação mineral com NPK. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 134-145, 2008.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. (Org.). **Silicon and plant diseases**. Cham: Springer, 2015.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; NETO, P. A.; 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.

SÁ, J. R.; TOLEDO, F. H. S. F.; MARIÑO, Y. A.; SOARES, C. R. F. S.; FERREIRA, E. V. O. Growth and nutrition of *Passiflora edulis* submitted to saline stress after silicon application. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 1, p. e-057, 2021.

SHENG, H.; CHEN, S. Plant silicon-cell wall complexes: identification, model of covalent bond formation and biofunction. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 155, p. 13-19, 2020.

SINGH, P.; KUMAR, V.; SHARMA, A. Interaction of silicon with cell wall components in plants: a review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 15, n. 2, p. 480-497, 2023.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. E.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro amarelo irrigado com água salina. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 172-180, 2008.

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

WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. *In*: The field measurements of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v. 49, n. 1, p.81-97, 1950.

WELFARE, K.; FLOWERS, T. J., TAYLOR, G., YEO, A. R. Additive and antagonistic effects of ozone and salinity on the growth, ion contents and gas exchange of five varieties of rice (*Oryza sativa* L.). **Environmental Pollution**, v. 92, p. 257-266, 1996.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter me dado a oportunidade de estudar, compreender e praticar racionalmente as Ciências Agronômicas e por ter me dado forças para suportar as dificuldades impostas a minha pessoa, durante todo o período em que residi no CCHA – UEPB.

À minha querida família, em especial aos meus pais, José Otávio Maia de Vasconcelos e Terezina Suassuna Araujo, e aos meus amados avós, assim como ao meu irmão Otávio Augusto Suassuna Maia, gostaria de expressar minha imensa gratidão pelo amor, afeto, incentivo, estímulo e compreensão que sempre me proporcionaram ao longo da minha jornada acadêmica. Vocês foram a base sólida, o porto seguro e a fonte de inspiração nos momentos mais desafiadores. Agradeço por confiarem em mim e por me mostrarem a importância da união familiar. A Maria Letícia e ao Enzo, minha maior inspiração. À minha estimada amiga e parceira nessa caminhada, Fernanda Suassuna Fernandes, que me mostrou a verdadeira essência da amizade e do apoio mútuo. Tenho uma gratidão eterna por cada um de vocês. Aos amigos e colegas, agradeço pelo apoio constante e pelo incentivo incansável ao longo desta trajetória.

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão à Dra. Lays Klécia Silva Lins, minha orientadora, e ao Dr. Evandro Franklin de Mesquita, meu coorientador, pelos incentivos, direcionamentos e paciência que me foram oferecidos ao longo desse estudo. As lições, a motivação para buscar a excelência e a disposição para me auxiliar em todas as etapas da pesquisa foram de extrema importância para concretizar esse projeto. Sou grata por terem acreditado no meu potencial e por proporcionarem uma experiência acadêmica tão valiosa.

Quero agradecer aos meus coautores, Dr. Rennan Fernandes Pereira e Esp. Caio da Silva Sousa, pela colaboração inestimável, pelo trabalho em equipe e pelas ideias compartilhadas durante a pesquisa e execução desse projeto. Trabalhar em conjunto foi uma experiência incrivelmente enriquecedora, que me possibilitou evoluir e crescer como pesquisadora.

Gostaria de expressar minha gratidão à Universidade Estadual da Paraíba pela chance de estudar em uma instituição de ensino tão prestigiada. Também desejo agradecer à biblioteca setorial prof. José de Sá Cavalcante pela disponibilidade de um amplo acervo de materiais, como livros e periódicos, que foram fundamentais para a elaboração deste trabalho acadêmico.