



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA**

**POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM  
MARACUJAZEIRO AZEDO SUBMETIDO À *PRIMING* COM  
PACLOBUTRAZOL**

**MIKAELA OLIVEIRA SOUZA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2024**

**MIKAELA OLIVEIRA SOUZA**

**POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM  
MARACUJAZEIRO AZEDO SUBMETIDO À *PRIMING* COM  
PACLOBUTRAZOL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Profa Dra. Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2024

S716p

Souza, Mikaela Oliveira.

Potássio na mitigação de estresse hídrico em maracujazeiro azedo submetido à *priming* com paclobutrazol. / Mikaela Oliveira Souza, 2024.

62f. : il.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Sylvana Naomi Matsumoto.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2024.

Inclui referência F. 53 - 62.

1.Maracujazeiro. 2. Reguladores crescimento. 3.Nutrição mineral. 4. Estresses abióticos. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 634.42

**Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração em Fitotecnia**  
**Campus de Vitória da Conquista, BA.**

### **DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “POTÁSSIO NA MITIGAÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO EM MARACUJAZEIRO AZEDO SUBMETIDO À PRIMING”**

**AUTOR (A): Mikaela Oliveira Souza**

**Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
**SYLVANA NAOMI MATSUMOTO**  
Data: 11/06/2024 16:07:29-0300  
Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

---

**Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc. (UESB)**

---

**Anselmo Floy Silveira Viana, D.Sc. (UESB)**



Documento assinado digitalmente  
**MARCELO SCHRAMM MIELKE**  
Data: 13/06/2024 08:55:26-0300  
Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

---

**Marcelo Schramm Mielke, D.Sc. (UESC)**

Data de realização: 31 de Maio de 2024.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil  
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: [ppgagronomia@uesb.edu.br](mailto:ppgagronomia@uesb.edu.br)

## DEDICATÓRIA

A Deus, pois, sem Ele, eu não teria forças para essa longa jornada;  
aos meus pais, Nilda e Antônio, que se esforçaram muito para me ajudar;  
à minha avó Anésia, *in memoriam*; minha irmã Tamiris  
e a todas as pessoas que fizeram parte deste momento.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado em todos os meus planos e me protegido nos momentos difíceis, sempre com força e fé. Devo a Ele a oportunidade que tive de chegar onde cheguei.

Aos meus pais, Nilda e Antônio, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando-me com palavras reconfortantes.

À minha querida irmã Tamiris, pelo carinho, incentivo e companheirismo.

À minha avó Anésia que, mesmo não estando presente, contribuiu para esta jornada.

Ao meu cunhado Marcos, pelo carinho, disponibilidade e colaboração durante toda a execução do experimento.

À Professora Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, pela orientação, paciência, ensinamentos e confiança.

À Virgiane, pela ajuda, compreensão, paciência, gentileza, sempre recebendo a todos com palavras doces e gentis.

Aos colegas do laboratório de Fisiologia Vegetal, pelo auxílio na condução do experimento e análises laboratoriais.

À Suzany, Jaqueline, Beatriz, Raul, Daniela e Matheus, pela amizade e companheirismo de sempre.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela disponibilização da estrutura para a realização e condução dos experimentos.

Aos funcionários da Diretoria do Campo Agropecuário (DICAP), pelo auxílio durante a instalação e desenvolvimento do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudo.

*'Nunca te deixarei, nem te abandonarei'*  
*Hebreus13:*

## RESUMO

Souza, M.O. **Potássio na mitigação de estresse hídrico em maracujazeiro azedo submetido à *priming* com paclobutrazol**. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2024. 61 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)\*.

Em condições climáticas desfavoráveis, como em região semiárida, o estresse hídrico limita a produtividade do maracujazeiro azedo. Estratégias como o *priming*, aliados à adição de nutrientes, como o potássio, promove alterações no crescimento e desenvolvimento vegetal. Este estudo teve como objetivo avaliar se o *priming* com PBZ (paclobutrazol) em mudas de maracujazeiro azedo, aliado ao suprimento de potássio, pode otimizar a expressão de mecanismos de escape e tolerância à dessecação protoplasmática em condição de restrição hídrica. O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista - BA. As plantas foram condicionadas ao *priming* com uma concentração de PBZ de 80 mg L<sup>-1</sup>. Os tratamentos consistiram em dois níveis de regime de irrigação, equivalentes a 30 e 90% da capacidade do vaso (CPV) e cinco concentrações de cloreto de potássio 0, 75, 150; 225 e 300 mg de K dm<sup>-3</sup> de solo. Foram avaliadas as características quanto ao diâmetro basal, área foliar, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, volume da raiz, índice SPAD, trocas gasosas foliares, potencial hídrico foliar, condutividade hidráulica e teor relativo de água. Quanto às características bioquímicas, foram avaliados os teores de amido, açúcares redutores e solúveis, prolina, peroxidase guaiacol e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Foram encontradas diferenças significativas em função das concentrações de potássio e regimes hídricos para as seguintes variáveis: condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência de carboxilação, potencial hídrico foliar, teor relativo de água foliar, condutividade hidráulica, TBARS, teores de açúcares solúveis, açúcares redutores e amido. O estresse hídrico promoveu maior eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso de água e índice SPAD. Contudo, os valores das massas seca e fresca da parte aérea e raiz, volume da área foliar, volume da raiz e relação parte aérea/raiz e diâmetro basal foram afetados pelo estresse hídrico.

**Palavras-chave:** Reguladores crescimento; nutrição mineral; estresses abióticos.

---

\* **Orientadora:** Profa Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB

## ABSTRACT

Souza, M.O. **Potassium in mitigating water stress in sour passion fruit subjected to priming with paclobutrazol.** Vitória da Conquista – BA, UESB, 2024. 61 p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science)\*.

In unfavorable climatic conditions, such as in semi-arid regions, water stress limits the productivity of sour passion fruit. Strategies such as priming combined with the addition of nutrients such as potassium promote changes in plant growth and development. This study aimed to evaluate whether priming with PBZ (paclobutrazol) in sour passion fruit seedlings combined with potassium supply can optimize the expression of escape mechanisms and tolerance to protoplasmic desiccation under conditions of water restriction. The study was conducted at the State University of Southwest Bahia, Campus of Vitória da Conquista- BA. Plants were primed with a PBZ concentration of 80 mg L<sup>-1</sup>. The treatments consisted of two levels of irrigation regime equivalent to 30 and 90% of the pot capacity (PC) and five concentrations of potassium chloride 0, 75, 150; 225 and 300 mg of K dm<sup>-3</sup> of soil. Characteristics were evaluated regarding basal diameter, leaf area, fresh and dry mass of shoots and roots, root volume, SPAD index, leaf gas exchange, leaf water potential, hydraulic conductivity and relative water content. Regarding biochemical characteristics, the contents of starch, reducing and soluble sugars, proline, guaiacol peroxidase and substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS) were evaluated. Significant differences were found depending on potassium concentrations and water regimes for the following variables: stomatal conductance, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation rate, carboxylation efficiency, leaf water potential, relative leaf water content, hydraulic conductivity, TBARS, soluble sugar content sugars, reducers and starch. Water stress promoted greater water use efficiency, intrinsic water use efficiency, SPAD index. However, the values of dry and fresh mass of the shoot and root, leaf area volume, root volume and shoot/root ratio and basal diameter were affected by water stress.

**Keywords:** Growth regulators; mineral nutrition; abiotic stresses.

---

\* Advisor: Profa Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Trocas gasosas foliares de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) na terceira folha totalmente expandida a partir do ápice, cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) condutância estomática ( $g_s$ ), (C, D) taxa de transpiração ( $E$ ), (E, F) assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ), (G, H) eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) ..... 33
- Figura 2. Trocas gasosas foliares de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) na terceira folha totalmente expandida a partir do ápice, cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) Eficiência do uso da água ( $A/E$ ), (C, D) eficiência intrínseca do uso de água ( $A/g_s$ ) ..... 34
- Figura 3. Relações hídricas em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) potencial hídrico antes do amanhecer ( $\Psi_{w_{pd}}$ ), (C, D) teor relativo de água antes do amanhecer ( $TRA_{pd}$ ), (E, F) condutividade hidráulica foliar ( $K_L$ ) ..... 36
- Figura 4. Análises bioquímicas em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) açúcares solúveis (AS), (C, D) açúcares redutores (AR), (E, F) teor de amido ..... 38
- Figura 5. Teor de prolina em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso)..... 39
- Figura 6. Teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso) ..... 39
- Figura 7. Atividade da peroxidase guaiacol em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso) ..... 40
- Figura 8. Diâmetro basal e índice SPAD em mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) e diâmetro basal, (C, D) ..... 41
- Figura 9. Folhas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido ao regime hídrico de 30% CPV (A) e regime hídrico de 90% CPV (B) na concentração 300 mg dm<sup>-3</sup> K ..... 43

Figura 10. Características morfológicas de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) massa fresca da parte aérea (MFPA), (C, D) massa seca da parte aérea (MSPA) .....	44
Figura 11. Características morfológicas de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) massa fresca da raiz (MFR), (C, D) massa seca da raiz (MSR), (E, F) Razão parte aérea/raiz (RPAR) .....	45
Figura 12. Volume da raiz de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso) .....	46
Figura 13. Raízes de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a regime hídrico de 90% de capacidade de vaso. (A) 0 mg dm <sup>-3</sup> , (B) 300 mg dm <sup>-3</sup> .....	46
Figura 14. Raízes de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a regime hídrico de 30% de capacidade de vaso. (A) 0 mg dm <sup>-3</sup> e (B) 300 mg dm <sup>-3</sup> de potássio .....	47
Figura 15. Características morfológicas em maracujá azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) área foliar total (AFT) .....	49
Figura 16. Características morfológicas em maracujá azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) área foliar específica (AFE) .....	49
Figura 17. Características morfológicas em maracujá azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm <sup>-3</sup> ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) Número de folhas (NF) .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo utilizado para cultivo do maracujazeiro azedo UESB, Vitória da Conquista-BA, 2023. ....	27
Tabela 2. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) para condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de assimilação líquida de $CO_2$ ( $A$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), eficiência do uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), eficiência intrínseca do uso de água ( $A/g_s$ ) de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) após aplicação de PBZ e Potássio. ....	31
Tabela 3. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do potencial hídrico pré-draw ( $\Psi_{w_{pd}}$ ), do potencial hídrico às 11 horas ( $\Psi_{w_{md}}$ ), teor relativo de água pré-draw ( $TRA_{pd}$ ), teor relativo de água as 11 horas ( $TRA_{md}$ ) e condutância hidráulica foliar ( $K_L$ ) de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) após aplicação de PBZ e Potássio. ....	35
Tabela 4. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV), açúcares solúveis (AS), açúcares redutores (AR), AMIDO, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), peroxidase guaiacol (GPX), de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) após aplicação de PBZ e Potássio. ....	37
Tabela 5. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV), diâmetro basal (DB), índice SPAD (SPAD) de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.), avaliados aos 0, 60 e 120 dias após aplicação dos tratamentos. ....	40
Tabela 6. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV), massa fresca e seca total (MFT, MST), massa fresca e seca parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca e seca da raiz (MFR, MSR), relação parte aérea/raiz (RPAR), volume da raiz (VR), área foliar total (AFT) e área foliar específica (AFE) de maracujazeiro azedo ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.) após aplicação de PBZ e Potássio. ....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
A/Ci	Eficiência de carboxilação ( $\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ )
A/E	Eficiência do uso da água ( $\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ )
A/gs	Eficiência intrínseca do uso da água ( $\mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ )
AFE	Área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )
AFI	Área foliar individual ( $\text{cm}^2$ )
AR	Açúcares redutores ( $\text{g}^{-1} \text{ MS}$ )
AS	Açúcares solúveis ( $\text{g}^{-1} \text{ MS}$ )
CV	Coefficiente de variação
CPV	Capacidade de vaso
DB	Diâmetro basal (mm)
DNS	Ácido dinitrosalicílico
E	Taxa de transpiração ( $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
FV	Fonte de variação
GL	Grau de liberdade
GPX	Peroxidase do guaiacol ( $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ kg}^{-1} \text{ MS}$ )
gs	Condutância estomática ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
K	Potássio
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato de potássio
Lp	Condutividade hidráulica ( $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ )
MFPA	Massa fresca da parte aérea (g)
MFR	Massa fresca de raiz (g)
MSPA	Massa seca da parte aérea (g)
MSR	Massa seca de raiz (g)
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato de sódio
PR	Prolina ( $\text{mmol g}^{-1} \text{ MS}$ )
RI	Regimes hídricos
RPAR	Razão parte aérea raiz
SPAD	<i>Soil Plant Analysis Development</i>
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico ( $\text{mmol g}^{-1} \text{ MS}$ )

TRA	Teor relativo de água na folha (%)
VR	Volume de raiz (cm <sup>3</sup> )
Ψ <sub>w</sub>	Potencial hídrico foliar (MPa)

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1. Aspectos gerais sobre o Maracujá .....	18
2.2. Importância socioeconômica do Maracujá .....	18
2.3. Qualidade da muda .....	19
2.4. Estresse hídrico .....	19
2.5. Mecanismos de tolerância à seca em plantas .....	21
2.6. Inibidores da biossíntese de giberelinas .....	22
2.7. Paclobutrazol .....	23
2.8. Nutrição mineral e sua relação com estresse hídrico .....	24
2.9. Potássio .....	25
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.1. Caracterização da área e delineamento experimental .....	26
3.2. Instalação e condições de crescimento .....	27
3.3. Avaliações morfológicas .....	28
3.4. Análises fisiológicas .....	28
3.5. Relações hídricas .....	29
3.6. Análises bioquímicas .....	29
3.6.1. Quantificação de amido, açúcares redutores e solúveis .....	30
3.6.2. Prolina .....	30
3.6.3. Determinação da atividade da enzima antioxidante .....	30
3.6.4. Quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) .....	31
3.7. Análise estatística .....	31
4. RESULTADOS .....	31
4.1. Trocas gasosas foliares .....	34
4.2. Relações hídricas .....	36
4.3. Análises bioquímicas .....	40
4.4. Atributos biométricos .....	48
5. DISCUSSÃO .....	48

5.1 Isohidricidade .....	48
5.2. Transporte de água via xilema .....	50
5.3. Metabolismo de carboidratos e prolina e morfologia .....	52
6. CONCLUSÕES .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* é o mais representativo da família Passifloraceae, composto por 500 espécies, sendo o Brasil um dos principais centros de diversidade, com cerca de 150 espécies nativas (Oliveira et al., 2019). A principal espécie cultivada é a *Passiflora edulis*, conhecida como maracujazeiro azedo. Seu consumo é destinado a diversos usos, tanto industrial para produção de sucos, geleias e sorvetes, como para consumo *in natura* (Kawakami et al., 2021). Além disso, seus compostos isolados constituem uma ampla gama de efeitos na saúde e atividades biológicas, nas atividades antioxidantes, analgésicas, anti-hipertensivas, antitumorais e antidiabéticas (He et al., 2020).

O Brasil é considerado o maior produtor e consumidor de maracujá, obtendo, no ano de 2022, uma produção de 697.859 toneladas e um rendimento médio de 15.303 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2022). A região Nordeste tem produção de 486.893 toneladas de maracujá, sendo o estado da Bahia o principal produtor, contribuindo com 227.867 toneladas (IBGE, 2022).

O adequado suprimento hídrico para a cultura do maracujá azedo é um fator determinante para o vigor e produção das plantas em campo (Carr, 2013; Qi et al., 2023). A região Nordeste do Brasil apresenta condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento desta cultura, entretanto, no semiárido, a restrição hídrica limita a expressão do pleno potencial dos maracujazeiros (Mesquita et al., 2024).

Segundo Lozano-Montaña et al. (2021), o estresse hídrico, no cenário do cultivo de maracujazeiro, pode alterar a morfologia da planta, reduzindo a expansão dos órgãos da parte aérea da planta e maximizando o crescimento radicular. O estresse hídrico em maracujazeiro tem reduzido o diâmetro e o número dos vasos do xilema, diminuindo o fluxo de água e, como consequência, restringindo a ocorrência da cavitação (Toro-Tobón et al., 2024).

Quando a restrição hídrica ocorre no início do desenvolvimento de plantas de maracujazeiro azedo, ocorrem alterações do metabolismo de carboidratos, caracterizado pela degradação de amido e elevação de açúcares redutores, os teores de espécies reativas de oxigênio (ROS) são aumentados, resultando em peroxidação lipídica (do Bonfim et al., 2024). Em resposta a essa situação de estresse, o maracujazeiro azedo expressa alguns mecanismos de tolerância, caracterizados pela elevação de proteínas e aminoácidos protetores do estresse, como a prolina, e pelo aumento de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), a peroxidase e a catalase (Zhao et al., 2024).

O *priming* ou indução é uma técnica bastante utilizada em sementes de maracujá, mas pode ser aplicada como condicionamento de mudas, como verificado para o eucalipto e morango (Smith e Thorpe, 1975; Christou et al., 2011) ou para órgão subterrâneos, como o açafrão (Heidari et al., 2022). Essa estratégia tem como objetivo aumentar a velocidade de superação ao estresse abiótico, na fase transplantio em campo, resultando em elevação do *stand*, maior vigor no crescimento inicial, garantindo, assim, o sucesso do estabelecimento das mudas (Grossnickle e MacDonald, 2018).

Modificações morfo-anatômicas são importantes mecanismos de resistência à restrição hídrica do maracujazeiro azedo e podem ser induzidas por inibidores de biossíntese de giberelinas, como o paclobutrazol (PBZ) (Teixeira et al., 2023). O aumento do número e redução do diâmetro de vasos do xilema foi verificado em mudas de maracujazeiro azedo submetidas ao PBZ (Teixeira et al., 2019). Entretanto, o elevado grau de restrição de acúmulo de massa, no desenvolvimento inicial das plantas, pode resultar em menor vigor do desenvolvimento reprodutivo.

O potássio tem sido considerado um importante modulador da restrição hídrica, pois interfere no mecanismo de escape da planta, relacionado à redução do fluxo de água por meio da formação de menor número e diâmetro dos vasos do xilema. De acordo com Nardini et al. (2011), o adequado suprimento de potássio otimiza o isolamento dos vasos embolizados, por meio do movimento da água entre os vasos do xilema, devido à contração da matriz péctica do toro. Este é um processo importante, pois mantém a velocidade do fluxo vestical da água, mesmo com a ocorrência da cavitação dos vasos do xilema.

A manutenção do fluxo de água promove o processo de transpiração e abertura estomática e, conseqüentemente, a taxa fotossintética (Nardini et al., 2011). A absorção de K está relacionada ao crescimento, uma vez que aumenta o carregamento de sacarose no floema direcionada para a raiz, transportando fotoassimilados e elevando a matéria seca das raízes (Lizarazo et al., 2013).

O potássio age como ativador de muitas enzimas importantes para a biossíntese de proteínas, açúcares, metabolismo do nitrogênio e carbono. Para plantas sob estresses abióticos, o potássio matém as taxas de fotossíntese, por meio de sua ação na ativação da ATPase de membrana, promovendo a regulação da abertura estomática (Abdul-Sahib et al., 2020), equilibrando as trocas gasoss da fase bioquímica. Para o maracujazeiro azedo em condição de estresse salino, a manutenção de suprimento adequado de potássio

contribui para a elevação dos teores de clorofila b, potencializando a absorção de luz da fase fotoquímica da fotossíntese (Lima et al., 2022).

A adição de nutrientes, juntamente com reguladores vegetais, otimiza o metabolismo do tecido vegetal. Em estudos realizado com tamareiras, aplicações PBZ e potássio resultaram no aumento do teor de clorofila, carboidratos e prolina (Abdul-Sahib et al., 2020).

Este estudo teve como objetivo avaliar se o suprimento de potássio em maracujazeiro azedo pode otimizar a expressão de mecanismos de escape e tolerância à dessecação protoplasmática em condição de restrição hídrica sem o comprometimento do crescimento das plantas.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Aspectos gerais sobre o maracujá azedo**

O maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims) é cultivado em regiões tropicais e subtropicais (Zhang et al., 2023), espécie pertencente ao maior gênero da família Passifloraceae (Lia et al., 2011). Estima-se que a família Passifloraceae engloba cerca de 16 gêneros e aproximadamente 630 espécies (Borges et al., 2020). No Brasil, a família apresenta vasta distribuição geográfica e uma morfologia muito variada, com quatro gêneros, sendo um dos principais centros de diversidade genética (Borges et al., 2020).

Em relação à temperatura, o maracujazeiro requer a faixa de 21 a 32°C para seu desenvolvimento (Oliveira; Messias; Santana, 2017). Regiões tropicais de menor latitude, com fotoperíodo acima de 11 horas diárias, associadas à alta temperatura e elevada luminosidade, permitem florescimento e produção contínuos do maracujazeiro durante todos os meses do ano, desde que haja suprimento adequado de água e nutrientes para as plantas. Em regiões de maior latitude, normalmente há uma pequena entressafra porque, nos meses do ano com menos de 11 horas diárias de luz e temperaturas menores de 15 °C, não há o estímulo ao florescimento (Faleiros et al., 2017).

Em regiões quentes, desde que não haja restrição hídrica, o plantio pode ser feito durante todo o ano, com pluviosidade suficiente e bem distribuída ou sistema de irrigação (Faleiros et al., 2017). As condições climáticas, como a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar sobre a cultura, podem limitar a produtividade, uma vez que não é possível interferir nesses fatores (Giovanelli, 2017).

## **2.2. Importância socioeconômica do maracujá azedo**

A fruticultura é um dos principais segmentos do agronegócio brasileiro, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial de frutas (Bornal et al., 2021). Dentre as frutíferas, o maracujá (*Passiflora edulis* Sims) é cultivado principalmente em regiões tropicais (Zhang et al., 2023). China, Índia e Brasil são os principais países produtores, que, juntos, detêm 45,9% da produção mundial, destinada aos seus mercados interno e externo (Deral, 2024).

O cultivo tem se expandido principalmente pelo seu sabor distinto e ciclo curto de crescimento (Song et al., 2022). O maracujá é destinado para o consumo *in natura*, processamento industrial e ornamental, além de apresentar fitoconstituintes em diferentes partes da planta que podem ser utilizados para produtos fitoterápicos (Faleiro et al., 2019). A passifloricultura tem grande importância social e econômica, além disso, tem-se avaliado sua capacidade de expansão, devido à demanda da população por alimentos saudáveis, fontes de vitaminas e minerais (Bornal et al., 2021).

## **2.3. Qualidade da muda**

A qualidade da muda é um fator essencial para o cultivo, pois, promove o vigor das plantas após o transplante, principalmente em condições de estresses abióticos. Essas mudas, quando preparadas adequadamente, podem aumentar a velocidade com que superam o estresse abiótico na fase de transplante, iniciando um bom crescimento, e garantindo, assim, o sucesso do estabelecimento das mudas (Grossnickle e MacDonald, 2018). O alto padrão de qualidade da muda é um ponto-chave para a produtividade agrícola (Verdin Filho et al., 2021). A aquisição de mudas com boa procedência e qualidade é um ponto determinante para a formação de lavouras de alto padrão e sustentáveis, pelo favorecimento do estabelecimento e desenvolvimento inicial das plantas (Fonseca et al., 2019).

Estratégias para elevar a qualidade de mudas são desenvolvidas, estabelecendo manejos para produção de mudas enxertadas em menor tempo (Lo et al., 2023), estabelecimento de melhor combinação entre porta-enxerto/enxerto (Lopez et al., 2024), utilização de reguladores de crescimento, como o paclobutrazol (Teixeira et al., 2019), produção de “mudão” (Stenzel et al., 2019), manutenção de regime de luz por meio de LED específicos (Liang et al., 2021) e inoculação com microorganismos promotores de crescimento (Jesus et al., 2024).

Uma forma de avaliação da qualidade de mudas é a determinação do índice de Dickson. Para o maracujazeiro azedo, foi estabelecido que valores superiores a 0,2 indicam mudas de boa qualidade e bom estabelecimento em campo (Diniz et al., 2020). A relação entre massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (PAR) (Silva Siqueira et al., 2020) também é utilizada para predição de qualidade de mudas.

Todas as alternativas descritas foram desenvolvidas para possibilitar o incremento na qualidade de mudas, a fim de viabilizar maior tolerância às condições de campo e, assim, estimular a produção de compostos que conferem otimização do mecanismo de defesa diante de possíveis adversidades ambientais (Teixeira, 2019).

#### **2.4. Restrição da disponibilidade hídrica**

Fatores abióticos podem limitar a produtividade agrícola, determinando situações como seca, calor, frio, deficiências de nutrientes e excesso de sal ou metais tóxicos no solo (Zhang et al., 2022). Para resistir a esses cenários adversos, as plantas desenvolveram vias regulatórias interligadas, determinando respostas e adaptações aos seus ambientes em tempo hábil (Zhang et al., 2022).

As plantas podem modificar o status hídrico, controlando rigidamente seus estômatos em resposta à seca, definido como isoidricidade, que podem ser classificadas em isohídrica ou anisoídrica, descritos como mecanismo de escape (Lanning; Wang; Novick, 2020). As plantas isoídricas são definidas pela economia de água, manutenção do potencial hídrico, redução da condutância estomática e a transpiração; já as anisoídricas mantêm a condutância estomática e a transpiração, ajustam-se osmoticamente para manter o turgor celular, aumentando os níveis de potássio celular e sintetizando osmólitos, como açúcares e aminoácidos (Onyemaobi et al., 2021). O maracujá azedo, sob condições de estresse hídrico, modula sua capacidade isoídrica, principalmente ligada ao potencial hídrico (Teixeira et al., 2023).

As plantas sob condições de estresse hídrico passam por mudanças bioquímicas, fisiológicas e morfológicas (Singh; Rajkumar; Kumar, 2021). Os mecanismos morfológicos compreendem reduções na altura da planta sob estresse hídrico, esta condição é atribuída à supressão da expansão celular e do crescimento celular ou devido à baixa pressão de turgescência (Singh; Rajkumar; Kumar, 2021). As mudanças fisiológicas estão diretamente ligadas à fotossíntese, processo responsável pelo acúmulo de matéria seca; em condições de estresse, a planta reduz a condutância estomática e,

consequentemente, a fotossíntese líquida (Xingyang et al., 2020). Os mecanismos bioquímicos incluem o acúmulo de osmóticos compatíveis, dentre os quais: a prolina, a glicina betaína e muito outros solutos orgânicos compatíveis (Singh; Rajkumar; Kumar, 2021). A seca tem um grande impacto no processo fotossintético ao alterar atividades proteicas, estimulando o fechamento estomático, principalmente para reduzir a perda de água, limitação estomática, eficiência do uso da água, condutância estomática e transpiração (Fang et al., 2023).

Observações recentes têm verificado que plantas de maracujá roxo (*Passiflora edulis* Sims), quando submetidas ao estresse hídrico, mantêm seu balanço hídrico (expresso em potencial hídrico foliar e teor relativo de água) ao custo de diminuir seu crescimento (área foliar, altura), ao mesmo tempo em que investe recursos no alongamento radicular, assim como no aumento do teor de prolina, açúcares totais e teor de clorofila (Lozano-Montaña et al., 2021).

O estresse hídrico desencadeia a transdução de sinais específicos de estresse, atuando como mensageiros, como  $\text{Ca}^{2+}$ , ROS (Espécies reativas de oxigênio), óxido nítrico e fosfolipídios (Zhang et al., 2022). As ERO, a exemplo do peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), superóxido ( $\text{O}_2^-$ ), oxigênio singlete ( $^1\text{O}_2$ ), o radical hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ), são prejudiciais às biomoléculas, quando seus níveis excedem a capacidade celular de desintoxicação, no entanto, também desempenham papéis importantes na sinalização de estresse (Zhang et al., 2022; Mittler et al., 2022).

Nessa condição, a planta desencadeia mecanismos de aclimação que reduzem o estresse, envolvendo mudanças nos processos metabólicos, expressão de genes específicos, ativação de sistemas antioxidantes, bem como produção de macromoléculas e processos de estabilização estrutural (Nalina et al., 2021). Como resultado, as plantas possuem um sistema de defesa complexo muito eficiente para eliminar ROS, como a produção de enzimas, superóxido dismutase (SOD); catalase (CAT); peroxidase (POX); ascorbato peroxidase (APX); e glutatona redutase (GR), que funciona em conjunto durante a resposta das plantas à seca e auxilia no processo de desintoxicação de ROS (Nalina et al., 2021).

Sendo assim, o estresse hídrico promove fechamento dos estômatos, assim como redução no tamanho das folhas e acúmulo de osmóticos, todos ligados aos mecanismos de escape da planta. Os mecanismos de tolerância estão diretamente ligados à ativação do sistema antioxidante das plantas, como a produção da catalase. Portanto, é necessário compreender o mecanismo de tolerância à seca para manter a produtividade em ambientes

áridos, como aplicações de cloreto de potássio, que são de baixo custo e promove alteração no crescimento e desenvolvimento.

Com a origem das plantas terrestres, as dificuldades para sua propagação foram surgindo, assim como foram desenvolvendo estruturas e mecanismos de resistência para suportar a deficiência hídrica. As plantas geralmente apresentam três tipos de mecanismos de resposta ao estresse hídrico, a saber: evitar a seca, fuga e a tolerância à seca, sendo a tolerância a principal estratégia das plantas contra o estresse por déficit hídrico (Ilyas et al., 2021).

A tolerância à seca é a capacidade da planta de resistir à desidratação por meio de diversas respostas fisiológicas, como o ajuste osmótico por meio de osmoprotetores (Prolina e açúcares solúveis), aumento do potencial hídrico, redução da condutância estomática, condutividade hidráulica, sustentação da atividade fotossintética e a capacidade antioxidante. Evitar a seca é a continuidade dos processos fisiológicos, como reduzir condutância estomática, transpiração, aumento do sistema radicular e eficiência no uso da água, folhas de tamanho pequeno e camada cerosa nas superfícies das folhas (Hassan et al., 2023). A fuga à seca é a capacidade de ajustar o seu ciclo de vida (ciclo de vida curto para evitar o stress da seca) (Ilyas et al., 2021; Bowles, Papas, Bechtold, 2021).

## **2.5. Inibidores da biossíntese de giberelinas**

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas naturais ou sintéticas que podem ser aplicadas diretamente nos vegetais para alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (Espindula et al., 2010). Dentre eles, a giberelina é um dos importantes reguladores de crescimento vegetal que desempenha um papel significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas (Espindula et al., 2010).

Inibidores da biossíntese de giberelinas alteram o crescimento e o desenvolvimento em todo o ciclo de vida das plantas, atuam no alongamento e divisão celular e também estão envolvidos no desenvolvimento das fases de transição (Emamverdiam et al., 2020), age na germinação de sementes, alongamento de brotos, expansão de folhas, floração e desenvolvimento de frutos (Shohat et al., 2021). Demonstrou-se que as aplicações exógenas de giberelinas influenciam ativamente várias atividades fisiológicas, melhorando o acúmulo de biomassa, a expansão foliar e a eficiência do uso da água (Miceli et al., 2019).

Inibidores da síntese de giberelinas estão divididos em três classes, e cada classe específica interrompe uma das três etapas da síntese de giberelina. A primeira classe de compostos, o amônio quartenário (cloreto de cloromequat, cloreto de mepiquat e AMO-1618) e fosfônio (cloreto de clorfênio), bloqueia a síntese de *ent*-caureno a partir do geranilgeranil difosfato. A segunda classe consiste nos compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, como ancimidol (uma pirimidina), tetciclasas (um norbornanodiazetina) e compostos tipo triazol (paclobutrazol e uniconazol). Estes compostos inibem a oxidação de *ent*-caureno para o ácido *ent*-caurenoico pelas P450 monooxigenases, durante a etapa 2 da biossíntese da giberelina. O terceiro grupo inclui acilciclohexanoedionas, os quais inibem dioxigenases dependentes do 2-oxoglutarato na etapa 3 da biossíntese de giberelina (Espindula et al., 2010).

Reguladores vegetais, assim com os hormônios vegetais, têm um papel no desenvolvimento da tolerância ao estresse, afetando-os ou regulando-os direta e indiretamente (Nagar et al., 2021). As giberelinas estão envolvidas em mecanismos vegetais associados ao aumento da resistência sob estresse abiótico (Emamverdiam et al., 2020). Em condições de estresse hídrico, as giberelinas são aumentadas no tomateiro (Shohat et al., 2021). Quando os receptores GA sofrem mutação ou a atividade do GA é suprimida, a perda de água é reduzida através de diferentes estratégias, incluindo a redução da área foliar, a repressão da formação do xilema ou o fechamento dos estômatos (Nir et al., 2020; Illouz-Eliaz et al., 2020).

## **2.6. Nutrição mineral e sua relação com estresse hídrico**

Os mecanismos de defesa das plantas estão diretamente ligados à nutrição. Reduções no estado nutricional mineral das plantas restringem a resistência das plantas (Nawaz et al., 2020). A aplicação de fertilizantes é uma prática comum para melhorar as condições do solo e suprir as necessidades nutricionais das culturas durante o processo de crescimento (Yang e Li, 2023). Tem sido demonstrado que alguns elementos, ditos como benéficos, podem contribuir para que haja uma melhor adaptação das plantas, a exemplo dos estresses abióticos, como deficiência hídrica (Nunes et al., 2018).

Os nutrientes promovem uma produção sustentável em todas as espécies em condições de estresse hídrico. Estudo tem comprovado esse mecanismo em arroz (Das et al., 2023), milho (Yang e Li, 2023) e lentilha (Nandi et al., 2023). O potássio (K) é

considerado o elemento mais eficaz para induzir a tolerância à seca nas plantas (Nawaz et al., 2020).

## **2.7. Potássio**

As plantas absorvem nutrientes essenciais e minerais em diversas formas químicas, sendo alguns requeridos em maior quantidade (Raddatz et al., 2020). Esses nutrientes podem ser classificados como macronutrientes, compostos por nitrogênio (N), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (de Bang et al., 2021).

O K está relacionado ao crescimento e desenvolvimento, afetando o rendimento e qualidade da produção (Wang et al., 2020).  $K^+$  é o cátion mais abundante nas células vegetais, constituindo aproximadamente 2% a 10% do peso seco da planta (Wang et al., 2020). As raízes têm contato direto com o solo e são responsáveis pela absorção de nutrientes, percebem mudanças na concentração externa de  $K^+$  (Lian et al., 2023). A absorção de água e nutrientes do solo ocorre primeiro através das células epidérmicas, corticais e endodérmicas do sistema radicular e depois no sistema vascular; em condições de baixo teor, ocorre acúmulo nas faixas de Caspary. Para que os nutrientes atravessem a barreira da faixa de Caspary, eles precisam ser transportados ativamente através das células endodérmicas. Esse transporte ativo pode levar ao acúmulo de certos nutrientes ou compostos na faixa de Caspary e nas células adjacentes, como resultado do esforço da planta em maximizar a absorção (Lian et al., 2023).

No entanto, em condições de seca, o transporte de nutrientes e água são limitados, reduzindo o transporte da raiz para a parte aérea, principalmente do K (Fang et al., 2023).

Plantas suplementadas com potássio aumentam a massa seca e fresca por planta, melhorando o crescimento e área foliar total (Ali et al., 2021). Atua em diversos processos fisiológicos, como a sensibilidade estomática que aumenta a eficiência do uso da água (Santos et al., 2020), potencial hídrico foliar (Zahoor et al., 2017), a osmorregulação, movimentos impulsionados pelo turgor, biossíntese de proteínas e transporte de produtos de assimilação (Wang et al., 2020). Aumenta a plasticidade fenotípica do xilema, alterando o diâmetro dos vasos e densidade dos vasos, consequentemente, modificando a condutividade hidráulica e reduzindo o índice de vulnerabilidade do xilema (Legoas et al., 2023).

As trocas gasosas foliares, como a taxa fotossintética líquida, condutância estomática e concentração interna de  $CO_2$ , são aumentadas gradativamente com

concentrações potássicas, assim como reduções na transpiração e a manutenção do potencial hídrico foliar (Zahoor et al., 2017). Altera a atividade enzimática e eficiência de utilização da água, assim como o conteúdo relativo de água em plantas sob estresse hídrico (Tittal et al., 2020).

Em condições de estresse abiótico e biótico, as plantas conseguem preservar o K através do processo homeostático, alterando em grandes proporções a carga elétrica da membrana plasmática, iniciando eventos de sinalização (Raddatz et al., 2020). Eventos de sinalização é o início da atividade enzimática, como a superóxido dismutase, catalase, peroxidase de ascorbato, que são amplificadas em plantas sob estresse hídrico e suplementadas com K (Tittal et al., 2020).

Estudos relacionando o efeito do potássio e PBZ demonstram que podem ocorrer efeitos significativos no crescimento vegetativo, aumentando a altura, área foliar, massa seca e fresca, conteúdo de pigmentos (clorofila a, b e carotenoides) (El-Deen e El-Ghit, 2022). No entanto, aplicações elevadas de PBZ interferem na absorção de potássio em plantas e pode reduzi-lo, não causando o efeito esperado.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área e delineamento experimental**

Os ensaios foram conduzidos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista, coordenadas 14° 53' 17" latitude sul, 40° 48' 9" longitude oeste e 875 m de altitude, durante o ano de 2023. Segundo Köppen, o município é classificado como Cwb, apresentando altitude subtropical, clima com inverno seco e verão ameno.

O estudo foi organizado em delineamento com esquema fatorial 5 X 2, definido por cinco concentrações de cloreto de potássio e dois regimes hídricos. As concentrações de cloreto de potássio utilizadas foram 0, 75, 150; 225 e 300 mg de K dm<sup>-3</sup>, calculadas tomando-se por base a recomendação geral de Malavolta (1980), que indica o uso de 150mg de K dm<sup>-3</sup> de solo para ensaio em vasos, parceladas em três vezes. Para o fator regime hídrico, foram estabelecidos os tratamentos equivalentes a 30 e 90% da capacidade do vaso (CPV), de acordo com Casaroli e Lier (2008).

### 3. 2. Instalação e condições de crescimento

O estudo foi realizado em telado, com cobertura de polietileno transparente e laterais compostas de telas sombreadoras de coloração pretas, com 50% de restrição de luz.

Foram semeadas três sementes de maracujá (*Passiflora edulis* Sims), da cultivar 'Redondo Amarelo', por tubete de polietileno, com capacidade para 0,29 dm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato comercial Bioplant. Após quinze dias da emergência, foi realizado o desbaste.

Aos 45 dias após a emergência, as mudas foram totalmente imersas em uma solução aquosa com concentração de paclobutrazol (PBZ) de 80 mg L<sup>-1</sup>, até o nível do substrato, durante 60 s, atingindo a saturação do substrato, conforme a descrição de Teixeira et al. (2023).

As mudas de maracujá amarelo, após 75 dias da emergência e 30 dias após aplicação do PBZ, foram transplantadas para vasos com capacidade de 20 dm<sup>3</sup>, contendo como substrato solo de textura franco-argilo-arenosa, classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações técnicas da cultura e análise de solo (Figura 1), exceto para adubação potássica, descritas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com base na análise química do solo.

**Tabela 1.** Análise química do solo utilizado para cultivo do maracujazeiro azedo. UESB, Vitória da Conquista-BA, 2023

pH	mg dm <sup>-3</sup>		Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> de solo					%		g dm <sup>-3</sup>				
	(H <sub>2</sub> O)	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>2+</sup>	S.B	t	T	V	m	PST
5,7	2	0,18	1,0	1,4	0,1	2,3	-	2,6	2,7	5	52	4	-	18

SB: Soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca de cátions efetiva do solo; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V%: índice de saturação de bases trocáveis; m: índice de saturação do alumínio trocável. Fonte: Laboratório de solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

As plantas foram irrigadas durante 15 dias, na capacidade de vaso de 90%, para aclimação das mudas e pegamento, e posteriormente foram aplicados os regimes de irrigação de 30 e 90% da capacidade do vaso, com o suprimento de água pelo método de gravimétrico. A definição para a capacidade de vaso foi realizada pelo método gravimétrico, conforme a descrição de Casaroli e Lier (2008).

As mudas foram submetidas a adubações de cloreto de potássio (0, 75, 150; 225 e 300 mg de K dm<sup>-3</sup> de solo), calculadas tomando-se por base a recomendação geral de Malavolta (1980), que indica o uso de 150mg de K dm<sup>-3</sup> de solo para ensaio em vasos, parceladas em três vezes.

### 3.3. Trocas gasosas foliares

As trocas gasosas foliares foram avaliadas aos 180 dias após exposição aos tratamentos, no período matutino entre os horários de oito e onze horas, com um analisador de gás de radiação infravermelha (LCPro, ADC BioScientific Limited, 16 Hoddesdon), usando uma fonte de luz actínica, ajustada em 1200  $\mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa.

Foi determinada a taxa fotossintética líquida ( $A$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$   $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e taxa de transpiração ( $E$   $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). A eficiência do uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) e eficiência intrínseca do uso da água ( $A/g_s$ ) foram determinadas a partir da razão entre a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  e taxa de transpiração, concentração interna de  $\text{CO}_2$  na folha e condutância estomática, respectivamente.

### 3.4. Relações hídricas

A determinação da condutividade hidráulica ( $L_p$ ) foi feita 180 dias após a exposição do potássio. Para a estimativa de  $L_p$ , além do potencial hídrico antemanhã ( $\Psi_{w \text{ antemanhã}}$ ), mediram-se a transpiração ( $E$ ) e o potencial hídrico ao meio dia ( $\Psi_{w \text{ meio dia}}$ ).

Os valores de  $K_L$  foram estimados a partir da fórmula  $L_p = E / (\Psi_{w \text{ antemanhã}} - \Psi_{w \text{ meio dia}})$ , segundo a metodologia descrita por Hubbard et al. (1999).

O potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) foi determinado ao final do experimento, usando-se folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas. A medida será realizada em dois horários, sendo uma na antemanhã ( $\Psi_{w \text{ antemanhã}}$ ), entre 4h30min e 5h30min ou até o momento em que os primeiros raios de sol surgirem, utilizando a bomba de pressão tipo Scholander (Scholander et al., 1964), expresso em MPa. O teor relativo de água na folha (TRA) foi obtido de acordo com a metodologia descrita por Catski (1960), em porcentagem, entre 4h30min e 5h30min.

### **3.5. Análises bioquímicas**

#### **3.5.1. Quantificação de amido, açúcares redutores e solúveis**

As concentrações de açúcares redutores (AR) e solúveis (AS) foram obtidas a partir de extratos de folhas completamente expandidas. Foi realizada a obtenção do extrato, utilizando-se 200 mg de matéria seca homogeneizada e trituradas, adicionados como extrator 15 mL de solução tampão  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,1 M em pH 7,4. O volume total do extrator foi dividido em três partes, submetidas a três centrifugações de 45 minutos, a 2.500 g, recolhendo o sobrenadante.

O sobrenadante foi recolhido para a quantificação de AR pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS), conforme descrição de Miller (1959), com modificações. Para as folhas, o método consistiu na adição de uma alíquota de 0,3 mL do extrato a 0,5 mL de DNS e 0,45 mL de água deionizada, totalizando um volume reacional de 1,25 mL, que foi submetido ao banho-maria, a 100 °C, por cinco minutos. Após o resfriamento à temperatura ambiente, foram adicionados 3,75 mL de água deionizada, completando o volume para 5,0 mL. Em seguida, a leitura foi realizada em espectrofotômetro, a 540 nm, e os resultados foram expressos em mmol de AR  $\text{g}^{-1}$  matéria seca.

Como descrito anteriormente, para extração de AR, foi realizado o mesmo procedimento para AS. A quantificação de AS foi realizada pelo método da antrona, conforme Willis e Yemm (1955), com modificações. Uma alíquota de 0,02 mL do extrato foi retirada e adicionada a 2 mL de antrona e 0,98 mL de água deionizada, totalizando um volume reacional de 3 mL, em recipiente mantido sob baixa temperatura, com agitação, por 15 segundos. O extrato reacional foi submetido ao banho-maria, por três minutos. Após o resfriamento, realizou-se a leitura em espectrofotômetro, a 620 nm, cujos resultados foram expressos em mmol de AS  $\text{g}^{-1}$  matéria seca.

A quantificação de amido foi obtida a partir da extração de 0,125 g de folhas secas, adicionadas a 5 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,5M). O material foi levado ao banho-maria, durante 1 hora a 100 °C. Após esse procedimento, adicionou-se água completando o volume para 250 mL. Uma alíquota de 1 mL dessa solução a 0 °C foi retirada e adicionado 5 mL de solução de antrona (5 mM). Este extrato reacional foi aquecido por 11 minutos a 100 °C, e, após o resfriamento em temperatura ambiente, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 620 nm (Brasil, 1999).

### **3.5.2. Prolina**

A determinação da prolina foi obtida a partir da pesagem de 200mg de folhas secas, acrescidas de 10 mL de H<sub>2</sub>O, condicionada por 1 hora a 100 °C para extração. Uma alíquota de 1 mL do extrato foi retirada e acrescida de 1 mL de Ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético, levados ao banho-maria por 1h a 100 °C. Após este período, foram colocadas em gelo para finalizar a reação, adicionado 2 mL de tolueno, seguindo de 20 s de agitação para finalizar a extração da prolina. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 520 nm (Bates et al., 1973).

### **3.5.3. Determinação da atividade das enzimas antioxidantes**

A atividade da peroxidase guaiacol (GPX) foi realizada com a pesagem de 20 mg das amostras, adicionando-se 400 µM de tampão fosfato de sódio 50 mM, pH 6,0, contendo fosfato de sódio monobásico (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) e fosfato de sódio bibásico (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>). O homogeneizado foi centrifugado a 13400 rpm, por 15 min, a 4°C, e o sobrenadante foi utilizado como extrato enzimático. Uma alíquota de 2 µM de do extrato enzimático foi adicionada a 140 µM do meio de reação, contendo guaiacol, tampão fosfato de sódio 50 mM e peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); neste mesmo meio, foi adicionado 148 µM tampão fosfato de sódio 50 mM. MM. Para a atividade da GPX, foi medida a absorbância durante 3min, com intervalos de 20 segundos, a 470 nm durante, a 25 °C, em espectrofotômetro leitor de microplacas (VERSAmax). A atividade da peroxidase do guaiacol foi expressa com o aumento do consumo de guaiacol, em µmol min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup>de proteína (Lin e Kao, 1999).

### **3.5.4. Quantificação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)**

A quantificação da TBARS foi realizada com amostras de 20 mg liofilizadas de folhas, homogeneizadas com ácido tricloroacético (TCA) a 0,1%, sendo levadas ao vórtex até completar 2 mL. O homogeneizado foi centrifugado por 6 minutos a 10.000 rpm, a 4 °C. Uma alíquota de 500 µL do sobrenadante foi adicionada a 1500 µL de ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,5% e TCA a 20%, sob banho-maria a 95 °C, por 30 minutos. Após o resfriamento e centrifugação por 6 minutos a 10.000 g, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 532 nm, para se quantificar a concentração de TBARS (Heath e Paker, 1968).

### **3.6. Atributos biométricos**

Aos 170 dias após exposição aos tratamentos, foi medido o diâmetro basal, determinados com paquímetro digital (DC-60, Western, China), cujos resultados foram expressos em milímetros. Foi medido o índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), com o auxílio de um clorofilômetro portátil SPAD 502, MINOLTA, Japão. As medições foram realizadas em três pontos da folha totalmente expandida, sendo feitas em partes onde não apresentava a nervura.

Na última avaliação, aos 185 dias após a primeira adubação com K, foi medida a área foliar, pela metodologia descrita por Souto et al. (2017); e o volume da raiz, pelo método do deslocamento da água em uma proveta, em centímetros cúbicos (Costa et al., 2018). A parte aérea e raiz das plantas foram pesadas em balança, com precisão em gramas (0,01g) (Mark 1300, Analyser, São Paulo), a fim de obter as massas frescas da parte aérea e raiz (MFPA, MFR). Depois disso, foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72h (SL 102/480, Solab, Piracicaba), para obtenção dos pesos secos da parte aérea e da raiz (MSPA, MSR). Foi realizada a razão da parte aérea raiz, determinada pela divisão da massa da parte aérea e massa da raiz, sendo também contabilizado o número de folhas ao final do experimento.

### **3.7. Análise estatística**

Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade de variâncias, pelo teste de Cochran, o teste de normalidade de resíduos Shapiro-Wilk. Posteriormente foi verificada a análise de variância (ANOVA), significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade; e comparações múltiplas de médias, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), para deliberar os efeitos entre as concentrações de potássio e regimes hídricos. Foi realizada a análise de regressão pelo método polinomial ortogonal, cujos modelos mais ajustados foram definidos com base no nível de significância pelo teste "F" ( $p < 0,05$ ), e a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2 \geq 40$ ) associado ao valor biológico. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa estatístico R.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Trocas gasosas foliares

Neste estudo, houve interação do fator restrição hídrica (RI) com as concentrações de potássio (K), quando foi analisada a condutância estomática ( $g_s$ ), taxa fotossintética líquida ( $A$ ), taxa de transpiração ( $E$ ) e a eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ). Para a eficiência do uso da água ( $A/E$ ) e a eficiência intrínseca do uso de água ( $A/g_s$ ), foi verificado o efeito apenas do fator RI (Tabela 2).

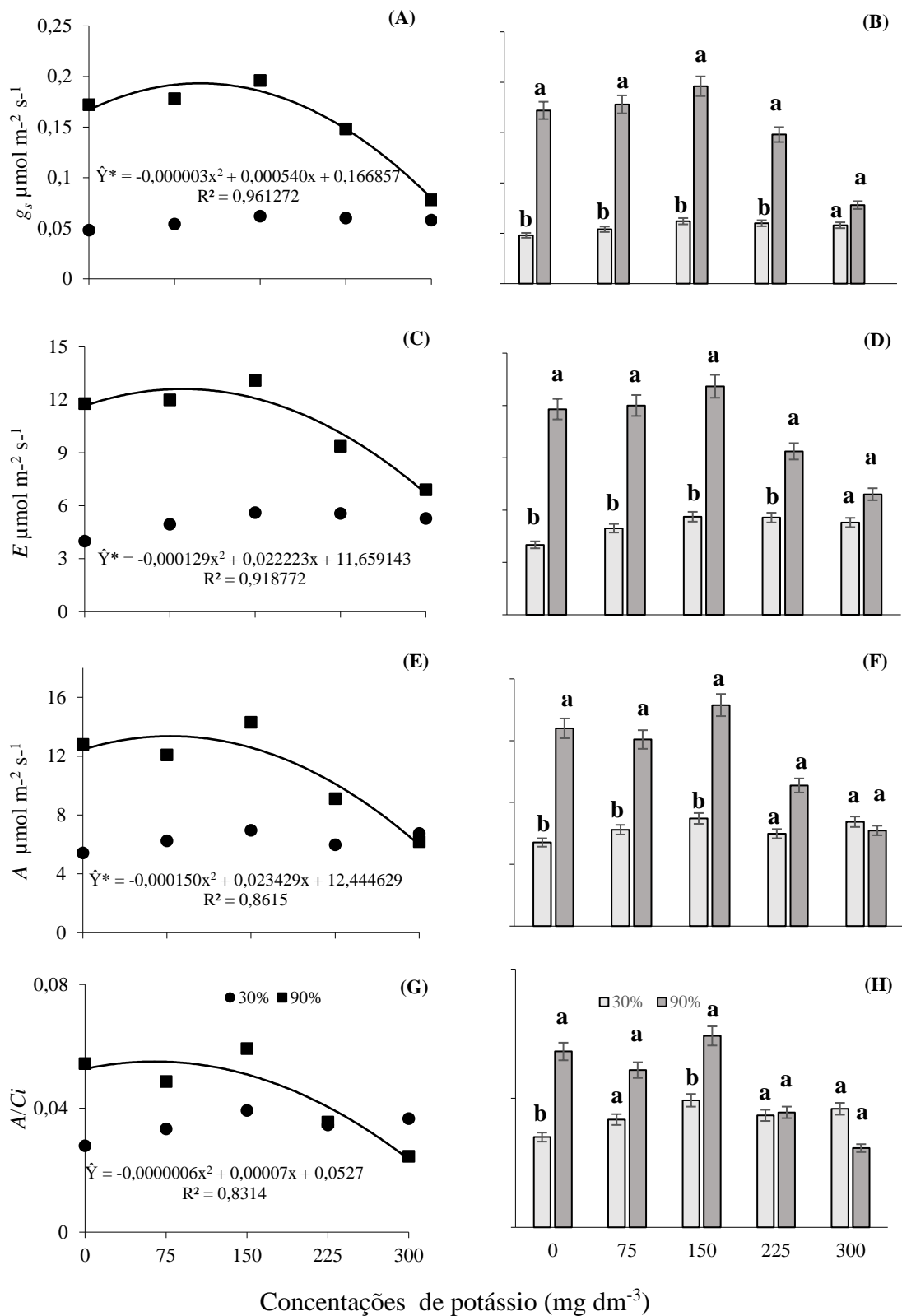
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) para condutância estomática ( $g_s$ ) taxa fotossintética líquida ( $A$ ), taxa de transpiração ( $E$ ), eficiência do uso da água ( $A/E$ ), eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), eficiência intrínseca do uso de água ( $A/g_s$ ) de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), após aplicação de PBZ e Potássio

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		$g_s$	$A$	$E$	$A/C_i$	$A/E$	$A/g_s$
BL	4	ns	ns	ns	ns	ns	*
RI	1	*	*	*	*	*	*
K	4	*	*	*	*	ns	ns
RI x K	4	*	*	*	*	ns	ns
CV (%)		30,35	29,40	29,99	30,00	16,74	22,87

<sup>ns</sup> e <sup>\*</sup>: não significativo, significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Para a condição de regime hídrico de 90% de capacidade de vaso (CPV), a relação entre  $g_s$ ,  $A$ ,  $E$  e  $A/C_i$  com as concentrações de potássio (K) foram definidas pelo modelo quadrático, sendo mantidos os valores superiores às plantas-controle, até 167, 117, 222 e 116 mg de K dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 1 A, C, E, G). A partir dos limites citados, os valores de  $g_s$ ,  $A$ ,  $E$  e  $A/C_i$  mantiveram-se inferiores às plantas-controle. Não foi possível a definição de modelo para a relação entre as trocas gasosas analisadas e K, na condição de RI de 30% CPV (Figura 1).

Quando se analisou a diferença entre os regimes hídricos para cada concentração de K, foram verificados maiores valores de  $g_s$ ,  $A$ ,  $E$  e  $A/C_i$  para as plantas submetidas à RI de 90% CPV, quando comparadas ao tratamento de 30% CPV. Somente para a maior concentração de K, essa diferença entre os regimes de irrigação não foi mantida, ocorrendo igualdade de valores (Figura 1 B, D, F, H).

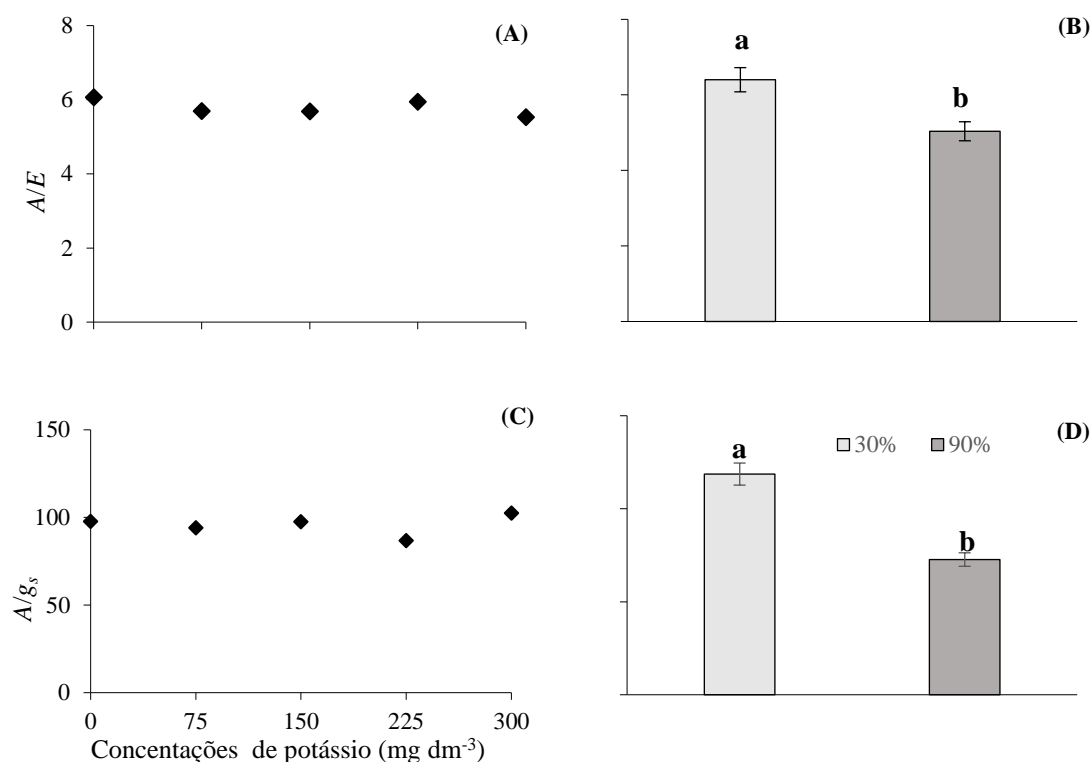


**Figura 1.** Trocas gasosas foliares de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) na terceira folha totalmente expandida a partir do ápice, cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300  $\text{mg dm}^{-3}$ ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) condutância estomática ( $g_s$ ), (C, D) taxa de transpiração ( $E$ ), (E, F) taxa fotossintética líquida ( $A$ ), (G, H) eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

Conforme análise de variância (Tabela 1), não foi possível observar o efeito das concentrações de K, quando se avaliou a eficiência do uso da água e eficiência intrínseca do uso de água (Figura 2 A, C). As plantas submetidas à RI de 30% CPV tiveram maior  $A/E$  e  $A/g_s$ , em comparação ao RI 90% CPV (Figura 2 B, D).



**Figura 2.** Trocas gasosas foliares determinadas na terceira folha totalmente expandida a partir do ápice de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) Eficiência do uso da água ( $A/E$ ), (C, D) eficiência intrínseca do uso de água ( $A/g_s$ ).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

## 4.2. Relações hídricas

Houve interação do fator restrição hídrica (RI) com as concentrações de potássio (K) para o potencial hídrico foliar, determinado no período antemanhã ( $\Psi_{w_{pd}}$ ) e para a condutividade hidráulica foliar ( $L_p$ ). Foi observado o efeito da RI apenas para o teor relativo de água foliar, determinado no período antemanhã ( $TRA_{pd}$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) do potencial hídrico *predawn* ( $\Psi_{w_{pd}}$ ), do potencial hídrico às 11 horas ( $\Psi_{w_{md}}$ ), teor relativo de água no período antemanhã ( $TRA_{pd}$ ), teor relativo de água às 11 horas ( $TRA_{md}$ ) e condutância

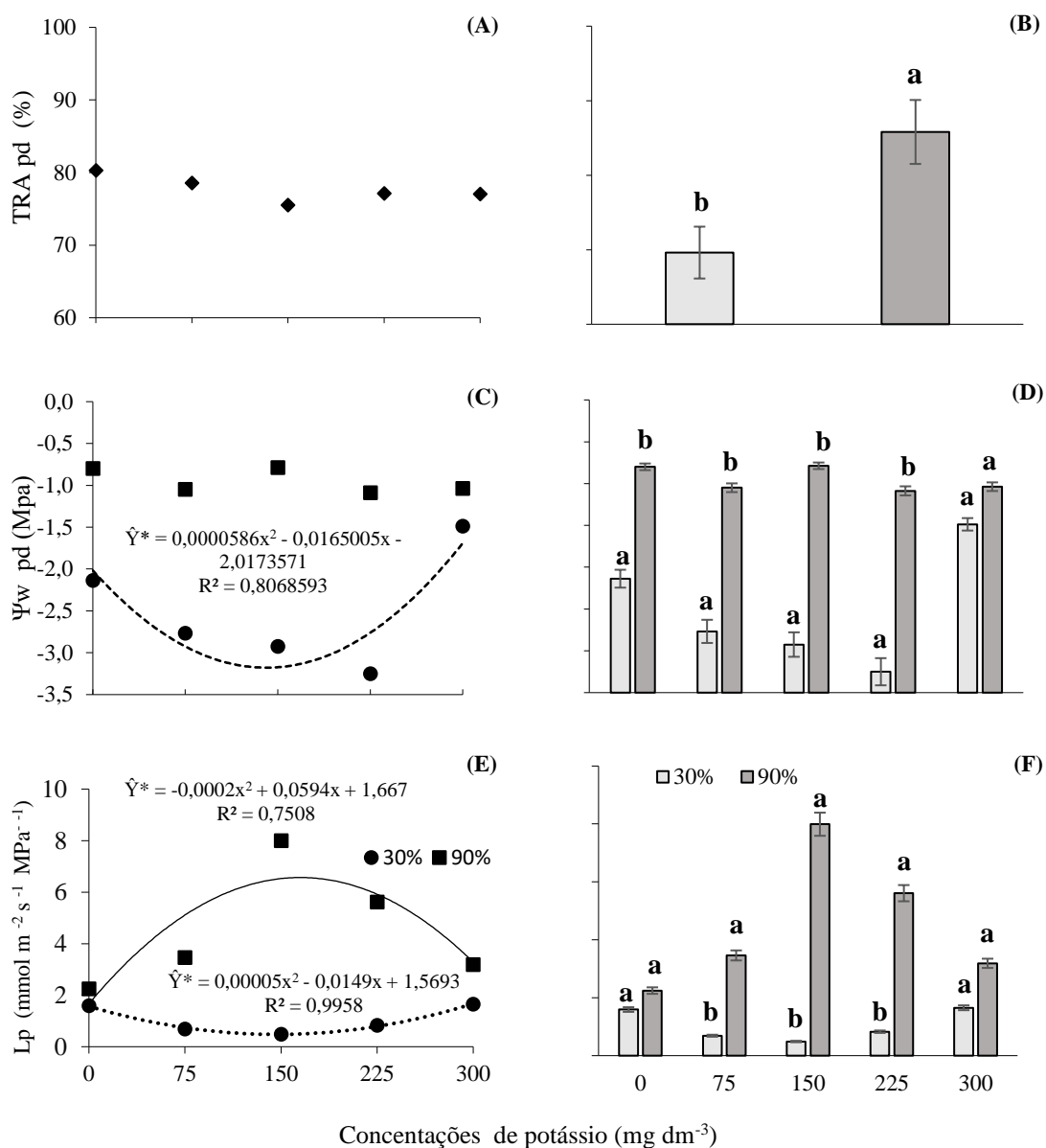
hidráulica foliar ( $L_p$ ) de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) em função de diferentes concentrações de potássio e regime hídrico

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		$\Psi_{w_{pd}}$	$TRA_{pd}$	$L_p$
BL	4	ns	ns	ns
RI	1	*	*	*
K	4	*	ns	ns
RI x K	4	*	ns	*
CV (%)		20,57	7,82	9,1

<sup>ns</sup> e <sup>\*</sup>: não significativo, significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Não foi possível definir um modelo matemático para  $TRA_{pd}$  em função das concentrações de K (Figura 3 A). O regime hídrico de 90% CPV foi superior ao de 30% CPV para o  $TRA_{pd}$  (Figura 3 B).

Ao analisar  $\Psi_{w_{pd}}$  e  $L_p$  cada concentração de potássio, foi definido que o regime hídrico de 90% CPV foi superior ao de 30% CPV, entretanto, para a maior concentração, houve equiparação de valores (Figura 3 B, D). Para o regime hídrico de 90% CPV, foi definido o modelo quadrático para  $L_p$  e as concentrações de K, atingindo o valor máximo 147 mg de K  $dm^{-3}$ , e  $\Psi_{w_{pd}}$  atingiu o valor mínimo em 149 mg de K  $dm^{-3}$  (Figura 3 A, C). Para o  $\Psi_{w_{pd}}$ , os valores encontrados acima de 275 mg de K  $dm^{-3}$  foram superiores ao controle. Em relação ao fator RI de 30% CPV, não foi possível verificar modelo matemático para  $\Psi_{w_{pd}}$  e  $L_p$ , em função das concentrações de potássio.



**Figura 3.** Relações hídricas em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) potencial hídrico antes do amanhecer ( $\Psi_{w_{pd}}$ ), (C, D) teor relativo de água antes do amanhecer ( $TRA_{pd}$ ), (E, F) condutividade hidráulica foliar ( $L_p$ ).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

### 4.3. Análises bioquímicas

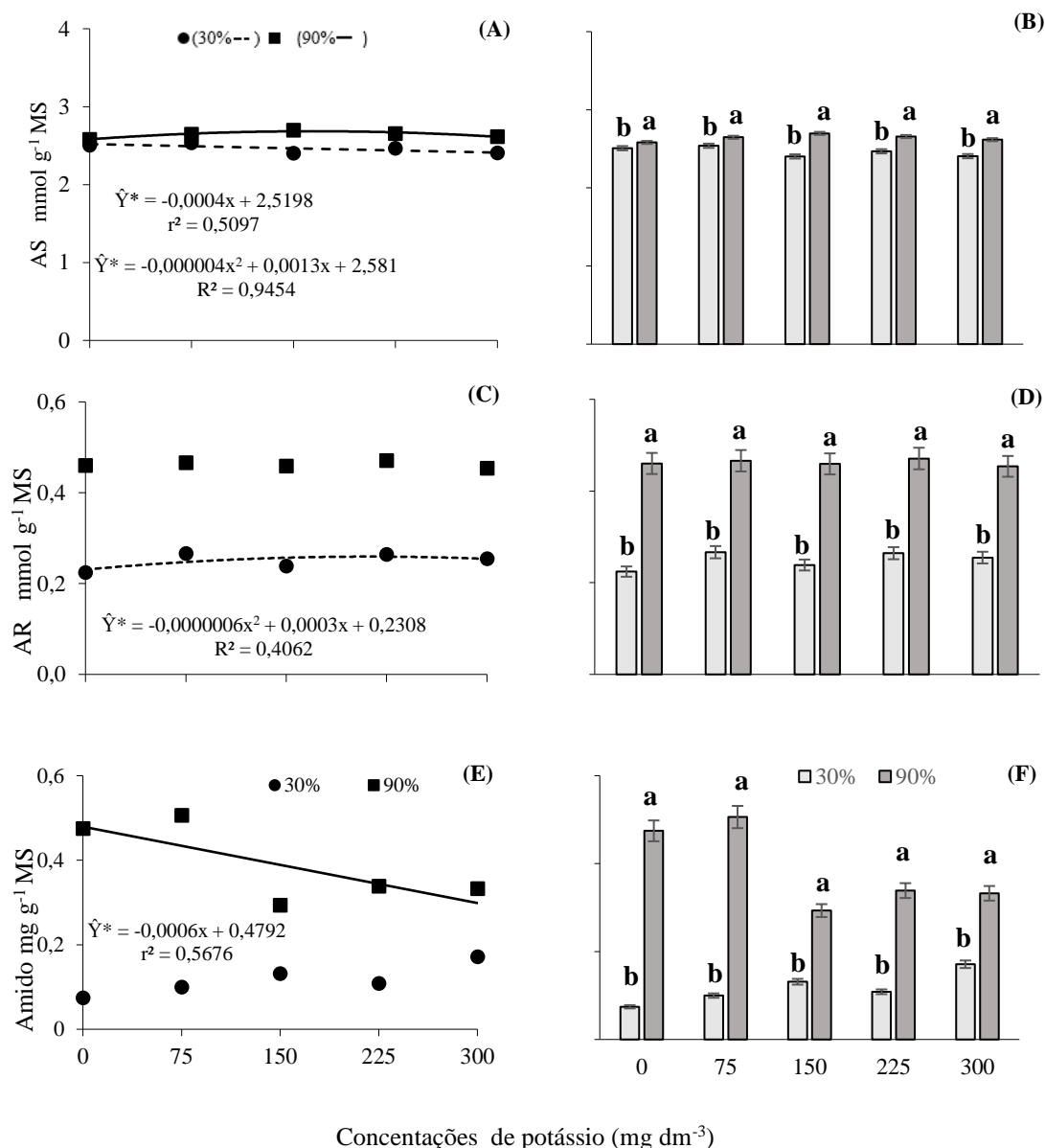
Foi verificada interação entre os regimes hídricos (RI) e concentrações de potássio (K), quando foram analisadas as variáveis AS, AR, amido, PR e TBARS (Tabela 4). No entanto, para a GPX, ocorreu efeito apenas das concentrações de potássio (K) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) de açúcares solúveis (AS), açúcares redutores (AR), AMIDO, metabólitos reativos ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), peroxidase guaiacol (GPX), determinados em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) submetidos a diferentes concentrações de potássio e regime hídrico

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS					
		AS	AR	AMIDO	PR	TBARS	GPX
BL	4	*	*	ns	ns	ns	ns
RI	1	*	*	*	*	*	ns
K	4	*	*	*	*	*	*
RI x K	4	*	*	*	*	*	ns
CV (%)		1,47	3,53	25,46	11,37	6,00	19,02

<sup>ns</sup> e \* : não significativo, significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade

Um modelo quadrático foi estabelecido para os açúcares solúveis (AS) e as concentrações de K, para plantas mantidas em RI 90% CPV. Para plantas submetidas à RI 30% CPV, foi estabelecido modelo linear para a relação entre AS e concentrações de K (Figura 4 A), caracterizado por decréscimos de valores. Para o ajuste dos açúcares redutores em função das concentrações de K, foi definido modelo quadrático para RI 30% CPV, com valor máximo ocorrendo em 250 mg de K dm<sup>-3</sup>, não sendo definido modelo para RI 90% CPV (Figura 4 C). Ao analisar os teores de amido e as variações das concentrações de K, foi estabelecido um modelo linear decrescente para plantas mantidas em RI 90% CPV. Entretanto, para a condição de RI 30%, não foi possível um modelo de ajuste para esta relação (Figura 4 E). Quanto ao fator regime hídrico, AS, AR e amido, foram reduzidos em planta sob a RI de 30% CPV, em comparação àquelas mantidas em RI 90%, na análise particular de cada concentração de potássio (Figura 4 B, D, F).

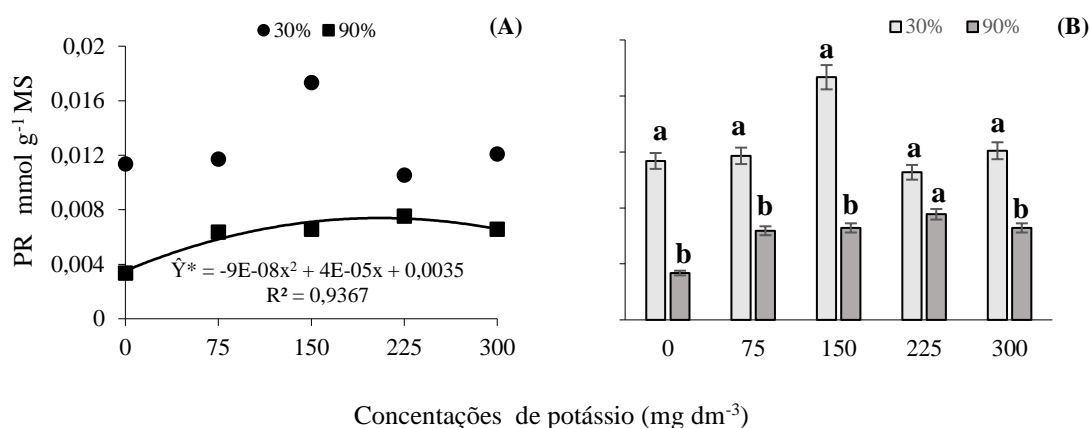


**Figura 4.** Carboidratos em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) açúcares solúveis (AS), (C, D) açúcares redutores (AR), (E, F) teor de amido.

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

Para a prolina em função das concentrações de K, foi verificado um modelo quadrático, para a condição de RI 90% CPV, com valor máximo verificado na concentração de 277,77 mg de K dm<sup>-3</sup> (Figura 5). No entanto, não foi possível verificar um modelo para esta relação, na condição de RI 30% CPV. Houve tendência de maiores teores de prolina de plantas submetidas à RI 90% CPV em relação àqueles verificados para RI de 30% CPV em cada nível de K, exceção feita para 225 mg de K dm<sup>-3</sup>.

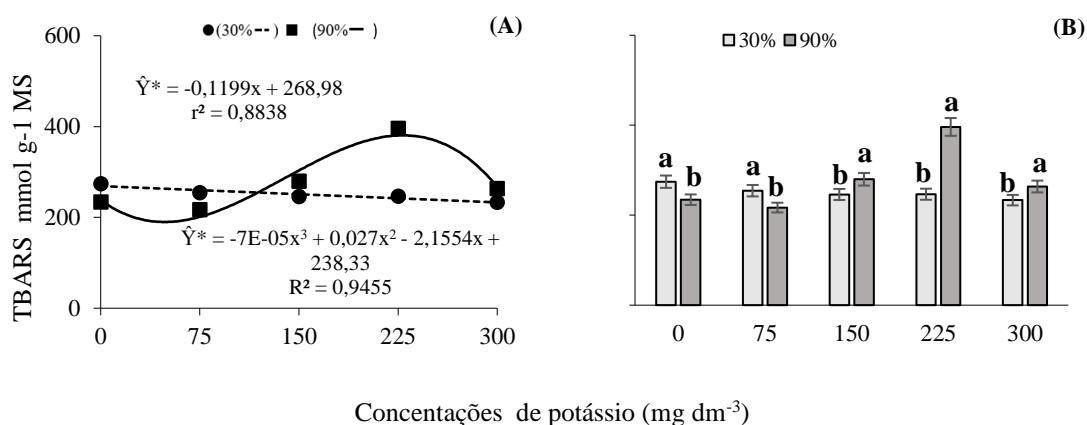


**Figura 5.** Teor de prolina em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

Um modelo cúbico foi estabelecido para a relação entre teores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) com as concentrações de K, em condição de RI 90% CPV. Para a RI de 30% CPV, foi delineado um modelo linear para esta relação, com decréscimo de valores de TBARS em função dos acréscimos das concentrações de K (Figura 6). Em plantas submetidas à RI 90% CPV, os valores de TBARS se mantiveram inferiores à testemunha, até a concentração de 75 mg dm<sup>-3</sup>. Deste patamar até a concentração de potássio máxima de 300 mg dm<sup>-3</sup>, houve elevação dos valores de TBARS.

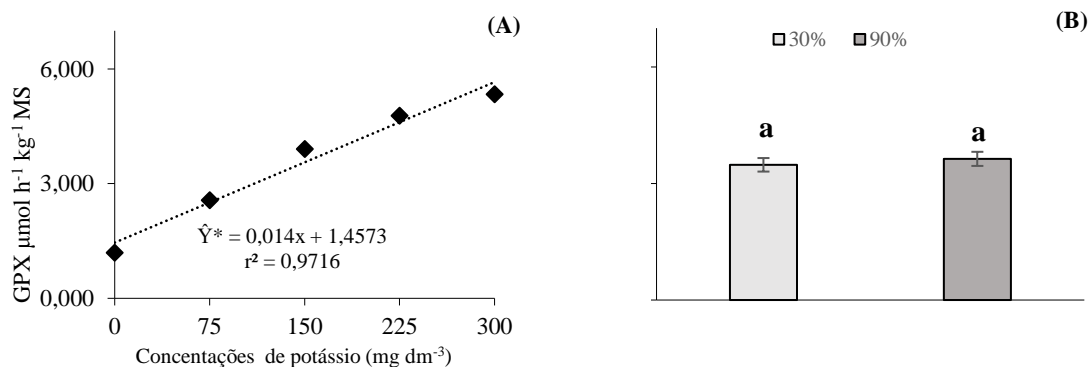


**Figura 6.** Teor de compostos reativos ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

As concentrações de GPX, em função das concentrações de K, foram caracterizadas pelo modelo linear crescente (Figura 7 A) não sendo observada diferença entre este metabólito, quando comparadas às plantas submetidas aos diferentes regimes hídricos (Figura 7 B).



**Figura 7.** Atividade da peroxidase guaiacol em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*Letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade.

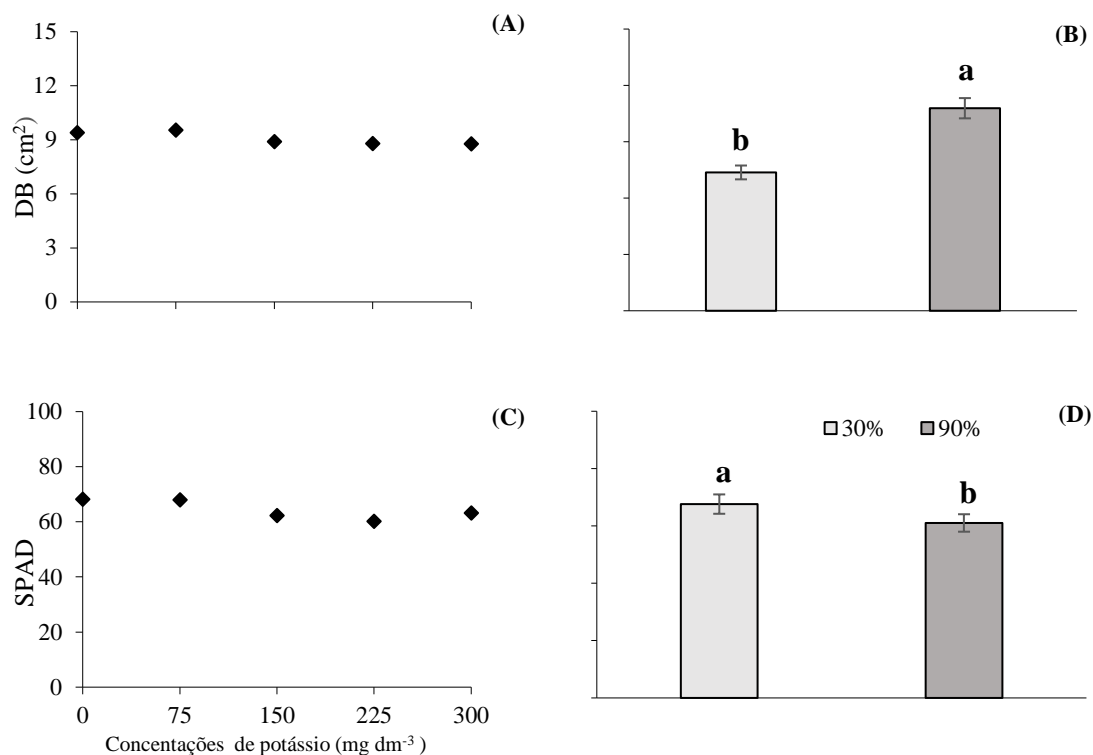
#### 4.4. Atributos biométricos

Não houve interação entre regimes hídricos (RI) e concentrações de potássio (K) para DB e SPAD, no maracujá azedo, sendo observado efeito apenas dos regimes hídricos após aplicações dos tratamentos, quando foram definidas maiores médias para as plantas mantidas em RI 90% CPV (Tabela 5, Figura 8).

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) para diâmetro basal (DB), índice SPAD (SPAD), determinados em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), submetidos a diferentes concentrações de potássio e regime hídrico

QUADRADOS MÉDIOS			
FV	GL	DB	SPAD
BL	4	ns	ns
RI	1	*	*
K	4	ns	ns
RI x K	4	ns	ns
CV (%)		13,2	14,77

<sup>ns</sup> e \* : não significativo, significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade



**Figura 8.** Diâmetro basal e índice SPAD em maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) e diâmetro basal, (C, D).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

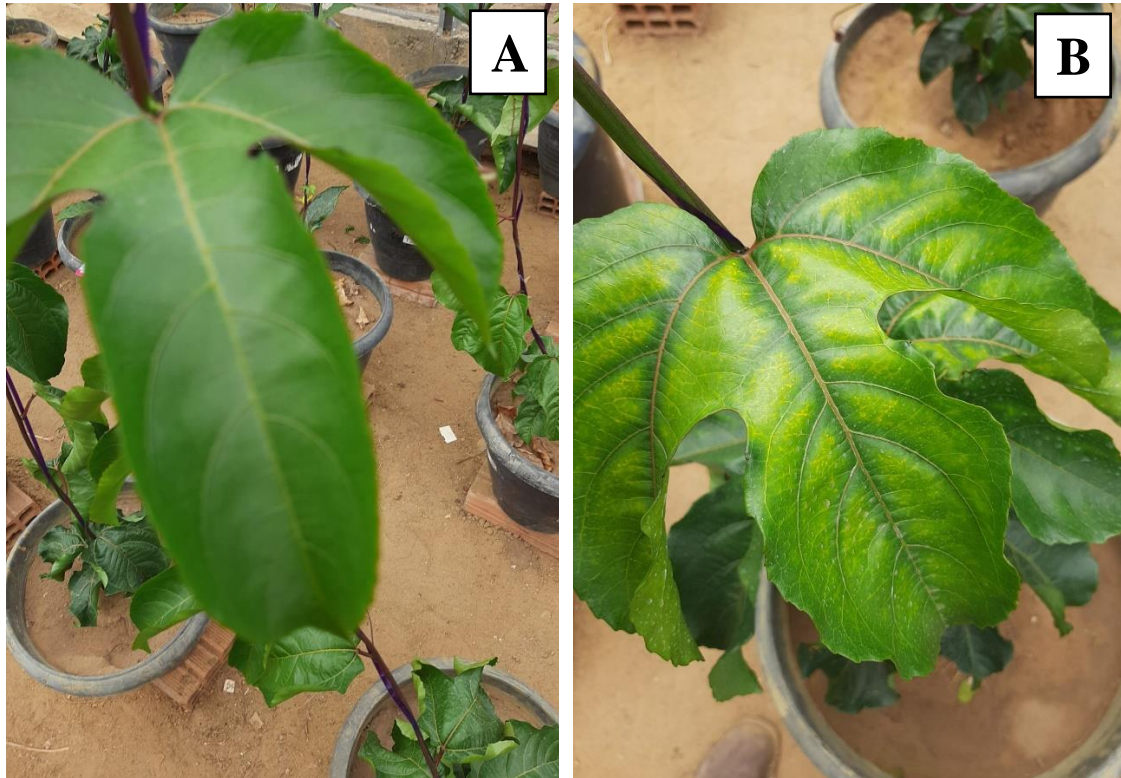
Foi observada interação entre regime hídrico (RI) e concentrações de potássio (K), quando foi analisada MFR, VR, AFT e AFE. Para MFPA, MSPA, MSR e RPAR, foi verificado em função do efeito do fator RI (Tabela 6).

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) para massa fresca e seca da parte aérea (MFPA, MSPA), massa fresca e seca da raiz (MFR, MSR), relação parte aérea/raiz (RPAR), volume da raiz (VR), área foliar total (AFT), área foliar específica (AFE) e número de folhas (NF), determinados em plantas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.), cultivados em vasos e cultivo protegido, submetido a concentrações de potássio e regimes hídricos

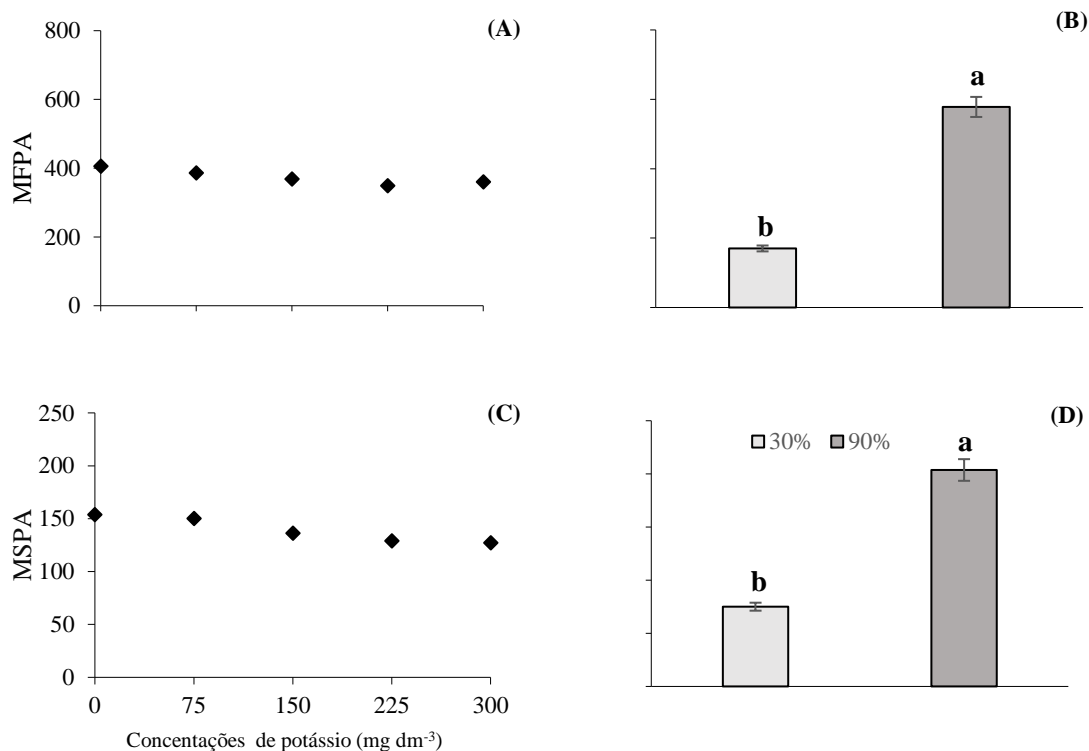
FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS								
		MFPA	MSPA	MFR	MSR	RPAR	VR	AFT	AFE	NF
BL	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RI	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
K	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
RI x K	4	ns	ns	*	ns	ns	*	*	*	*
CV (%)		20,15	10,80	33,37	4,90	22,01	24,47	12,43	39,77	17,49

ns e \*: não significativo, significativo pelo teste “F” a 5% de probabilidade

As concentrações de potássio não interferiram nos componentes das massas frescas e secas da parte aérea (Figura 10 A, C), assim como para a massa seca da raiz e razão parte aérea/raiz, não sendo possível a definição de modelo (Figura 13 C, E). Estas características em plantas mantidas em RI de 90% CPV foram superiores à condição de 30% CPV, para as variáveis MFPA, MASPA, (Figura 12 B, D) MSR e RPAR (Figura 13 D, F).



**Figura 9.** Folhas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido à concentração  $300 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$ , em regime hídrico de 30% CPV (A) e 90% CPV (B).

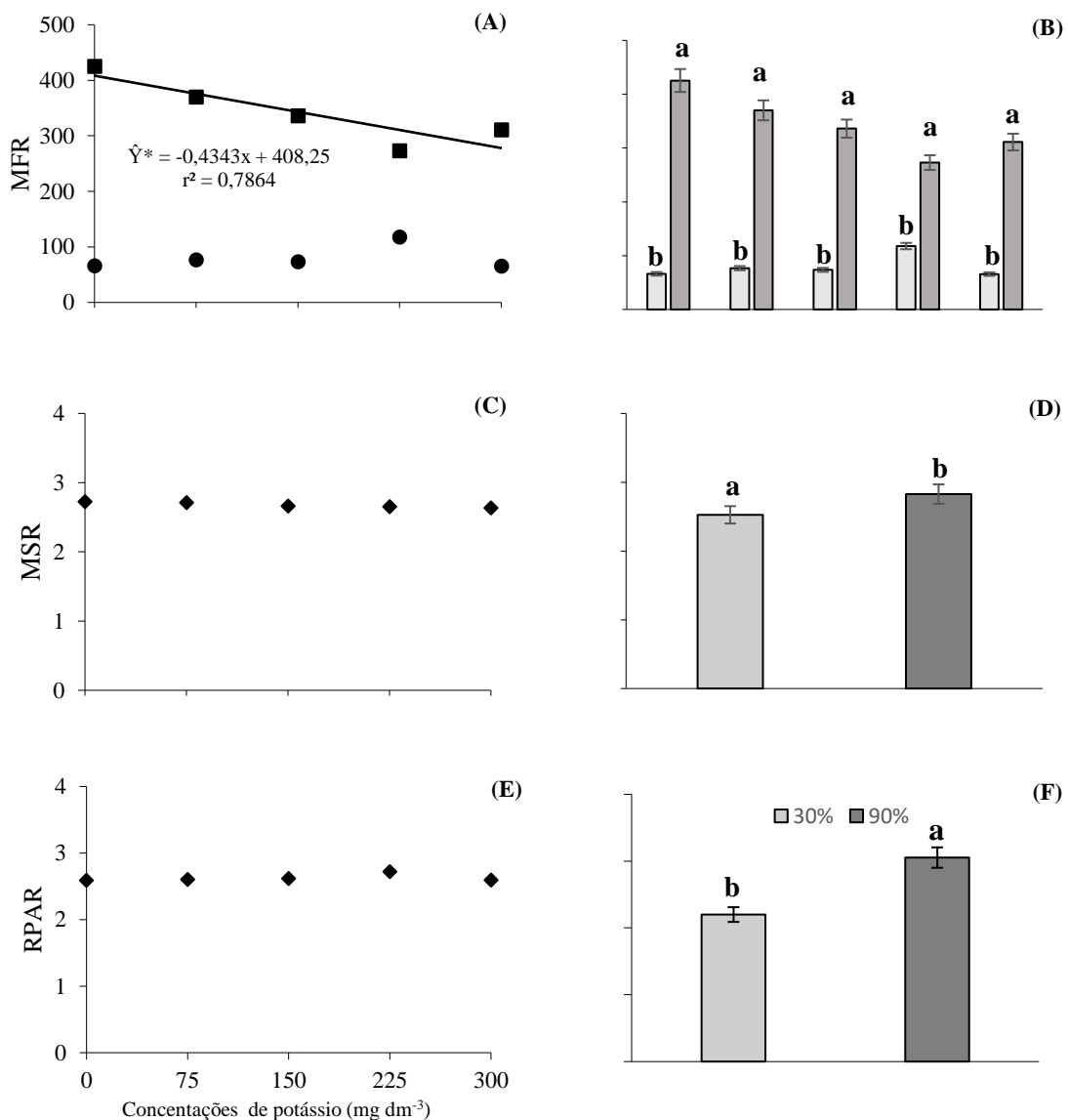


**Figura 10.** Características morfológicas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) massa fresca da parte aérea (MFPA), (C, D) massa seca da parte aérea (MSPA).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste "Tukey" a 5% de probabilidade

Modelo linear decrescente foi observado para MFR, em função das concentrações de K, apenas para o regime hídrico de 90% CPV, não sendo possível definir modelo para esta relação, quando as plantas foram mantidas em 30% CPV (Figura 11). Foi observada redução de MFR, para a condição de RI de 30% CPV, quando comparada à RI de 90% CPV para todas as concentrações de K analisadas neste estudo (Figura 13 B).

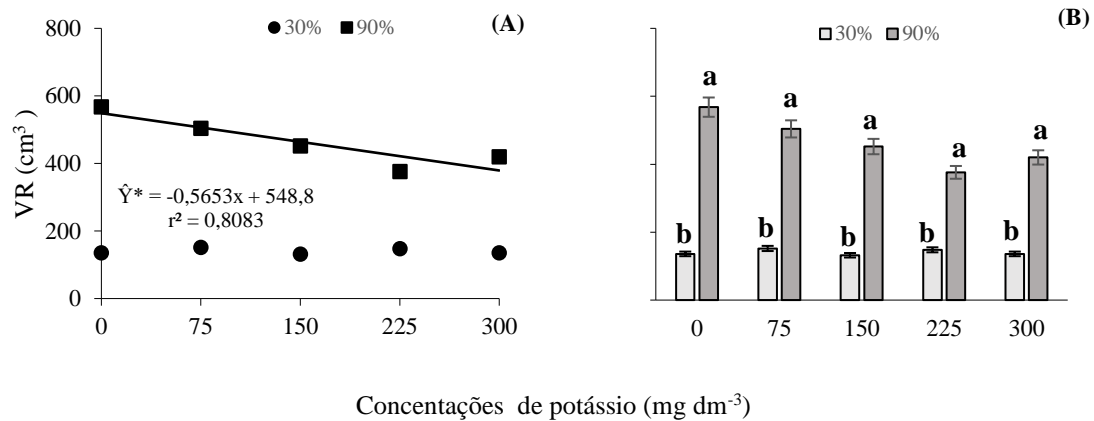


**Figura 11.** Características morfológicas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) massa fresca da raiz (MFR), (C, D) massa seca da raiz (MSR), (E, F) Razão parte aérea/raiz (RPAR).

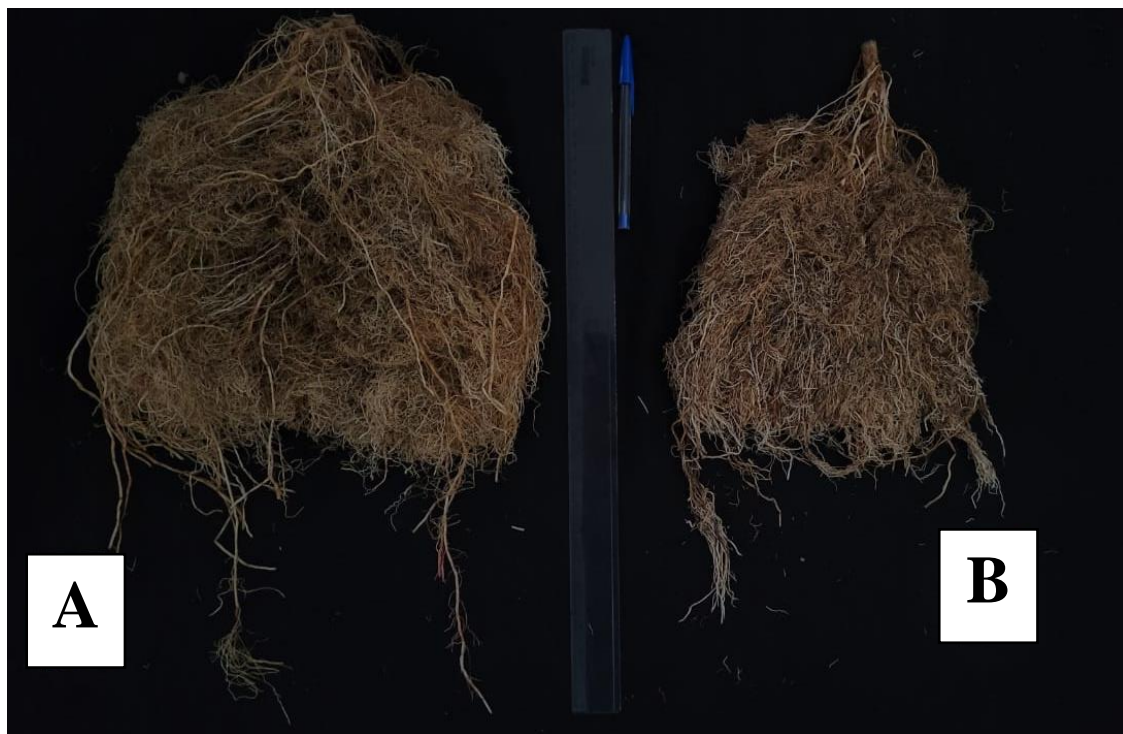
As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

Ao analisar a relação entre volume de raiz e as concentrações de potássio, sob RI de 90% CPV, foi estabelecido um modelo linear decrescente. Para o regime hídrico de 30% CPV, não foi possível delinear um modelo para esta relação (Figura 14 A). Quanto aos regimes hídricos, foi observado que a RI de 90% CPV foi superior, quando comparada à RI 30% CPV, em cada concentração de K (Figura 14 B).



**Figura 12.** Volume da raiz de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%). \*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

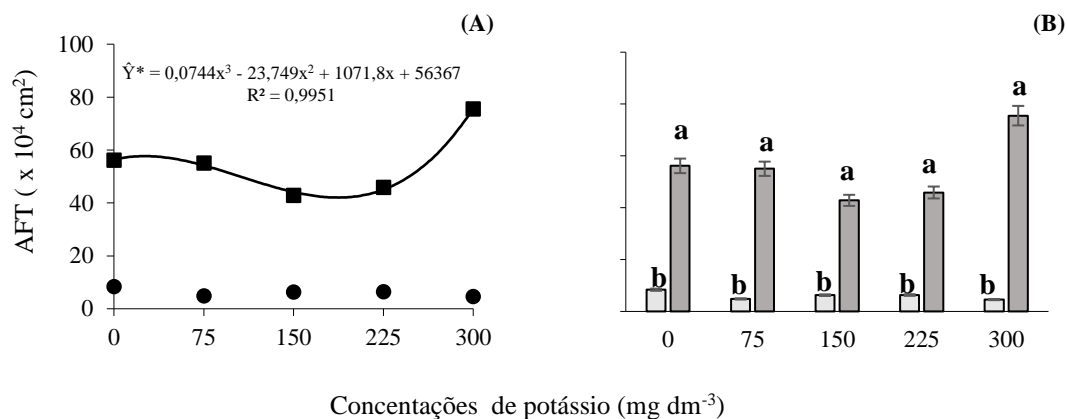


**Figura 13.** Raízes de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido ao regime hídrico de 90% de capacidade de vaso. (A) 0 mg dm<sup>-3</sup>, (B) 300 mg dm<sup>-3</sup>.



**Figura 14.** Raízes de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido ao regime hídrico de 30% de capacidade de vaso. (A) 0 mg dm<sup>-3</sup> e (B) 300 mg dm<sup>-3</sup> de potássio.

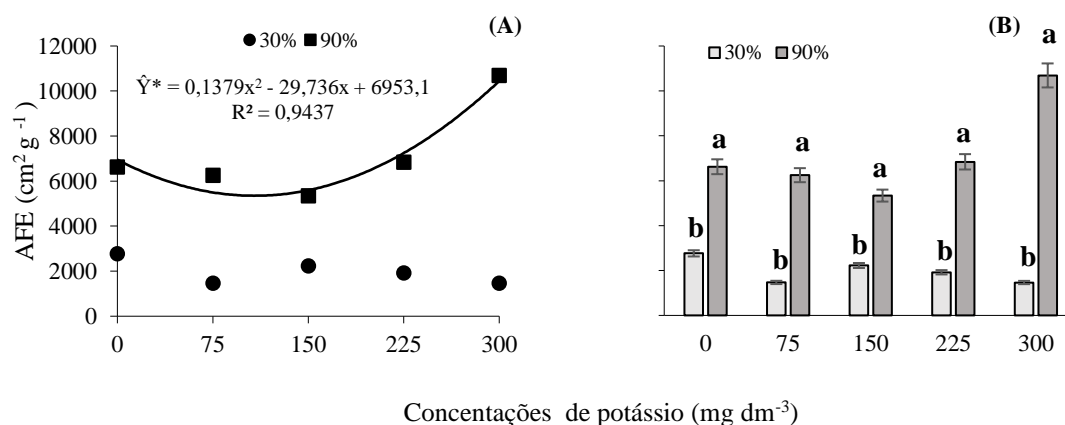
Quando foram analisadas plantas em RI de 90% CPV, as variações de área foliar total (AFT) em relação às concentrações de K definiram um modelo cúbico, para o qual o maior incremento foi encontrando 300 mg de K dm<sup>-3</sup>, não sendo definido modelo para esta relação em RI 30% CPV (Figura 15 A). Para a área foliar específica (AFE), foi ajustado um modelo quadrático, para o qual foi estabelecido que valores acima de 215,63 mg de K dm<sup>-3</sup>, estão associados à AFE, superior às plantas-controle (Figura 16 A). A condição de RI 90% CPV foi relacionada aos maiores valores de AFT e AFE, quando comparados à RI 30% CPV, em todas as concentrações de potássio (Figura 15 e 16 A B).



**Figura 15.** Características morfológicas em maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300  $\text{mg dm}^{-3}$ ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso). (A, B) área foliar total (AFT).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

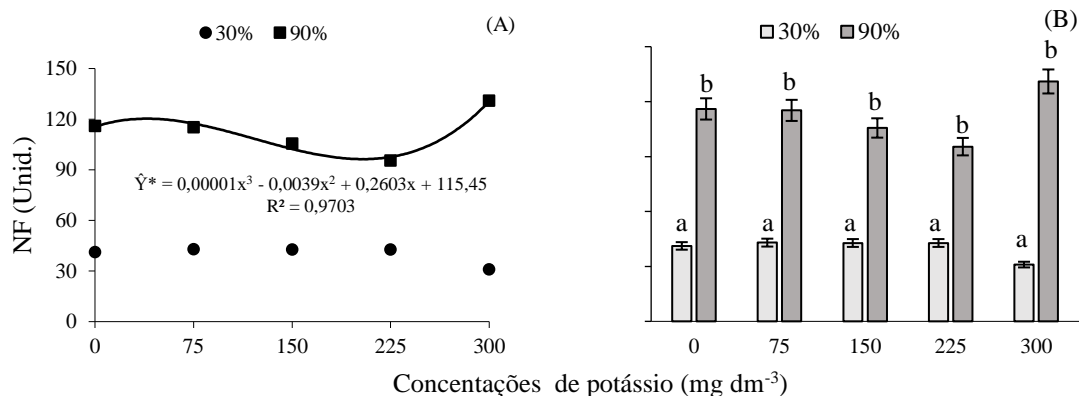


**Figura 16.** Área foliar específica (AFE) de maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims.) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300  $\text{mg dm}^{-3}$ ) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

Ao analisar o número de folhas (NF) de plantas em RI de 90% CPV em relação às concentrações de K, foi definido um modelo cúbico, sendo atingido o maior valor para 300  $\text{mg de K dm}^{-3}$ , não sendo definido modelo para esta relação em RI 30% CPV (Figura 17 A). Em relação aos regimes hídricos, as plantas sob RI de 90% CPV são superiores ao RI de 30% CPV.



**Figura 17.** Número de folhas (NF) de maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims) cultivado em vaso e ambiente protegido, submetido a diferentes concentrações de potássio (0, 75, 150, 225, 300 mg dm<sup>-3</sup>) e regimes hídricos (30 e 90% de capacidade de vaso).

As barras em cada coluna representam o erro padrão das médias (5%).

\*letras iguais não diferem entre si, pelo teste “Tukey” a 5% de probabilidade

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Isohidricidade

A isohidricidade é definida pela redução da condutância estomática e consequente limitação da transpiração, resultando na manutenção do potencial hídrico ( $\psi_w$  antemanhã) (Martínez-Vilalta e Garcia-Forner, 2016). Este fenômeno ocorre em diversas culturas, como no citrus (Romero-Trigueros et al., 2021), milho (Tardieu e Simonneau, 1998) e em algumas cultivares de uva (Lovisolo et al., 2010). O maracujazeiro azedo é classificado como uma planta isohídrica, modulando a perda de água através da regulação estomática e minimizando as flutuações no potencial hídrico e transpiração (Martínez-Vilalta e Garcia-Forner, 2016; Teixeira et al., 2023), entretanto, este processo é fortemente modulado pela intensidade do estresse.

O padrão clássico de restrição hídrica, imposto pelo regime de 30% CPV, foi instaurado em maracujazeiro azedo, sendo caracterizado por menores índices de potencial hídrico foliar *predown* ( $\psi_w$  antemanhã) e redução do teor relativo de água (TRA). Essa condição determinou menor crescimento (redução do diâmetro do caule, acúmulo de massas, área foliar, volume de raízes) e alteração metabólica (redução dos teores de carboidratos, maior acúmulo de prolina) em comparação ao verificado para as plantas mantidas em condição de RI de 90% CPV. Para o presente estudo, embora tenha sido observada a manifestação de mecanismos isohídricos, caracterizados pela redução da condutância estomática ( $g_s$ ) e da transpiração ( $E$ ), tais fatos não foram suficientes para

evitar flutuações do status hídrico das plantas ( $\psi_w$  antemanhã) e, conseqüentemente, mitigar o efeito condicionado de 30% CPV de restrição hídrica.

A restrição da condutância estomática ( $g_s$ ) foi determinante não somente para a redução dos valores da transpiração, mas também na diminuição das taxas de fotossíntese líquida potencial ( $A_{net}$ ) e capacidade de carboxilação ( $A/C_i$ ) (Figura 1F e 1H). Ao longo do desenvolvimento das plantas, esses fatores de natureza de avaliação pontual, quando integrados, reduziram o potencial de expressão de características de natureza cumulativa, como o acúmulo de massas (Figura 11B, 11D, 12B, 12D e 12F) e características morfológicas do maracujazeiro azedo (Figura 9D, 9F e 13 B).

Embora, para o presente estudo, o aumento das concentrações de K tenham tido como objetivo principal a verificação do efeito de mitigação deste elemento como indutor da condutividade hidráulica ( $L_p$ ), foi instalada uma condição de estresse por desequilíbrio nutricional e toxidez a partir da concentração de  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. Devido à absorção de K, Ca e Mg ocorrerem através de um mesmo sítio carregador, o aumento do K disponível no solo intensifica o efeito competitivo na absorção destes elementos (Malavolta, 1997). A toxidez do cloreto é bastante frequente, quando se utiliza KCl como fonte de K para o maracujazeiro azedo (Carvalho et al., 2001). Elevação da peroxidação dos lipídeos (aumento de teores de TBARS), elevação dos teores de prolina, redução do volume e massa fresca radicular são características que corroboram a ocorrência desse estresse.

Em concentrações superiores a  $150 \text{ mg dm}^{-3}$ , observa-se que, para plantas mantidas sob suprimento hídrico de 90% CPV, houve decréscimo de  $L_p$  e de trocas gasosas foliares. Contudo, neste caso, a restrição hídrica induzida pela salinidade em plantas mantidas em 90% CPV foi mais branda, permitindo a manifestação de mecanismos de isohidricidade do maracujazeiro azedo por meio da redução da condutividade estomática, redução da transpiração, resultando, enfim, na manutenção do  $\psi_w$  antemanhã (Figura 3C).

## 5.2. Transporte de água via xilema

O único indicador de status hídrico da planta mantido em igualdade entre plantas submetidas à condição de 30% e 90% CPV foi a condutividade hidráulica das plantas ( $L_p$ ), quando não foi submetido ao fator K (Figura 3F). Quando  $L_p$  foi analisada, a elevação das concentrações de K foram observadas, ocorrendo alterações diferenciadas

entre os regimes hídricos (30% CPV e 90% CPV). Tais alterações corroboram os pressupostos de Nardini et al. (2011), indicando que a elevação da  $L_p$  resulta em maior vigor de crescimento da parte aérea das plantas.

Em estudos relacionados à embolia dos vasos do xilema, o potássio (K) tem sido postulado como um fator de dissipação da ruptura da coluna de água no xilema, elevando  $L_p$  (Nardini et al., 2011). No presente estudo, essa relação entre  $L_p$  e concentrações de K foi observada somente para plantas de maracujazeiro azedo, conduzidas em 90% CPV, com a maximização de valores verificada para  $149 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$  e manutenção de  $L_p$  superiores ao controle (Figura 3E). Para plantas sob condição de 30% CPV, todos os valores de  $L_p$ , em função das elevações de K, foram inferiores ao controle ( $0 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$ ), com a ocorrência do menor valor de  $L_p$  verificado exatamente para a mesma concentração de  $149 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$  (Figura 3E).

Para plantas sob maior suprimento de água (90% CV), em uma situação em que os estômatos se mantiveram abertos, os modelos estabelecidos para as relações de trocas gasosas foliares e concentrações de K (Figura 1 A, 1C, 1E e 1G) foram mais semelhantes ao definido para  $L_p$ . Para as plantas conduzidas em 90% CPV, não foram observadas variações do  $\psi_{\text{wantemanhã}}$  em função das concentrações de K, pois é um parâmetro em uma condição na qual os estômatos se mantêm fechados, devido às avaliações serem realizadas no período antemanhã.

Em condição de restrição hídrica (30% CPV), a relação entre  $L_p$  e as concentrações de K foi definida por um modelo semelhante ao verificado para  $\psi_{\text{wantemanhã}}$  (Figura 3C). Para plantas sob restrição hídrica, a redução da condutância estomática ( $g_s$ ) condiciona uma relação mais próxima entre  $L_p$  e pressão radicular. Quando as plantas são submetidas à maior suprimento de água (90% CPV), o favorecimento à abertura de estômatos condiciona uma relação mais estreita entre  $L_p$  e os processos de corrente transpiratória. Embora a corrente transpiratória e pressão radicular sejam processos direcionados por fluxo de massa, as forças motrizes (tensão e pressão positiva) têm como origem a diferença de potencial na interface planta-atmosfera (tensão) (Hayat et al., 2020) e entre solo-planta (pressão positiva) (Sardans e Peñuelas, 2021).

Para as plantas submetidas a 90% CPV, embora os modelos relacionados às trocas gasosas foliares e  $L_p$ , em relação às concentrações de K, tenham sido definidos por modelos quadráticos semelhantes, ocorreram diferenças de simetria das parábolas. Os acréscimos da porção inicial até o ponto de inflexão das parábolas definidas para trocas gasosas foram menos expressivos em comparação ao verificado para  $L_p$  em função das

concentrações de K, atingindo valores de 12% e 264% superiores ao controle, respectivamente. Esse diferencial entre trocas gasosas e  $L_p$ , em relação às concentrações de K, foi associado à menor reciprocidade entre estas características, até a concentração de  $149 \text{ mg dm}^{-3}$ . A ativação de mecanismos de defesa (biossíntese de GPX) e elevação dos teores de açúcares solúveis foram fatores que restringiram danos ao tecido vegetal (indicado pela manutenção de baixos níveis de TBARs em plantas submetidas a 90% CPV, submetidas a concentrações de até  $149 \text{ mg dm}^{-3}$  de K).

Para as duas relações que envolvem trocas gasosas e  $L_p$  em função das concentrações de K em plantas sob 90% CPV, foi verificada similaridade na intensidade de decréscimos, a partir da inflexão de ambas as parábolas ( $149 \text{ mg dm}^{-3}$  K), com reduções de 64% e 75%, respectivamente. A partir dessa concentração de K, os valores de TBARs se elevaram, sendo associados à ocorrência de danos às membranas, devido à incapacidade de controle pelos mecanismos de defesa da planta. A expressão dos mecanismos isohídricos, relacionados à redução de  $g_s$ , neste caso, foi o fator para a redução da corrente transpiratória, resultando em decréscimos de  $L_p$ .

Para plantas submetidas à restrição hídrica (30% CPV), como disposto anteriormente, todos os valores de  $L_p$  foram inferiores ao controle em função das concentrações de K, ocorrendo ponto mínimo em  $149 \text{ mg dm}^{-3}$ . Nas concentrações iniciais de K (até  $149 \text{ mg dm}^{-3}$ ), foram observados decréscimos de  $L_p$ , devido a processos relacionados à pressão radicular. Embora o transporte de íons na raiz tenha natureza ativa (contra o gradiente de concentração, com acúmulo de íons na região da endoderme), a elevação da concentração de K, aliada à restrição hídrica, resulta em restrição desse processo e do direcionamento de K para o interior das raízes, reduzindo os valores de  $L_p$ .

A partir da concentração de  $149 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, foi verificada a elevação de valores de  $L_p$  das plantas mantidas sob 30% CPV em relação ao controle (Figura 3E). Assim como o estresse hídrico, a toxidez de íons pode induzir a formação de aerênquimas lisogênicos, a partir de células mortas que formam dutos de ar no córtex, reduzindo a absorção de íons tóxicos, como os cloretos (Ali et al., 2022), por mecanismo de exclusão ou impedimento (Liu et al., 2007). Esse fato foi verificado em plantas de milho (Ali et al., 2022) e soja (Silva; Batista; Lobato, 2021), com a ocorrência a formação de aerênquimas lisógenos. Outro aspecto importante relacionado aos aerênquimas é a sua função como barreira hidráulica, que reduz as perdas de água das raízes para o solo em condição de salinidade (Nobel e Cui, 1992; Robbins e Dinneny, 2015) e o menor gasto metabólico para manutenção das raízes com aerênquimas.

### 5.3. Metabolismo de carboidratos e prolina e morfologia

As alterações do metabolismo de carboidratos nas folhas do maracujá azedo, sob regime hídrico de 90% CPV, foi relacionada à ativação de mecanismos de defesa antioxidantes, mediante à instauração de efeitos de toxicidade de KCl. A redução dos teores de amido foi associada à elevação dos açúcares solúveis totais, direcionados para a ativação de enzimas peroxidativas, como a peroxidase do guaiacol (GPX). A ativação desse mecanismo antioxidante restringiu a peroxidação dos lipídeos das membranas, ocasionados por efeitos das concentrações de KCl, até o limiar de  $149 \text{ mg dm}^{-3}$ . A partir dessa concentração de K, tais mecanismos não foram suficientes para restringir danos oxidativos, ocorrendo a elevação de TBARs, indicando danos às membranas celulares.

A elevação de açúcares solúveis totais e de prolina contribuem para a redução do componente potencial osmótico ( $\psi_s$ ) do potencial hídrico ( $\psi_w$ ). Entretanto, para o presente estudo, a elevação destes metabólitos, mesmo com a redução de  $L_p$ , não afetaram o  $\psi_w$ , permanecendo constante, mediante as variações das concentrações de K. Neste caso, provavelmente, as variações das concentrações de K resultaram em elevação do potencial pressão ( $\psi_p$ ) e redução de  $\psi_s$ , mantendo o potencial hídrico constante.

O efeito das concentrações de potássio e do regime hídrico parece ter afetado as características morfológicas dos maracujazeiros azedos. O lançamento de folhas novas, com menor espessura e área foliar individual verificado neste estudo, não foi suficiente para evitar decréscimos de  $L_p$ , de forma semelhante ao observado por Mauri et al. (2020) em folhas de cafeeiros. Observou-se que, nas plantas submetidas a 90% CPV, para a concentração máxima de  $300 \text{ mg dm}^{-3}$  que induziu à toxidez, ocorreu elevação de emissão de folhas (Figura 18 A), com maior área foliar específica.

Folhas com morfologia semelhante à descrita anteriormente são associadas à maior densidade de nervuras de maior porte, vasos com menor calibre, com parede celular mais espessa (Cardoso et al., 2018). A maior rigidez da parede celular parece estar envolvida na manutenção do potencial hídrico (Nardini, 2022). Embora a elevação de concentrações de KCl tenha sido relacionada ao aumento da concentração de moléculas osmoticamente ativas (prolina e açúcares), esses fatores elevam o  $\psi_s$  (potencial osmótico), devido à maior rigidez da parede celular, o  $\psi_p$  é elevado, contribuindo para a estabilidade do  $\psi_w$ .

O aumento da espessura da parede celular condiciona maior capacidade de resistência física à turgidez ( $\psi_p$ , potencial pressão), possibilitando elevação da capacidade

de alongamento celular, mesmo sob redução da disponibilidade hídrica. A semelhança do presente estudo, em plantas de *Passiflora foetida*, a elevação da área foliar total em função do aumento da salinidade até 4 dS m<sup>-2</sup> foi verificada, mesmo sob redução do acúmulo de massa foliar (Souza et al., 2022). Para o presente estudo, o potencial de alongamento das células foi elevado, a partir de um mesmo valor de  $\psi_{\text{wantemanhã}}$ , resultando em maior número de folhas, com área individual menor que, integradas, fomentaram maior área foliar total das plantas de maracujazeiro azedo (Figura 16 A).

## 6. CONCLUSÕES

A regulação estomática e a consequente redução da transpiração são características isohídricas de maracujazeiros azedos, entretanto, a manutenção dos índices de potencial hídrico foliar não é expressa, quando a disponibilidade hídrica é severamente reduzida, não sendo possível a manutenção do metabolismo bioquímico e de acúmulo de massa.

Mecanismos isohídricos e antioxidantes são expressos para plantas sob condição de toxidez de cloreto de potássio, sendo possível verificar a manutenção do potencial hídrico e alongamento celular dos tecidos foliares da parte aérea do maracujazeiro azedo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdul-Sahib, A. M.; Al-Mayahi, A. M. W.; Sh. Hashim, M. Sh.; Abdul-Sahib, I. M. Effect of Paclobutrazol and potassium on growth of Date Palm *Phoenix dactylifera* L. seedlings. **Basrah Journal of Date Palm Research**, v. 20, p 2, 2020.

Ali, M. M. E.; Petropoulos, S. A.; Selim, D. A. F. H.; Elbagory, M.; Othman, M. M.; Omara, A. E. D.; Mohamed, M. H. Plant growth, yield and quality of potato crop in relation to potassium fertilization. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 675, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040675>

Ali, R.; Gul, H.; Rauf, M.; Arif, M.; Hamayun, M.; Husna; Khilji, A. A.; Din, A. U.; Sajid, Z. A.; Lee, I. J. Growth-promoting endophytic fungus (*Stemphylium lycopersici*) ameliorates salt stress tolerance in maize by balancing ionic and metabolic status. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 890565, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.890565>

Bang, T. C.; Husted, S.; Laursen, K. H.; Persson, D. P.; Schjoerrinf, J. K. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, n. 5, p. 2446-2469, 2021. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>

Bates, L. S.; Waldren, R. P. A; Teare, I. D. Teare. "Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p, 205-207, 1973.

Bonfim, R. A. A.; Cairo, P. A. R.; Barbosa, M. P.; da Silva, L. D.; Sá, M. C.; Almeida, M. F.; Oliveira, L. M.; Brito, S.; Gomes, F. P. Effects of plant growth regulators on mitigating water deficit stress in young yellow passion fruit plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 46, n. 7, p. 70. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11738-024-03694-0>

Borges, K. F.; Lorenzoni, R. M.; Fontes, M. M. P.; Milward-de-Azevedo, M. A. A família Passifloraceae sensu stricto do Espírito Santo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 71, p. e03212018, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202071084>

Bornal, D. R.; Silvestrini, M. M.; Salles Pio, L. A; Costa, A. C.; Peche, P. M.; Ramos, M. C. P. Brazilian position in the international fresh fruit trade network. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, p. e-021, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021021>

Bowles, A. M. C.; Papas, J.; Bechtold, U. Evolutionary origins of drought tolerance in spermatophytes. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 655924, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.655924>

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa no 20**, de 21 de jul. de 1999. Oficializa os métodos analíticos físico-químicos, para controle de produtos cárneos e seus ingredientes – sal e salmoura. Diário oficial da União. Brasília, DF, 27 jul. 1999.

Cardoso, A.A.; Brodribb, T. J.; Lucani, C. J.; DaMatta, F. M.; McAdam, S. A. Coordinated plasticity maintains hydraulic safety in sunflower leaves. **Plant Cell and Environment**, v. 41, p. 2567–2576, 2018. <https://doi.org/10.1111/pce.13335>

Carr, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of passion fruit (*Passiflora edulis Sims*): a review. **Experimental Agriculture**, v. 49, n. 4, p. 585-596, 2013.

Carvalho, A.J.C.; Martins, D.P.; Monnerat, P.H.; Bernardo, S.; Silva, J.A. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 403-408, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200041>

Casaroli, D.; Lier, Q. J. V. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 59-66, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100007>

Čatský, Jiří. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, v. 2, n. 1, p. 76-78, 1960.

Christou, A.; Manganaris, G.; Papadopoulou, I.; and Fotopoulos, V. **The importance of hydrogen sulfide as a systemic priming agent in strawberry plants grown under key abiotic stress factors**. In: International Workshop-Cost action FA0605 Plant Abiotic Stress: From Systems Biology to Sustainable Agriculture. P 47, 2011.

- Costa, F. M.; Anjos, G. L.; Camilo, G. B. M.; Oliveira, U. C. Souza, G. S.; Santos, A. R. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em diferentes composições de substrato e ambiente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 138-146, 2018. <https://doi.org/10.19084/RCA17230>
- Das, D.; Ullah, H.; Tisarum, R.; Cha-um, S.; Datta, A. Morpho-physiological responses of tropical rice to potassium and silicon fertilization under water-deficit stress. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-18, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00712-9>
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R. Phytomass and quality of yellow passion fruit seedlings under salt stress and silicon fertilization. **Comunicata Scientiae**, v.11, p.1-8. 2020. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.34>
- El-Deen, T. M. N.; El-Ghi, H. M. A. Growth control of hibiscus pot plants by foliar spraying with paclobutrazol and two sources of potassium. **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, v. 9, n. 1, p. 69-86, 2022. [10.21608/sjfop.2022.248726](https://doi.org/10.21608/sjfop.2022.248726)
- Emamverdiana, A.; Dinga, Y.; Mokhberdoran, F. The role of salicylic acid and gibberellin signaling in plant responses to abiotic stress with an emphasis on heavy metals. **Plant Signaling and Behavior**, v. 15, n. 7, p. 1777372, 2020. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1777372>© 2020
- Espindula, M. C.; Rocha, V. S.; Souza, T. L., Souza, M. A., Grossi, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 109-116, 2010. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.943>
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Junghans, T. G.; Jesus, O. N.; Miranda, D.; Wagner C. O. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. e-155, 2019. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019155>
- Faleiro, F. G.; Oliveira, J. da S.; Junqueira, N. T. V.; Santos, R. S. dos. **Banco de germoplasma de Passiflora L. 'Flor da Paixão' no portal Alelo recursos genéticos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019
- Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Jesus, O.N.; Costa, A.M.; Machado, C.F.; Junqueira, K.P. Araújo, F.P.; Junghans, T. Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, p. 15-37, 2017.
- Fang, S., Yang, H., Duan, L., Shi, J., Lin Guo, L. Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in sesame by enhancing photosynthesis and hormonal regulation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 200, p. 107744, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107744>
- Fonseca, A. F. A.; Verdin Filho, A. C.; Volpi, P. S.; Mauri, A. L.; Ferrão, M. A. G.; Ferrão, R. G.; Arantes, S. D.; Posse, S. C. P. **Clonal gardens, seed production and Conilon coffee seedling**. 3. ed, p. 289-325, 2019.

Giovanelli, L. B. **Análise econômica da produção de frutas e teor de flavonóides na folha do maracujazeiro pérola do cerrado submetido a lâmina de irrigação e doses de nitrogênio.** 2017. P. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/18445>

Grossnickle, S. C.; MacDonald, J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. **Forests**, v 9, p 283, 2018. <https://doi.org/10.3390/f9050283>

Hassan, M.; Dahu, N.; Hongning, T.; Qiaan, Z.; Yueming, Y.; Yiru, T.; Shimei, W. Drought stress in rice: morpho-physiological and molecular responses and marker-assisted breeding. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1215371, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1215371>

Hayat, F.; Ahmed, M. A.; Zarebanadkouki, M.; Javaux, M.; Cai, G.; Carminati, A. Transpiration Reduction in Maize (*Zea mays* L) in response soil drying. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1695, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01695>

He, X.; Luan, F.; Yang, Y.; Wang, Z.; Zhao, Z.; Fang, J.; Wang, M.; Zuo, M.; Li, Y. *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Frontiers Pharmacology**, v.11, p. 617 ,2020. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00617>

Heath, R.; Packer, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, v. 125, p. 189–198, 1968. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)

Heidari, F.; Shekari, F.; Andalibi, B.; Saba, J.; Uberti, D.; Mastinu, A. Comparative Effects of Four Plant Growth Regulators on Yield and Field Performance of *Crocus sativus* L. **Horticulturae**, v. 8, n. 9, p. 799, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090799>

Hubbard, R. M. Evidence that hydraulic conductance limits photosynthesis in old *Pinus ponderosa* trees. **Tree Physiology**, v. 19, p. 165-172, 1999.

Illouz-Eliaz, N.; Nissan, I.; Nir, I.; Ramon, U.; Shohat, H.; Weiss, D. Mutations in the tomato gibberellin receptors suppress xylem proliferation and reduce water loss under water-deficit conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 12, p. 3603-3612, 2020. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa137>

Ilyas, M.; Nisar, M.; Khan, N.; Hazrat, A.; Khan, A. H.; Hayat, K.; Fahad, X.; Khan, A.; Ullah, A. Drought tolerance strategies in plants: a mechanistic approach. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 926-944, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10174-5>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. **Produtividade de Maracujá.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em 08 de Maio de 2024.

Jesus, M. S.; Correia, D. P. A.; Pereira, L. B. B.; Marino, R. H. Germinação e Crescimento Inicial de Mudanças de Maracujazeiro Azedo em Substrato Colonizado por Fungos Comestíveis. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 28, n. 1, p. 44-51, 2024. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2024v28n1p44-51>

- Kawakami, S.; Morinaga, M.; Tsukamoto-Sen, S.; Mori, S.; Matsui, Y.; Kawama, T. Constituent characteristics and functional properties of passion fruit seed extract. **Life**, v.12, n.1, p. 38, 2021. <https://doi.org/10.3390/life12010038>
- Lanning, M.; Wang, L.; Novick, K. A. The importance of cuticular permeance in the evaluation of water use strategies by plants. **Tree Physiology**, v. 40, n. 4, p. 425-432, 2020. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa020>
- Legoas, C. R.; Tomazello-Filho, M.; Laclau, J. P.; Chaix, G. Potassium fertilization enhances xylem plasticity and growth recovery of *Eucalyptus grandis* trees in response to drastic changes in water availability. **Forest Ecology and Management**, v. 528, p. 120656, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120656>
- Lia, H. Zhou, P. Yang, Q. Shen, Y. Deng, J. Li Li, De Zhao. Comparative studies on anxiolytic activities and flavonoid compositions of *Passiflora edulis* 'edulis' and *Passiflora edulis* 'flavicarpa'. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 133, p. 1085-1090. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.039>.
- Lian, W.; Geng, A.; Wang, Y.; Liu, M.; Zhang, Y.; Wang, X.; Chen, G. The molecular mechanism of potassium absorption, transport, and utilization in rice. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 23, p. 16682, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms242316682>
- Liang, D.; Yousef, A. F.; Wei, X.; Ali, M. M.; Yu, W.; Yang, L.; Chen, F. Increasing the performance of Passion fruit (*Passiflora edulis*) seedlings by LED light regimes. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 20967, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00103-1>
- Lima, G. S.; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A.; Sousa, P. F.; Fernandes, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 26, p. 180-189, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n3p180-189>
- Lin, C. C.; Kao, C. H. NaCl induced changes in ionically bounds peroxidase activity in roots of rice seedlings. **Plant Soil**, v. 216, p. 147-153, 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1004714506156>
- Liu S. H., Fu B. Y., Xu H. X., Zhu L. H., Zhai H. Q., Li Z. K. Cell death in response to osmotic and salt stresses in two rice (*Oryza sativa* L.) ecotypes. **Plant Science** v.172, p.897-902, 2007.
- Lizarazo, M. Á.; Hernández, C. A.; Fischer, G.; Gómez, M. I. Response of the banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. mollissima) to different levels of nitrogen, potassium and magnesium. **Agronomía Colombiana**, v. 31, n. 2, p. 184-194, 2013.
- Lo, H. P.; Lou, L. Y.; Huang, T. B. Establishment of integrated propagation system on grafting plantlets of passion fruit (*Passiflora edulis*). **HortScience**, v. 58, n. 2, p. 170-177, 2023. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16797-22>
- Lopez, M. C.; Hurtado-Salazar, A.; Ocampo, J.; Silva, D. F. P.; Ceballos-Aguirre, N. Avaliação de maracujá-roxo em porta-enxerto tolerante à fusariose. **Pesquisa**

**Agropecuária Brasileira**, v. 58, n. AA, p. 03011, 2024. 10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03011

Lovisolato C.; Perrone I.; Carra A.; Ferrandino A.; Flexas J.; Medrano H.; Schubert A. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. **Functional plant biology**, v. 37, n. 2, p. 98-116, 2010. <https://doi.org/10.1071/FP09191>

Lozano-Montaña, P. A.; Sarmiento, F.; Mejía-Sequera, L. M.; Álvarez-Flórez, F.; Melgarejo, L. M. Physiological, biochemical and transcriptional responses of *Passiflora edulis* Sims f. *edulis* under progressive drought stress. **Scientia Horticulturae**, v 275, 109655, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109655>

Malavolta, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

Malavolta, E.; Vitti G. C.; Oliveira A. S. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**, v. 2, p. 115-230, 1997.

Martínez-Vilalta, J.; Garcia-forner, N. Water potential regulation, stomatal behaviour and hydraulic transport under drought: deconstructing the iso/anisohydric concept. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, n. 6, p. 962–976, 2016. <https://doi.org/10.1111/pce.12846>

Mauri, R.; Cardoso, A. A.; Da Silva, M. M.; Oliveira, L. A.; Avila, R. T.; Martins, S. C.; And Damatta, F. M. Leaf hydraulic properties are decoupled from leaf area across coffee species. **Trees**, v.34, p.1507-1514, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01983-y>

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.; Neto, J. F. B.; 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.

Miceli, A.; Moncada, A.; Sabatino, L.; Vetrano, F. Effect of gibberellic acid on growth, yield, and quality of leaf lettuce and rocket grown in a floating system. **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 382, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070382>

Miller, G. L. Use dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Biochemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

Mittler, R.; Zandalinas, S.I.; Fichman, Y.; Breusegem, F. V. Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 23, n. 10, p. 663-679, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00499-2>

Nagar, S.; Singh, V. P.; Arora, A.; Dhakar, R.; Singh, N.; Singh, G. P.; Meena, S.; Kumar. S.; Ramakrishnan, R. S. Understanding the role of gibberellic acid and paclobutrazol in terminal heat stress tolerance in wheat. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 692252, 2021. 10.3389/fpls.2021.692252

Nalina, M.; Saroja, S.; Chakravarthi, M. et al. Water deficit-induced oxidative stress and differential response in antioxidant enzymes of tolerant and susceptible tea cultivars under field condition. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03174-1>

Nandi, R.; Mukherjee, S.; Bandyopadhyay, P.K.; Saha, M.; Singh, K.C.; Ghatak, P.; Kundu, A.; Saha, S.; Nath, R.; Chakraborti, P. Assessment and mitigation of soil water stress of rainfed lentil (*Lens culinaris* Medik) through sowing time, tillage and potassic fertilization disparities. **Agricultural Water Management**, v. 277, p. 108120, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108120>.

Nardini, A. (2022). Hard and tough: the coordination between leaf mechanical resistance and drought tolerance. **Flora**, v. 288, 152023. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152023>

Nardini, A.; Salleo, S.; Jansen, S. More than just a vulnerable pipeline: xylem physiology in the light of ion-mediated regulation of plant water transport. **Journal of experimental botany**, v. 62, p. 4701-4718, 2011.

Nawaz, F.; Shehzad, M. A.; Majeed, S.; Ahmad, K. S.; Aqib, M.; Usmani, M. M.; Shabbir, R. N. Role of mineral nutrition in improving drought and salinity tolerance in field crops. **Agronomic Crops**, v. 3, p. 129-147, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-15-0025-1_8)

Nir, I.; Moshelion, M.; Weiss, D. The Arabidopsis gibberellin methyl transferase suppresses gibberellin activity, reduces whole-plant transpiration and promotes drought tolerance in transgenic tomato. **Plant, Cell and Environment**, v. 37, n. 1, p. 113-123, 2014. <https://doi.org/10.1111/pce.12135>

Nobel, P. S.; Cui, M. Shrinkage of attached roots of *Opuntia ficus-indica* in response to lowered water potentials predicted consequences for water uptake or loss to soil. **Annals of Botany**, v. 70, n. 6, p. 485-491, 1992. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088508>

Nunes, A. M. C.; Rodrigues, A. J. O.; Da Silva, M. P.; Moura, G. T. S.; Uchôa, E. S. A. **Efeito da adubação silicatada no cultivo do tomateiro sob estresse hídrico**. Irriga, v. 1, n. 2, p. 29-33, 2018.

Oliveira, H. G. G.; Messias, Jo. A.; Santana, E. V. P. Níveis de saturação de base em maracujazeiro amarelo: parte aérea e teor de clorofila. In: **8ª Jice-jornada de iniciação científica e extensão**. 2017.

Onyemaobi, O.; Sangma, H.; Garg, G.; Wallace, X.; Kleven, S.; Suwanchaikasem, P.; Roessner, U.; Dolferus, R. Reproductive stage drought tolerance in wheat: Importance of stomatal conductance and plant growth regulators. **Genes**, v. 12, n. 11, p. 1742, 2021. <https://doi.org/10.3390/genes12111742>

Qi, Y.; Ma, L.; Ghani, M. I.; Peng, Q.; Fan, R.; Hu, X.; Chen, X. Effects of drought stress induced by hypertonic polyethylene glycol (PEG-6000) on *Passiflora edulis* Sims physiological properties. **Plants**, v. 12, n. 12, p. 2296, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12122296>

- Raddatz, N.; Morales, R. L.; Lindahl, M.; Quintero, F. J.; Pardo, J. M. Coordinated transport of nitrate, potassium, and sodium. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 522530, 2020. 10.3389/fpls.2020.00247
- Robbins, N. E.; Dinneny, J. R. The divining root: moisture-driven responses of roots at the micro-and macro-scale. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 8, p. 2145-2154, 2015. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru496>
- Romero-Trigueros, C.; Gambín, J. M. B; Norte Tortosa, P. A.; Cabanero, J.J.A.; Nicolás Nicolás, E. Isohydricity of two different citrus species under deficit irrigation and reclaimed water conditions. **Plants**, v. 10, n. 10, p. 2121, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10102121>
- Santos, E. F.; Souza, M. N.; Oliveira, R. M.; Garcez, T. B.; Mazzafera, P.; Lavres, J. Enhancing potassium content in leaves and stems improves drought tolerance of eucalyptus clones. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 552–563, 2020. <https://doi.org/10.1111/ppl.13228>
- Sardans, J.; Peñuelas, J. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 419, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Scholander, P.F.; Hammel, H.T.; Hemmingsen, E.A.; Bradstreet, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 52, n. 1, p. 119-125, 1964. <https://doi.org/10.1073/pnas.52.1.119>
- Shohat, H.; Cheriker, H.; Kilambi, H. V.; Eliaz, N. I.; Blum, S.; Amsellem, Z.; Tarkowská, D.; Aharoni, A.; Eshed, Y.; Weiss, D. Inhibition of gibberellin accumulation by water deficiency promotes fast and long-term “drought avoidance” responses in tomato. **New Phytologist**, v. 232, n. 5, p. 1985–1998, 2021. <https://doi.org/10.1111/nph.17709>
- Silva Siqueira, R. H.; Chagas, E. A.; Martins, S. A.; Oliveira, A. H. C.; Silva, E. S. (2020). Seleção de substratos para a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em Roraima. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63. 2020.
- Silva, B. R. S.; Batista, B. L.; Lobato, A.K S. Anatomical changes in stem and root of soybean plants submitted to salt stress. **Plant Biology**, v. 23, n. 1, p. 57-65, 2021. <https://doi.org/10.1111/plb.13176>
- Singh, C. K.; Rajkumar, B. K.; Kumar, V. Differential responses of antioxidants and osmolytes in upland cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars contrasting in drought tolerance. **Plant Stress**, v. 2, p. 100031, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100031>.
- Smith, D. R.; Thorpe, T. A. Root initiation in cuttings of *Pinus radiata* seedlings: II. Growth regulator interactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 26, n. 2, p. 193-202, 1975. 10.1093/jxb/26.2.193

Song, S.; Zhang D, M. F.; Xing, W.; Huang, D.; Wu, B.; Chen, J.; Chen, D.; Xu, B.; Xu, Y. Genome-wide identification and expression analyses of the aquaporin gene family in passion fruit (*Passiflora edulis*), revealing petip3-2 to be involved in drought stress. **Revista Internacional de Ciências Moleculares**, v. 10, pág. 5720, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms23105720>

Souza, G. L. D.; Nascimento, A. P.; Silva, J. D. A.; Bezerra, F. T.; Silva, R. Í. D.; Cavalcante, L. F.; Mendonça, R. M. Growth of wild passion fruit (*Passiflora foetida* L.) rootstock under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.2, p.114-120, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n2p114-120>

Stenzel, N. M. C.; Auler, P. A. M.; Molina, R. O.; Soares Junior, D. Cultivo do maracujá-amarelo em áreas com ocorrência do vírus do endurecimento dos frutos (CABMV). Informe da Pesquisa - IAPAR, n. 161, p. 29, 2019.

Tardieu, F.; Simonneau, T. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. **Journal of Experimental Botany**, p. 419-432, 1998. <https://www.jstor.org/stable/23695975>

Teixeira, E. C. **Maracujazeiro amarelo submetido à restrição de crescimento por inibidores de giberelina na fase de mudas**. 2019. 122 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA.

Teixeira, E. C.; Matsumoto, S. N.; Pereira, L. F.; Castellani, M. A.; Almeida, C. S. Santos, C. E. M.; Lopes, J. C. Paclobutrazole use as a tool for anticipate water stress response of sour passion fruit, **Scientia Horticulturae**, v 307, 111480, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111480>

Teixeira, E. C.; Matsumoto, S. N.; Ribeiro, A. F. F.; Viana, A. E. S.; Tagliaferre, C.; Carvalho, F. D.; Pereira, L. F.; Silva, V. A. Morphophysiology and quality of yellow passion fruit seedlings submitted to inhibition of gibberellin biosynthesis. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, p. e51541, 2021. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.51541>

Teixeira, E. C.; Matsumoto, S. N.; Silva, D. D. C.; Pereira, L. F.; Viana, A. E. S.; Arantes, A. D. M. Morphology of yellow passion fruit seedlings submitted to triazole induced growth inhibition. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e020319, 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943020319>

Tittal, M.; Mir, R. A.; Jatav, K. S.; Agarwal, R. M. Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1149-1161, 2021. <https://doi.org/10.1111/ppl.13306>

Toro-Tobón, G.; Alvarez-Flórez, F.; Mariño-Blanco, H. D.; Melgarejo, L. M. Physiological and anatomical responses of *Passiflora tripartita* var. mollissima (Passifloraceae) in water deficit. **Revista de Biología Tropical**, V. 72, n.1. 2024. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.56532>

Verdin Filho, C. A.; Borghi, E. J. A.; Fornaciari, G.; Colodetti, T. V.; Rodrigues, W. N.; Comerio, M.; Posse, S. P. Limitações causadas pelas dimensões de tubetes sobre o

crescimento e qualidade de mudas clonais de cafeeiro conilon. **Pensar Acadêmico**, v. 19, n. 2, p. 281-296, 2021

Wang, Y.; Yi-Fang, C.; Wei-Hua, W. Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. **Journal of Integrative Plant Biolog.** v. 63, p. 34-62. 2020. <https://doi.org/10.1111/jipb.13053>

Willis, A. J.; Yemm, E. W. The micro-estimation of sugars in plant tissues. **The New Phytologist**, v. 54, n. 3, p. 289-291, 1955.

Xingyang, S.; Guangsheng, Z.; Qijing, H.; Huailin, Z. Stomatal limitations to photosynthesis and their critical Water conditions in different growth stages of maize under water stress. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106330, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106330>.

Yang, K.; Li, Y. Effects of water stress and fertilizer stress on maize growth and spectral identification of different stresses. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 297, p. 122703, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.122703>

Zahoor, R.; Zhao, W.; Dong, H.; Snider, J. L.; Abid, M.; Iqbal, B.; Zhou, Z. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 119, p. 21-32, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.08.011>

Zhang, H. Zhu, J. Gong, Z. Zhu, J. J. Abiotic stress responses in plants. **Nature Reviews Genética**, v. 2, p. 104-119, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41576-021-00413-0>

Zhang, Y. S.; Xu, Y.; Xing, W.; Wu, B.; Huang, D.; Ma, F.; Zhan, R.; Sun, P.; Xu, Y. Y.; Shun, C. Identification of the passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) MYB family in fruit development and abiotic stress, and functional analysis of PeMYB87 in abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1124351, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1124351>

Zhao, B.; Wu, F.; Cai, G.; Xi, P.; Guo, Y.; Yulin; Li, A. Physiological response mechanism and drought resistance evaluation of *Passiflora edulis* Sims under drought stress. **Phyton**, v 93, p. 6. 2024. <https://doi.org/10.32604/phyton.2024.050950>