UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

NUTRIÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO (*Passiflora edulis* Sims.) EM SISTEMA DE CULTIVO SEM SOLO RECIRCULANTE E ANÁLISE E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES

Graziela Goulart Tártari
Engenheira Agrônoma/UNIBAVE
Mestra em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutora em Fitotecnia
Área de Concentração: Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Dezembro de 2025

CIP - Catalogação na Publicação

Goulart Tartari, Graziela
NUTRIÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO (Passiflora edulis Sims.) EM SISTEMA DE CULTIVO SEM SOLO RECIRCULANTE E ANÁLISE E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES / Graziela Goulart Tartari. -- 2025.
120 f.
Orientador: Sergio Francisco Schwarz.

Coorientador: André Samuel Strassburger.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2025.

1. Passiflora edulis Sims. 2. Armazenamento de Sementes. 3. Teste de Tetrazólio. 4. Solução Nutritiva. 5. Cultivo Sem Solo (Ebb and Flow). I. Francisco Schwarz, Sergio, orient. II. Samuel Strassburger, André, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com osdados fornecidos pelo(a) autor(a).

GRAZIELA GOULART TÁRTARI
Engenheira Agrônoma - UNIBAVE
Mestra em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTORA EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 16.12.25
Pela Banca Examinadora

SERGIO FRANCISCO SCHWARZ
Orientador – PPG Fitotecnia
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

ANDRÉ SAMUEL STRASSBURGER
Coorientador – PPG Fitotecnia
UFRGS

Gilmar Schafer
PPG Fitotecnia/UFRGS

HENRIQUE BELMONTE PETRY
EPAGRI/SC

Mateus Pereira Gonzatto
PPGFIT/UFV

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais, Marizete Goulart e Vamilson Tártari, e ao meu irmão, Vamilson Tártari Júnior, por todo o amor, apoio e incentivo à minha formação. Mesmo à distância, sempre estiveram presentes, sendo minha base em todos os momentos desta caminhada.

Às minhas amigas Nathalia Olsen e Eduarda Alves Mourão, que seguem ao meu lado como irmãs escolhidas. Obrigada pelo carinho, pelas conversas que acolhem e impulsionam, e pela amizade que resiste ao tempo e à distância.

Aos meus orientadores, Prof. Sergio Francisco Schwarz e Prof. André Samuel Strassburger, pela confiança, orientação dedicada, incentivo constante e por compartilharem seus conhecimentos com generosidade. Sou imensamente grata por todo o apoio científico e humano durante este processo.

Ao colega Leonardo André Schneider, pela imensa contribuição à pesquisa, seja pela disponibilidade de espaço e estrutura, seja pela ajuda prática, pelo tempo dedicado e por todo o apoio ao longo dos experimentos. Sua colaboração foi essencial.

À equipe do GOPS e aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS, pelo acolhimento, pelas trocas de conhecimento, pela amizade e pelo suporte ao longo da jornada.

Aos estudantes de iniciação científica Leonardo Felippe Piva e Luis Henrique Ebeling, pela parceria e dedicação em todas as etapas experimentais. Obrigada pelo comprometimento, empenho e companheirismo no dia a dia de campo e de laboratório.

À Secretaria Estadual da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do Rio Grande do Sul, pela cessão do espaço no Laboratório de Tecnologia de Sementes e pelo apoio institucional. Agradeço, em especial, ao pesquisador Gilson Schlindwein, pela orientação, amizade e suporte nas atividades laboratoriais.

A todos os professores, técnicos e colaboradores do Departamento de Horticultura e Silvicultura da UFRGS, e ao CNPq, pelo apoio financeiro à pesquisa.

Enfim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero e profundo agradecimento.

NUTRIÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AZEDO (*Passiflora edulis* Sims.) EM SISTEMA DE CULTIVO SEM SOLO RECIRCULANTE E ANÁLISE E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES[1]

Autor: Graziela Goulart Tártari
Orientador: Sergio Francisco Schwarz
Corientador: André Samuel Strassburger

RESUMO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims.) é a principal espécie de maracujazeiro cultivada no Brasil, país que lidera a produção mundial dessa fruta. A qualidade dos insumos iniciais, especialmente sementes e mudas, determina o estabelecimento do pomar e influencia diretamente o rendimento ao longo do ciclo produtivo. A passicultura enfrenta desafios quanto à conservação de sementes, à avaliação rápida da viabilidade destas e ao manejo nutricional de mudas, agravados pela necessidade de maior rigor fitossanitário no contexto da virose do endurecimento dos frutos (VEF). Assim, o objetivo desta tese foi estudar a germinação e a produção de mudas de maracujazeiro-azedo 'SCS437 Catarina'. Os objetivos específicos incluíram: (i) avaliar os efeitos do teor de umidade e das condições de armazenamento sobre a germinação e o vigor das sementes; (ii) desenvolver um protocolo expedito para avaliação de sua viabilidade; (iii) verificar a possibilidade de assepsia das sementes; e (iv) desenvolver e validar uma solução nutritiva para produção de mudas em sistema *ebb and flow*. Foram conduzidos três estudos com sementes provenientes de pomares comerciais. No primeiro, as sementes foram secas até aproximadamente 6% ou 9% de umidade e armazenadas por 12 meses em freezer (-18 °C), refrigerador (6 °C) e câmara climatizada (20 °C), com avaliações periódicas de germinação e vigor. No segundo, visando padronizar o teste de tetrazólio, foram avaliados tempos de coloração de 2 a 24 h, duas concentrações da solução (0,5% e 1%) e número de sementes por repetição, além da comparação de métodos de assepsia física e química durante a germinação (hipoclorito de sódio, etanol 70% e areia esterilizada como substrato). No terceiro, formulou-se uma solução nutritiva específica para a espécie, a qual foi validada e estudada em diferentes níveis de condutividade elétrica (CE) no sistema de cultivo sem solo *ebb and flow*, considerando crescimento, biomassa e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). A conservação fisiológica das sementes foi maximizada pela combinação de baixa umidade e baixa temperatura, sendo -18 °C e 6 °C, com 6% de umidade, as melhores condições para manutenção da viabilidade e vigor por até 12 meses, enquanto 20 °C foi inadequada para conservação prolongada. O teste de tetrazólio mostrou-se eficiente para predizer a germinação, sendo recomendado o protocolo a 0,5% por 4-6 h no escuro, em duas repetições de 30 sementes. A areia foi o meio que proporcionou a maior germinação das sementes, mesmo sem ter passado por processo de assepsia. Em contraste, o uso de desinfestantes químicos reduziu significativamente a germinação. Os tratamentos químicos com vistas a sanitização das sementes reduziram vigor e germinação por fitotoxicidade. Para a solução nutritiva, obteve-se composição ideal de macronutrientes (em mmol L^{-1}): 15,00 NO_3^-; 2,50 $H_2PO_4^-$; 3,00 SO_4^{2-}; 1,00 NH_4^+; 8,00 K^+; 5,00 Ca^{2+}; 2,25 Mg^{2+}. A faixa de condutividade elétrica entre 2,56 a 2,71 dS m^{-1} é recomendada para maximizar IQD e produzir mudas mais vigorosas.

[1] Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (120f). Dezembro, 2025.

NUTRITION OF SOUR PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* Sims.) SEEDLINGS IN A RECIRCULATING SOILLESS CULTIVATION SYSTEM AND SEED ANALYSIS AND CONSERVATION[2]

Author: Graziela Goulart Tártari

Adviser: Sergio Francisco Schwarz

Co adviser: André Samuel Strassburger

ABSTRACT

Sour passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) is the main passion fruit species cultivated in Brazil, a country that leads global production of this crop. The quality of initial inputs, especially seeds and seedlings, determines orchard establishment and directly influences yield throughout the production cycle. Passion fruit cultivation faces challenges related to seed conservation, rapid assessment of seed viability, and nutritional management of seedlings, which are intensified by the need for stricter phytosanitary measures due to fruit woodiness virus disease (FWVD). Thus, the objective of this thesis was to study germination and seedling production of sour passion fruit 'SCS437 Catarina'. The specific objectives included: (i) evaluating the effects of moisture content and storage conditions on seed germination and vigor; (ii) developing a rapid protocol to assess seed viability; (iii) verifying the feasibility of seed disinfection; and (iv) developing and validating a nutrient solution for seedling production under an ebb-and-flow system. Three studies were conducted using seeds sourced from commercial orchards. In the first study, seeds were dried to 6% or 9% moisture and stored for 12 months in a freezer (-18 °C), refrigerator (6 °C), or controlled-environment chamber (20 °C), with periodic assessments of germination and vigor. In the second study, aimed at standardizing the tetrazolium test, staining times from 2 to 24 h, two solution concentrations (0.5% and 1%), and number of seeds per replicate were evaluated, along with a comparison of physical and chemical disinfection methods during germination (sodium hypochlorite, 70% ethanol, and sterilized sand as substrate). In the third study, a nutrient solution specific to the species was formulated, validated, and tested under different electrical conductivity (EC) levels in a soilless ebb-and-flow system, considering growth, biomass, and the Dickson Quality Index (DQI). Seed physiological conservation was maximized by the combination of low moisture and low temperature, with -18 °C and 6 °C at 6% moisture being the best conditions for maintaining viability and vigor for up to 12 months, whereas 20 °C was unsuitable for long-term storage. The tetrazolium test proved effective in predicting germination, and the protocol using 0.5% solution for 4-6 h in the dark, with two replicates of 30 seeds, is recommended. Sand provided the highest seed germination rates, even without any disinfection treatment, while chemical disinfectants significantly reduced germination. Chemical treatments aiming at sanitizing the seeds reduced vigor and germination due to phytotoxicity. For the nutrient solution, the ideal macronutrient composition obtained was (in mmol L^{-1}): 15,00 NO_3^-; 2,50 $H_2PO_4^-$; 3,00 SO_4^{2-}; 1,00 NH_4^+; 8,00 K^+; 5,00 Ca^{2+}; 2,25 Mg^{2+}. An electrical conductivity range of 2.56 to 2.71 dS m^{-1} is recommended to maximize DQI and produce more vigorous seedlings.

[2] Doctoral Thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (120p). December, 2025.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO 1

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

2.1 Cultivo e importância econômica de *Passiflora edulis* Sims 3

2.2 Propagação sexuada do maracujazeiro 4

2.2.1 Armazenamento e conservação das sementes 7

2.2.2 Teste de tetrazólio como método rápido de avaliação da viabilidade 10

2.2.3 Assepsia de sementes de maracujazeiro: importância e métodos 13

2.3 Sistema de cultivo sem solo na produção de mudas de maracujazeiro-azedo 16

2.3.1 Nutrientes essenciais para o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro-azedo 19

2.4 Referências 23

3 CAPÍTULO 1 - Conservação de sementes de maracujazeiro-azedo em diferentes condições de armazenamento 38

3.1 Introdução 39

3.2 Material e Métodos 40

3.3 Resultados e Discussão 43

3.4 Conclusões 59

3.5 Referências 59

4 CAPÍTULO 2 - Indicações para testes de viabilidade e para a assepsia de sementes em testes de germinação em laboratório 62

4.1 Introdução 63

4.2 Material e Métodos 64

4.2.1 Local e material vegetal 64

4.2.2 Protocolos padrão de avaliação 64

Página

4.2.2.1 Protocolo para aplicação do teste de tetrazólio 65
4.2.3 Assepsia de sementes 66
4.2.4 Análise estatística.....68
4.3 Resultados e Discussão.....68
4.3.1 Protocolo para aplicação do teste de tetrazólio.....68
4.3.2 Efeito das condições de armazenamento e do teor de umidade das sementes sobre o perfil fúngico.....75
4.3.3 Efeito dos tratamentos de assepsia na germinação.....76
4.4 Conclusões.....79
4.5 Referências.....80

5 CAPÍTULO 3 - Formulação e validação de solução nutritiva na produção de mudas de maracujazeiro-azedo em sistema *ebb and flow*.....83
5.1 Introdução 84
5.2 Material e métodos.....86
5.2.1. Localização dos experimentos de campo e sistema de produção.....86
5.2.2. Desenvolvimento de formulação da solução nutritiva completa.....86
5.2.3. Validação da formulação da solução nutritiva desenvolvida 89
5.2.4 Análise estatística 91
5.3 Resultados e Discussão.....91
5.4 Conclusões 101
5.5 Referências.....102

6. CONCLUSÕES.....106

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 107

8. ANEXO 109

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO 2 Página

1. Tratamentos de assepsia utilizados no experimento.....67
2. Média da viabilidade do embrião (%) em função da concentração da solução de tetrazólio e do período de imersão das sementes armazenadas de *P. edulis*. 70
3. Viabilidade de sementes recém-colhidas de *P. edulis* em função da concentração da solução de tetrazólio e do período de imersão.....72
4. Incidência (%) fúngica detectada em sementes de *P. edulis*, com 6 e 9 % de teor de umidade, armazenadas em refrigerador a 6 ºC (R), freezer -18 ºC (F) e câmara climatizada 20 ºC (CC).....75
5. Efeito de diferentes tratamentos de assepsia na germinação de sementes de *P. edulis* armazenadas por seis meses.....76
6. Efeito de diferentes tratamentos de assepsia na germinação de sementes recém colhidas de *P. edulis*.....78

CAPÍTULO 3

1. Composição mineral de referência das mudas de alto padrão.....87
2. Concentrações corrigidas para a formulação da SN.....88
3. Formulações da solução nutritiva e valores de condutividade elétrica (CE) utilizados no sistema *ebb and flow* para a produção de mudas avançadas de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*).....88

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 Página

1. Evolução da umidade das sementes de *P. edulis* durante 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (A e B), -18 °C (C e D) e 20 °C (E e F). As letras A, C e E correspondem ao Experimento 1, enquanto B, D e F correspondem ao Experimento 2. 45
2. Viabilidade das sementes de *P. edulis* determinada pelo teste de tetrazólio (TZ) ao longo de 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (Experimento 2, A) e 20 °C (Experimentos 1 B e 2 C) 47
3. Germinação das sementes de *P. edulis* durante 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (A e B), -18 °C (C e D) e 20 °C (E e F). As letras A, C e E correspondem ao Experimento 1, enquanto B, D e F correspondem ao Experimento 2. 49
4. Tempo médio de germinação (TMG) das sementes de *P. edulis* durante 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (A e B), -18 °C (C e D) e 20 °C (E e F). As letras A, C e E correspondem ao Experimento 1, enquanto B, D e F correspondem ao Experimento 2 52
5. Índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *P. edulis* durante 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (A e B), -18 °C (C e D) e 20 °C (E e F). As letras A, C e E correspondem ao Experimento 1, enquanto B, D e F correspondem ao Experimento 2. 54
6. Condutividade elétrica (CE) das sementes de *P. edulis* durante 12 meses de armazenamento sob diferentes temperaturas: 6 °C (A e B), -18 °C (C e D) e 20 °C (E e F). As letras A, C e E correspondem ao Experimento 1, enquanto B, D e F correspondem ao Experimento 2..... 57

CAPÍTULO 2

1. Relação entre a viabilidade pelo teste de tetrazólio e a germinação das sementes de *P. edulis*..... 69

Página

2. Teste de tetrazólio: A) Ausência de coloração do embrião das sementes embebidas por 2h nas diferentes concentrações de sal; B) Coloração muito intensa das sementes embebidas por 24h; C) Coloração considerada ideal do embrião das sementes de *P. edulis*..... 71
3. Relação entre a viabilidade (%) estimada pelo teste de tetrazólio, germinação (%) e o número de sementes de *P. edulis*.....74

CAPÍTULO 3

1. Sequência do preparo do perfil de cultivo do sistema *ebb and flow*..... 89
2. Solução nutritiva em sistema *ebb and flow*: A) Bombonas de 1000 L da Solução nutritiva (SN); B) entrada da SN no perfil de cultivo; C) perfil de cultivo cheio com a SN..... 90
3. FIGURA 3. Matriz de correlação das variáveis avaliadas em mudas de maracujazeiro-azedo (P. edulis) cultivadas sob diferentes condutividades elétricas (CE) da solução nutritiva aos 120 dias. A escala colorimétrica varia de -1 a +1, com coeficientes (r) no intervalo observado de 0,50 a 1,00..... 92
4. Altura (H), diâmetro do caule (DC) e relação altura/diâmetro do caule (RH/DC) de mudas de maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) cultivadas sob diferentes condutividades elétricas (CE) de solução nutritiva aos 120 dias..... 94
5. Número de folhas (NF) e área foliar (AF) de mudas de maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) cultivadas sob diferentes condutividades elétricas (CE) de solução nutritiva aos 120 dias. A = NF, B = AF. Símbolos cheios (●) representam o primeiro ano de avaliação e símbolos vazios (△) o segundo ano.....96
6. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) cultivadas sob diferentes condutividades elétricas (CE) de solução nutritiva aos 120 dias A = MSPA, B = MSR e C = MST. Símbolos cheios (●) representam o primeiro ano de avaliação e símbolos vazios (△) o segundo ano.....98
7. Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de maracujazeiro-azedo (*P. edulis*) cultivadas sob diferentes condutividades elétricas (CE) de solução nutritiva aos 120 dias. Símbolos cheios (●) representam o primeiro ano de avaliação e símbolos vazios (△) o segundo ano.....100

1. INTRODUÇÃO

Dentre as frutíferas de expressão econômica no Brasil, o maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims.) destaca-se principalmente pela qualidade de seus frutos e pela ampla aceitação pelo consumidor nacional (Meletti, 2011). O Brasil é atualmente o maior produtor e consumidor mundial de maracujá, sendo responsável por cerca de 56,3% da produção global. Desse total, aproximadamente 95% correspondem ao maracujazeiro-azedo (Petry & Marchesi, 2019). A passicultura destaca-se pela geração de emprego e renda, desempenhando papel relevante para a agricultura familiar (Petinari *et al.,* 2008; Queiroga *et al.,* 2024).

O crescimento expressivo da cultura e sua importância socioeconômica justificam a necessidade de estudos que visem melhorar os índices produtivos, começando pelo principal insumo agrícola: a semente. A qualidade das sementes de maracujá pode ser afetada por diversos fatores, como a irregularidade na maturação, influenciada pelas condições de cultivo e pelo período de colheita (Araújo *et al.,* 2007), além da presença de microrganismos patogênicos, características genéticas e aspectos relacionados ao beneficiamento, como métodos de extração, compostos químicos presentes no arilo, umidade e armazenamento inadequado (José *et al.,* 2019).

O conhecimento sobre a viabilidade das sementes ao longo do tempo é essencial para orientar os produtores quanto à melhor forma de armazenamento. Essa viabilidade é influenciada diretamente por fatores como umidade, temperatura de secagem e o ambiente de armazenamento (Catunda *et al.,* 2003; Carlesso *et al.,* 2008). Embora existam recomendações que indicam a possibilidade de armazenar sementes em temperatura ambiente por até três meses, e em refrigerador por até um ano, essas orientações ainda são pouco padronizadas (Meletti*,* 2000; Junghans *et al.,* 2017), dificultando a manutenção de padrões adequados de germinação.

A germinação das sementes de *P. edulis* ocorre de forma irregular, o que torna o processo ainda mais desafiador. Conforme as Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), as avaliações devem ser iniciadas no 7º dia após a semeadura (DAS) e

encerradas aos 28 DAS. No entanto, esse período pode ser longo para os viveiristas que necessitam de decisões rápidas. Nesse contexto, testes expeditos, como o de tetrazólio, podem ser uma alternativa para estimar rapidamente o potencial germinativo. Contudo, ainda não há um protocolo específico estabelecido para sua aplicação em sementes de maracujazeiro-azedo.

Além dos desafios inerentes à propagação, a fase de produção de mudas demanda atenção especial à adubação, uma vez que a adequada nutrição das plantas é essencial para o estabelecimento de pomares produtivos e de alta qualidade. Contudo, a fertilização nesse estágio ainda é frequentemente conduzida de forma empírica, com doses pouco ajustadas às reais exigências fisiológicas das mudas, o que pode comprometer o seu vigor. Com as recentes mudanças nas práticas de viveiro, incluindo alterações no tempo de cultivo, nas condições ambientais, no tamanho das mudas e dos recipientes e, frente à necessidade de adequação ao manejo da virose do endurecimento dos frutos (VEF) (Petry & Marchesi, 2019), torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento de recomendações técnicas específicas e baseadas em evidências para a nutrição adequada das mudas durante o seu crescimento inicial. Nesse contexto, destaca-se a relevância da formulação de soluções nutritivas ajustadas às exigências do maracujazeiro-azedo, visto que o cálculo adequado da composição e da concentração de nutrientes é fundamental para promover o crescimento equilibrado e garantir o desempenho das plantas no campo.

Diante do exposto, torna-se necessário caracterizar os aspectos fisiológicos e agronômicos relacionados à germinação e à produção de mudas do maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims.), com ênfase na cultivar SCS437 Catarina. Para isso, esta pesquisa teve como objetivos:

- Avaliar os efeitos do teor de umidade inicial, da temperatura e do período de armazenamento sobre a qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiro-azedo.
- Desenvolver um protocolo com método expedito para avaliação da qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiro-azedo.
- Verificar o impacto de diferentes tratamentos de assepsia na qualidade fisiológica e fitossanitária das sementes.
- Desenvolver e validar uma solução nutritiva adequada para a produção de mudas de maracujazeiro-azedo visando qualidade e desempenho agronômico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo e importância econômica de *Passiflora edulis* Sims.

O termo maracujá tem origem indígena, derivado de *Mara-Cuiá*, cuja tradução remete a ideia de "alimento em forma de cuia" (Meletti, 2000). Popularmente, a fruta também é chamada de "fruto da paixão", uma denominação que está intrinsecamente ligada ao nome científico do gênero *Passiflora* que em latim significa "flor da paixão". Essa nomenclatura foi estabelecida em referência ao simbolismo da flor em alusão à Paixão de Cristo (Reiter, 1998). O gênero *Passiflora L.,* pertencente à família Passifloraceae, apresenta ampla diversidade no território brasileiro, reunindo entre 150 e 200 espécies nativas, das quais aproximadamente 70 possuem uso alimentar reconhecido (Cunha, Barbosa & Junqueira, 2002).

No cenário da fruticultura brasileira, o maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims.) ocupa um papel de destaque, sendo responsável por mais de 95% da produção comercial da fruta (Petry & Marchesi, 2019) devido à sua alta produtividade, capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e aceitação consolidada no mercado (Meletti & Bruckner, 2001). O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, com uma área cultivada em 2024 de aproximadamente 47.082 hectares e produtividade média de 15.645 kg/ha (IBGE, 2024). Os estados da Bahia e Ceará concentram grande parte da área plantada, evidenciando a importância econômica e social da cultura, com a produção voltada principalmente para a indústria de sucos concentrados, abastecendo tanto o mercado interno quanto exportações (Andrigueto *et al.,* 2005; Queiroga *et al.,* 2024).

A planta é uma trepadeira perene, com crescimento vigoroso e indeterminado, podendo alcançar até 10 metros de comprimento. Seu sistema radicular é pivotante, com raízes finas concentradas nos primeiros 50 cm do solo (Manica, 1981). A espécie apresenta heterofilia marcante, com folhas iniciais de formato inteiro que evoluem para o padrão trilobado na fase adulta. Estas folhas, compostas por três lóbulos e glândulas peciolares nectaríferas, associadas às flores hermafroditas dispostas nas axilas foliares, são características morfológicas fundamentais para a identificação da espécie (Cervi &

Linsingen, 2008). Contudo, a distinção precisa em relação a outras espécies do gênero exige a observação de caracteres diagnósticos adicionais, como a morfologia da corona de filamentos e a disposição das glândulas no pecíolo (Bernacci *et al.,* 2008).

As flores, hermafroditas e isoladas nas axilas foliares, apresentam antese diurna, geralmente entre 12h e 13h, com duração aproximada de quatro horas (Vallini *et al.,* 1976; Ruggiero, 1998). Por ser autoincompatível, a espécie requer polinização cruzada, normalmente realizada por mamangavas (*Xylocopa* spp.) (Bruckner & Silva, 2001). Essa dependência reforça o uso da propagação sexuada por sementes para a produção de mudas comerciais, embora métodos vegetativos, como enxertia, estaquia e cultivo *in vitro*, também possam ser aplicados (Faleiro *et al.,* 2019).

O sucesso do cultivo da espécie depende da adoção de práticas adequadas desde a produção de mudas em viveiros protegidos (Junghans *et al.,* 2017) até o manejo em campo, incluindo a aclimatação prévia das mudas (Almeida *et al.,* 2014) e a condução das plantas em sistema de espaldeira vertical ou latada (Costa *et al.,* 2005; Komuro, 2008). Aspectos como luminosidade, manejo cultural (Lima *et al.,* 2002), despontamento apical e distribuição de ramos (Miranda, 2009; Cavichioli *et al.,* 2011), além de práticas de poda (Cavichioli *et al.,* 2006; Hafle *et al.,* 2014) e irrigação (Menzel *et al.,* 1986; Queiroga *et al.,* 2024), são determinantes para a produtividade e qualidade dos frutos.

Apesar de sua relevância, a cultura enfrenta desafios associados aos elevados custos de produção, especialmente em função da incidência de doenças (Araújo Neto *et al.,* 2008; Pires *et al.,* 2011; Landau & Silva, 2020), à oscilação de preços e à necessidade de elevar a produtividade média (Queiroga *et al.,* 2024). Além disso, o cultivo demanda investimentos consideráveis em práticas de polinização e no manejo fitossanitário (Quirino, 1998; Lima & Cunha, 2004; Yamamoto *et al.,* 2010; Arias-Suarez *et al.,* 2014). Neste contexto, a otimização da produção de mudas representa uma estratégia relevante para mitigar tais desafios e contribuir para o estabelecimento eficiente da cultura em campo.

2.2 Propagação sexuada do maracujazeiro

A propagação sexuada é o processo de reprodução de plantas que envolve a fecundação, com a união dos gametas masculino e feminino, resultando na formação de sementes (Taiz *et al.,* 2017). Para o *P. edulis*, este método é o mais utilizado devido à sua simplicidade operacional, custo inicial mais baixo e à rapidez na obtenção de mudas. Além disso, esse método facilita a produção em larga escala, reduzindo custos logísticos e o risco de disseminação de patógenos vegetais, como o vírus-do-endurecimento-dos-frutos, associado ao *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (Faleiro *et al.,* 2019). Outro benefício

importante é a variabilidade genética introduzida pela propagação sexuada, fundamental para a ocorrência da polinização cruzada e para a sustentabilidade da produção. Entretanto, essa variabilidade também pode resultar em maior desuniformidade entre plantas, com possíveis diferenças no vigor, na produtividade e na qualidade dos frutos, constituindo uma limitação quando se busca maior padronização do pomar (Faleiro *et al.,* 2019).

A qualidade fisiológica das sementes, que abrange o potencial germinativo e o vigor, é determinante para a obtenção de mudas uniformes e vigorosas (Carvalho & Nakagawa, 2012). Esse parâmetro está diretamente relacionado ao estádio de maturação dos frutos no momento da colheita, bem como às condições de extração, secagem e armazenamento das sementes (Faleiro *et al.,* 2019). Entre os desafios da utilização de sementes, destacam-se a germinação desuniforme e a perda de viabilidade durante o armazenamento, aspectos recorrentes em espécies do gênero *Passiflora* (Araújo *et al.,* 2016; Junghans & Jesus, 2020).

As sementes podem ser oriundas de cultivares clonais, obtidas via polinização dirigida (Jesus *et al.,* 2017), ou de cultivares de polinização aberta, como a SCS437 Catarina, que permite a multiplicação de sementes pelo próprio produtor (Petry & Marchesi, 2019). Desenvolvida em Santa Catarina e registrada em 2015, a SCS437 Catarina resultou de um esforço conjunto entre pesquisadores da Epagri, técnicos e produtores do litoral sul catarinense, sendo indicada para o mercado de frutas *in natura* devido aos seus atributos agronômicos favoráveis (Petry & Marchesi, 2019). A seleção rigorosa das plantas matrizes, com base em características agronômicas desejáveis, é essencial para garantir a qualidade genética e fisiológica das sementes (Silva *et al.,* 2019b).

A partir dessas plantas selecionadas, a colheita de frutos maduros constitui o primeiro passo na obtenção de sementes de qualidade (Silva *et al.,* 2019b). Contudo, o estádio ideal de maturação para extração das sementes do maracujazeiro-azedo ainda é motivo de controvérsias. Ruggiero (1998) recomenda a colheita de frutos com coloração amarelo intenso e extração imediata das sementes para preservar a qualidade fisiológica. Em contraste, Battistus *et al*. (2014) indicam frutos em estágio avançado de maturação, com casca enrugada, como os mais adequados. Já Negreiros *et al.* (2006) propuseram a classificação baseada na porcentagem de coloração amarela da casca: estádio 1 (frutos iniciando a transição de cor), estádio 2 (5% a 50% de casca amarela) e estádio 3 (mais de 50% de casca amarela), demonstrando que o grau de maturação no momento da colheita impacta diretamente a reserva nutricional e o vigor da semente.

Nesse contexto, Tartari *et al.* (2025) constataram que frutos colhidos aos 64 e 71 dias após a antese (DAA), já com coloração amarela da casca, permitem a extração imediata das sementes, dispensando armazenamento pós-colheita. Por outro lado, para frutos colhidos em

estádios menos avançados de maturação (casca verde, entre 50 e 57 DAA), o armazenamento pós-colheita por pelo menos 16 dias é recomendado para promover o amadurecimento fisiológico contínuo das sementes, garantindo maior vigor e germinação.

De acordo com a fisiologia das sementes, o ponto de colheita ideal coincide com o momento em que as sementes atingem o máximo acúmulo de matéria seca, caracterizando sua maturação fisiológica (Carvalho & Nakagawa, 2012).

Após a colheita, as sementes são geralmente extraídas por fricção em água corrente, com ou sem abrasivos, para remoção do arilo (Aguiar *et al.,* 2014; Junghans *et al.,* 2017). A fermentação da polpa é uma alternativa viável, especialmente em pequena escala, enquanto o uso de tratamentos ácidos ou enzimáticos é aplicado em operações maiores, demandando cuidados para evitar danos às sementes (Aguiar *et al.,* 2014; Junghans *et al.,* 2017). Após a extração, as sementes devem ser secas adequadamente, reduzindo seu teor de água a níveis entre 8 a 10%, a fim de garantir sua conservação (Catunda *et al.,* 2003; Junghans *et al.,* 2017). A secagem lenta, de preferência à sombra e em ambiente ventilado, é recomendada para manter a integridade fisiológica. A semeadura pode ser realizada em sementeiras ou recipientes definitivos, utilizando substratos com características adequadas ao desenvolvimento das mudas (Souza *et al.,* 2006; Back *et al.,* 2017).

Além dos procedimentos de extração e secagem, a maturação fisiológica e a dormência são fatores determinantes para a germinação e a uniformidade das mudas, exigindo manejo cuidadoso durante o processo de propagação (Martins *et al.,* 2005; Araújo *et al.,* 2016; Faleiro *et al.,* 2019). A dormência, um mecanismo comum no gênero *Passiflora* que limita a germinação a condições ambientais favoráveis (Ribeiro *et al.,* 2021), também se manifesta em *P. edulis* como dormência temporária em sementes recém-colhidas. Essa dormência é geralmente superada após 30 a 40 dias de armazenamento, resultando em altas taxas de germinação (Meletti *et al.,* 2002). Adicionalmente, o método de remoção do arilo pode influenciar esse processo (Junghans & Jesus, 2020).

A propagação sexuada permanece como um método eficiente e acessível para a produção de mudas de maracujazeiro, sendo a base para o fornecimento de material genético em programas de cultivo. No entanto, a obtenção de mudas com alta qualidade está diretamente relacionada à escolha criteriosa das plantas matrizes, à seleção adequada dos frutos e sementes, bem como ao controle rigoroso das condições de umidade e armazenamento.

2.2.1 Armazenamento e conservação das sementes

A eficiência na conservação de sementes é fundamental para a produção de mudas de alta qualidade, impactando diretamente o estabelecimento das plantas e a produtividade agrícola. A manutenção da viabilidade e do vigor durante o armazenamento depende criticamente da maturidade fisiológica na colheita, do processo e das condições de secagem (Carvalho & Nakagawa, 2012; Ricci *et al.,* 2013).

A viabilidade das sementes está relacionada à sua capacidade de germinar e originar plântulas normais quando submetidas a condições adequadas de germinação, preservando essa capacidade quando armazenadas sob condições ambientais apropriadas (Carvalho & Nakagawa, 2012). De modo geral, sementes ortodoxas, como as de maracujá, são capazes de tolerar baixos níveis de umidade (entre 3 e 7%) e podem ser armazenadas por longos períodos sem perda significativa de viabilidade, especialmente quando mantidas em temperaturas baixas (Carvalho & Von Pinho, 1997; Lima *et al.,* 2010). No caso das sementes do *P. edulis*, seu comportamento é predominantemente ortodoxo, permitindo a secagem até teores de umidade entre 4 e 6% sem prejuízo à germinação (Catunda *et al.,* 2003; Meletti *et al.,* 2007). No entanto, variações genotípicas entre acessos podem indicar comportamentos intermediários quanto à tolerância à secagem (Meletti *et al.,* 2002).

Além da viabilidade, o vigor é um parâmetro importante na avaliação da qualidade das sementes. De acordo com a *International Seed Testing Association* (ISTA), o vigor está relacionado à capacidade das sementes de emergirem e se desenvolverem sob condições ambientais adversas, além de influenciar a uniformidade e velocidade da germinação e a manutenção da capacidade germinativa durante o armazenamento (ISTA, 2021). O vigor é particularmente sensível ao processo de deterioração, que ocorre gradualmente, muitas vezes antes mesmo da perda da viabilidade (Delouche & Baskin, 1973; Krzyzanowski *et al.,* 2022). Inicialmente, a deterioração pode causar danos às membranas celulares, comprometendo sua integridade e, por consequência, reduzindo a taxa de germinação e tornando as sementes mais suscetíveis a estresses ambientais (Delouche & Baskin, 1973).

Estudos em maracujazeiro-azedo demonstram que o armazenamento inadequado das sementes, particularmente quando associado ao elevado teor de água presente após a colheita (geralmente maior do que 30% em base úmida), acelera a deterioração, comprometendo o vigor e a germinação (Carlesso *et al.,* 2008; Junghans *et al.,* 2017). Esse alto teor de água favorece a respiração celular e o crescimento de patógenos, resultando em perda da qualidade fisiológica das sementes e enfatizando a importância de práticas adequadas de secagem e armazenamento (Rosa *et al.,* 2023).

A desidratação controlada da água até níveis que garantam estabilidade fisiológica sem danificar as células é indispensável para um armazenamento seguro, minimizando danos e conservando o potencial fisiológico (Marcos Filho, 2015). Entretanto, o processo exige cautela, pois temperaturas elevadas, embora acelerem a perda de umidade, podem causar danos térmicos irreversíveis, afetando enzimas, proteínas e estruturas celulares, o que compromete a germinação e pode induzir estresse oxidativo (Timple & Hay, 2018; Rosa *et al.,* 2023).

A sensibilidade das sementes ao calor durante a secagem depende de diversos fatores, como o estado fisiológico inicial, o teor de água no momento do processamento, características genéticas e as condições empregadas na secagem, incluindo temperatura, tempo de exposição e taxa de desidratação. Esses elementos influenciam diretamente a resposta fisiológica das sementes, exigindo ajustes criteriosos para preservar sua qualidade (Oliveira, Rosa & Carvalho, 2021). Quando conduzida de forma inadequada, a secagem pode provocar sérios danos, como rachaduras no tegumento, fusão de componentes lipídicos e proteicos, desorganização celular e ruptura das membranas plasmáticas, comprometendo a integridade das sementes (Wang *et al.,* 2017; Taiz *et al.,* 2017; Krzyzanowski *et al.,* 2022). Temperaturas elevadas durante a secagem podem ser prejudiciais, estando associadas não apenas a perdas imediatas de viabilidade, mas também a danos latentes, como a redução da longevidade das sementes durante o armazenamento e o declínio da germinação e do vigor ao longo do tempo (Timple & Hay, 2018).

Considerando as condições de armazenamento, a faixa ideal de umidade para o armazenamento seguro das sementes varia conforme a espécie. Estudos mostram perda total de germinação das sementes de maracujazeiro-azedo em 12 meses em condições não controladas (Siqueira & Pereira, 2001), enquanto a refrigeração (5 a 10 °C) pode estender a viabilidade por até um ano com teor de umidade adequado (Junghans *et al.,* 2017). Recomendações para armazenamento de até 10 meses indicam 8 a 10% de umidade a 4 °C e 60% UR (Catunda *et al.,* 2003). Para períodos de 90 a 180 dias, recipientes de vidro ou polietileno mantêm alta germinação quando as sementes são armazenadas a 15 °C (Carlesso *et al.,* 2008). Embalagens permeáveis são recomendadas para longos períodos (maiores do que 10 meses) para manter a germinação próxima a 80% (Catunda *et al.,* 2003). A escolha da embalagem deve considerar o teor de umidade das sementes e as condições ambientais.

A combinação de teor de umidade e temperatura é determinante para a conservação das sementes de maracujazeiro-azedo. Fonseca e Silva (2005) verificaram que teores de umidade entre 7 e 17% a 10 °C mantêm o potencial germinativo por até 350 dias. Meletti *et al.* (2002) e Nascimento, Vidal & Resende (2011) indicam que teores de umidade em torno

de 10 % (b.u.) sob temperatura controlada de 20 °C proporcionam boas condições de armazenamento. Carlesso *et al.* (2008) observaram que a secagem em temperaturas elevadas (30-40 °C) pode aumentar o vigor das sementes, desde que o teor de umidade final seja controlado. No entanto, o armazenamento prolongado, mesmo em condições estáveis, não impede a redução inevitável da viabilidade ao longo do tempo.

Para o armazenamento de longo prazo, níveis de umidade entre 5 e 7% auxiliam no controle de patógenos e favorecem a conservação, especialmente em embalagens impermeáveis, que requerem teores próximos de 6% (Nascimento, Vidal & Resende, 2011). O uso de embalagens permeáveis, aliado ao controle de temperatura e umidade, pode manter a germinação em níveis elevados por períodos superiores a dez meses (Catunda *et al.,* 2003).

Ambientes com temperaturas abaixo de 15 °C associadas a umidade relativa próxima de 40%, associados a baixos teores de água (inferiores a 9%), inibem a atividade de pragas e fungos, prolongando a viabilidade de diferentes espécies de sementes (Nascimento, Vidal & Resende, 2011; Penteado, 2021). A taxa respiratória das sementes aumenta com a temperatura e o teor de água, tornando o resfriamento uma alternativa eficiente em regiões quentes. No entanto, temperaturas excessivamente baixas também podem prejudicar a qualidade fisiológica, exigindo atenção no manejo do armazenamento (Srivastava *et al.,* 2015).

Nesse contexto, os Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs) desempenham um papel estratégico na conservação e disponibilização de sementes com alta qualidade fisiológica, assegurando a manutenção da viabilidade e da variabilidade genética ao longo do tempo. Além de promover a conservação *in situ* e *ex situ*, esses bancos viabilizam o uso imediato ou futuro dos recursos genéticos em programas de pesquisa e melhoramento (Godoy *et al*., 2007; Junghans *et al.*, 2010). Um exemplo notável é o Banco Ativo de Germoplasma "Flor da Paixão", da Embrapa Cerrados, que conserva espécies de maracujazeiro com potencial ornamental, medicinal e comercial, contribuindo para a ampliação da base genética, a mitigação da erosão genética e a preservação da biodiversidade brasileira (Faleiro *et al*., 2009).

A diversidade genética mantida nos BAGs é fundamental para o desenvolvimento de novas cultivares com características agronômicas superiores, como a resistência a doenças. Os programas de melhoramento têm como objetivo ampliar a base genética e incorporar genes de interesse por meio da hibridação interespecífica, especialmente em cultivares de relevância econômica, como o maracujazeiro-azedo (Faleiro *et al.,* 2009; Meletti, 2011).

A conservação eficiente das sementes de *P. edulis* depende do controle rigoroso da secagem e das condições de armazenamento, pois falhas nesse processo comprometem a

germinação e aceleram a deterioração fisiológica (Generoso *et al.*, 2019). Assim, a adoção de práticas adequadas de secagem, o uso de embalagens apropriadas e o armazenamento sob baixa temperatura e umidade relativa são essenciais para preservar o potencial fisiológico das sementes ao longo do tempo (Marcos Filho, 2005; Carvalho & Nakagawa, 2012; Rosa *et al.,* 2023).

2.2.2 Teste de tetrazólio como método rápido de avaliação da viabilidade

A qualidade fisiológica das sementes, atributo essencial que determina seu valor para o plantio, é definida principalmente pelos componentes de germinação e vigor. Esses parâmetros, quando associados, indicam o potencial da semente para emergir e estabelecer-se de maneira eficiente no campo, mesmo sob diferentes condições ambientais, assegurando a formação de populações adequadas e, consequentemente, a produtividade da cultura (Carvalho & Nakagawa, 2012; Krzyzanowski *et al.,* 2022; Prasad, 2023).

O teste de germinação é amplamente utilizado como método padrão para a avaliação dessa qualidade fisiológica, especialmente no contexto da comercialização de sementes. No entanto, o tempo requerido para a obtenção dos resultados, sobretudo em espécies que apresentam germinação lenta, pode representar um entrave à agilidade nos processos decisórios da indústria de sementes (França Neto & Krzyzanowski, 2018). No caso do maracujazeiro-azedo, o teste de germinação pode demandar até 28 dias para sua conclusão, o que torna necessário o uso de métodos complementares mais rápidos, como o teste de tetrazólio (Brasil, 2009).

O teste de tetrazólio é um método bioquímico que permite avaliar a viabilidade das sementes de forma rápida e eficiente. O procedimento baseia-se na imersão das sementes em uma solução incolor do sal tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto ou brometo de tetrazólio), que atua como indicador da atividade respiratória dos tecidos. Durante a embebição, os íons H^+ liberados no processo de respiração celular são transferidos por meio da ação das enzimas desidrogenases, que reduzem o tetrazólio e promovem a formação de uma coloração rósea nos tecidos viáveis. Em contraste, os tecidos inviáveis permanecem incolores, permitindo a identificação precisa da viabilidade das sementes (Copeland & McDonald, 2001; Brasil, 2009).

O princípio do teste de tetrazólio fundamenta-se na atividade das enzimas desidrogenases, responsáveis por catalisar reações essenciais no metabolismo respiratório, tanto durante a glicólise quanto no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (ou de Krebs) (Copeland & McDonald, 2001; França Neto & Krzyzanowski, 2018). Na glicólise, destaca-se a ação da enzima gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, neste mesmo ciclo participam cinco

desidrogenases principais: piruvato desidrogenase, isocitrato desidrogenase, α-cetoglutarato desidrogenase, succinato desidrogenase e malato desidrogenase. Estas enzimas, especialmente a malato desidrogenase, possuem a capacidade de reduzir o sal de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio), promovendo a coloração característica nos tecidos metabolicamente ativos, o que permite a distinção entre tecidos viáveis e inviáveis (Peters, 2007; França Neto & Krzyzanowski, 2018).

Quando as sementes são imersas em uma solução incolor de sal de tetrazólio, o composto se difunde livremente pelos tecidos. Nas células viáveis, a atividade respiratória promove uma reação de redução, na qual o tetrazólio atua como receptor de íons hidrogênio (H^+) liberados durante o processo metabólico (Damasceno *et al.,* 2015; França Neto & Krzyzanowski, 2018). Essa reação resulta na formação de um composto vermelho, estável e insolúvel denominado trifenilformazan, ou simplesmente formazan, cuja coloração permite a identificação visual dos tecidos metabolicamente ativos (França Neto & Krzyzanowski, 2018; Prasad, 2023). A atividade respiratória pode ser observada em diferentes regiões da semente, especialmente nos cotilédones, na radícula e no tecido escutelar do embrião, bem como em tecidos nutritivos do endosperma, nos tecidos do gametófito feminino em gimnospermas e na camada de células de aleurona presente no interior do pericarpo de gramíneas (Peters, 2007; Taiz *et al.,* 2017; França Neto & Krzyzanowski, 2018).

O desenvolvimento bem-sucedido do teste de tetrazólio é resultado de avanços progressivos na pesquisa com sementes, os quais ampliaram o entendimento sobre a fisiologia e a biologia das sementes ao longo do tempo. A correta aplicação desse teste exige do analista um conhecimento aprofundado da morfologia e da estrutura interna da semente, incluindo a identificação da localização e do formato do embrião, a caracterização do tipo de tecido de reserva, bem como a compreensão das propriedades do tegumento, entre outros aspectos. A partir dessa base técnica, a viabilidade das sementes pode ser estimada tanto pela intensidade quanto pelo padrão de coloração dos tecidos após a exposição ao reagente, refletindo diretamente a integridade e a atividade metabólica das estruturas embrionárias (Prasad, 2023).

O teste de tetrazólio apresenta diversas vantagens e algumas limitações em comparação com outros métodos de avaliação da qualidade de sementes (França Neto & Krzyzanowski, 2018; Prasad, 2023). Ele não é afetado por fatores que comprometem o desempenho de testes baseados no crescimento, como o teste de germinação, e permite a avaliação individualizada da viabilidade e vigor das sementes. Além disso, exige equipamentos simples e de baixo custo, tornando-se uma alternativa eficiente e acessível. O teste também não apenas estima a viabilidade, mas identifica diferentes níveis de vigor e detecta danos específicos, como

lesões mecânicas, danos por percevejos e estresses causados por condições ambientais adversas, como secagem inadequada e geadas (França Neto & Krzyzanowski, 2018; Prasad, 2023).

Apesar de suas vantagens, o teste de tetrazólio possui algumas limitações. Sua aplicação exige conhecimento da anatomia das sementes e habilidade técnica para interpretar corretamente os padrões de coloração, já que o resultado depende diretamente do julgamento do analista. Além disso, embora forneça resultados em um intervalo de tempo menor do que o teste de germinação, a análise detalhada de cada amostra pode demandar maior dedicação do analista, tornando o procedimento relativamente mais trabalhoso. O método também não permite avaliar a eficácia de tratamentos químicos ou identificar possíveis efeitos fitotóxicos, restringindo-se à determinação da viabilidade fisiológica (França Neto & Krzyzanowski, 2018; Prasad, 2023).

O teste de tetrazólio se baseia na atividade respiratória das células vivas, sendo influenciado por qualquer fator que afete a viabilidade ou o metabolismo da semente. Lesões nas sementes podem apresentar colorações e localizações específicas que exigem reconhecimento cuidadoso (Moore, 1985; França Neto & Krzyzanowski, 2018).

Apesar dessas limitações, o teste de tetrazólio é valorizado por fornecer uma análise mais detalhada e uma quantidade significativamente maior de informações sobre a qualidade das sementes, tornando-se uma ferramenta importante, sobretudo em situações que demandam respostas rápidas e confiáveis para a tomada de decisão (França Neto & Krzyzanowski, 2018).

A germinação não uniforme das sementes de *P. edulis* reforça a necessidade de um método rápido e eficiente para determinar sua viabilidade e potencial germinativo, o que motiva o desenvolvimento de um protocolo de aplicação do teste de tetrazólio. A inexistência de uma recomendação específica para as passifloráceas nas atuais Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009) implica que muitos pesquisadores adaptem metodologias existentes para outras espécies. Embora essas adaptações permitam obter resultados, carecem de uma correlação estabelecida e de um valor de confiabilidade amplamente aceito.

Como exemplos dessas adaptações, Pádua *et al.* (2011) pré-condicionaram sementes de *P. setacea* em água por 24 horas a 30 °C, cortaram a extremidade distal do eixo embrionário e as embeberam em solução de tetrazólio a 0,75% a 30 °C por 24 horas. Damasceno *et al.* (2015), buscando aferir a viabilidade de sementes de *P. edulis*, testaram a imersão em solução de tetrazólio a 1% por três horas em estufa a 40 °C e por 24 horas em BOD a 25 °C, concluindo que a metodologia de 24 horas a 25 °C foi a mais adequada, especialmente para lotes de sementes mais velhos. De modo distinto, Silva *et al.* (2019a) realizaram o teste em

sementes de *P. elegans* Mast. com pré-condicionamento de 16 horas a 25 °C, seguido de corte longitudinal e imersão em solução de tetrazólio a 0,05% no escuro em banho-maria a 36 °C por 24 horas.

Embora os autores mencionem a comparação dos resultados do teste de tetrazólio com a porcentagem de germinação para validar sua eficácia, a significativa variação nos métodos empregados suscita dúvidas e enfatiza a urgência de um protocolo padrão e efetivo para determinar a viabilidade do embrião. A padronização de protocolos específicos para o maracujazeiro-azedo é, portanto, essencial não apenas para a confiabilidade na avaliação da viabilidade das sementes, mas também para a otimização de todo o processo de produção de mudas, o que assegura maior uniformidade no campo e eficiência produtiva.

2.2.3 Assepsia de sementes de maracujazeiro: importância e métodos

A qualidade fitossanitária das sementes de maracujazeiro, associada diretamente à qualidade fisiológica, constitui um fator determinante para o sucesso da produção de mudas e a sustentabilidade de viveiros e pomares (Faleiro *et al.,* 2019). Sementes contaminadas representam um eficiente veículo de transmissão de patógenos, comprometendo a germinação, o vigor das plântulas e disseminando doenças em áreas de cultivo (Parisi *et al.,* 2018; Basu & Groot, 2023). A adoção de práticas de assepsia é, portanto, essencial para garantir o estabelecimento de plantas produtivas.

Entre os patógenos que afetam o maracujazeiro, a verrugose, causada pelo fungo *Cladosporium herbarum*, merece destaque. Essa doença prejudica significativamente a germinação e o desenvolvimento, podendo causar perdas econômicas consideráveis (Peruch, Colariccio & Batista, 2018). Estudos indicam uma alta incidência da verrugose, com potencial para causar mortalidade de até 81% em plântulas de maracujazeiro-azedo (Back *et al.,* 2017).

A contaminação das sementes pode ocorrer tanto superficialmente quanto internamente, sendo a interna mais difícil de controlar (Basu & Groot, 2023). Além dos patógenos de campo, fungos de armazenamento, como *Aspergillus* e *Penicillium*, representam um risco à qualidade das sementes. Favorecidos por alta umidade e temperaturas elevadas durante a colheita, beneficiamento e armazenamento (Carneiro, 1995), esses fungos podem levar ao apodrecimento e à redução da germinação e do vigor (Machado, 1988).

A aplicação de técnicas de assepsia das sementes de maracujazeiro é crucial para o controle da contaminação fúngica, uma vez que atua diretamente sobre a fonte de inóculo associada às sementes (Oliveira *et al.,* 2012; Mancini & Romanazzi, 2014). Essas práticas

buscam não apenas evitar a entrada de novos patógenos, mas também minimizar ou eliminar os existentes, contribuindo para a redução de plântulas afetadas (Mancini & Romanazzi, 2014). Embora muitos métodos foquem na eliminação de patógenos superficiais, a avaliação do impacto de cada desinfetante na qualidade fisiológica das sementes é crucial para garantir a sanidade sem comprometer o vigor (Oliveira *et al.,* 2012; Carmello & Cardoso, 2018).

Os tratamentos de sementes podem ser classificados em físicos (termoterapia), biológicos e químicos (Parisi, Santos & Menten, 2011). Dentro do tratamento químico, uma variedade de agentes desinfetantes tem se mostrado eficazes, com destaque para:

- **Hipoclorito de Sódio:** Amplamente utilizado devido à sua eficácia na eliminação de contaminantes superficiais, facilidade de uso e baixo custo (Aimi *et al.,* 2016; Kuhn Junior, 2021). Seu forte poder oxidante age sobre patógenos superficiais (Coutinho *et al.,* 2000), prevenindo a perda de vigor e a redução da germinação (Muniz *et al.,* 2007; Tomazi *et al.,* 2019). Sua ação pode envolver alterações nas propriedades das membranas celulares do tegumento ou o fornecimento de oxigênio adicional à semente, o que pode favorecer a germinação (McDonnell & Russell, 1999). A eficácia do hipoclorito de sódio está ligada ao pH da solução, sendo pH 6 o ideal para a ação do ácido hipocloroso, pois favorece a predominância de HOCl e uma dissociação mais lenta, potencializando sua ação antimicrobiana, o que justifica seu uso combinado com ácido acético (Camargo *et al.,* 2008).
- **Álcool Etílico (70%):** Germicida eficaz utilizado na assepsia de sementes (Carmello & Cardoso, 2018; Tomazi *et al.,* 2019). Atua sobre a parede celular, a membrana citoplasmática e o citoplasma microbiano, promovendo a desnaturação de proteínas (Denyer & Stewart, 1998; McDonnell & Russell, 1999). A concentração de 70% é considerada a mais eficaz para a ação antimicrobiana do etanol, pois sua evaporação mais lenta permite maior tempo de contato com os microrganismos (Fernandes, 2000). Concentrações muito baixas (inferiores a 50%) ou excessivamente altas (acima de 70%) comprometem essa eficácia, reduzindo significativamente seu poder de desinfecção (Andrade *et al.,* 2007). Em feijão, o tratamento com álcool 70% seguido de hipoclorito de sódio mostrou-se eficaz na redução de patógenos sem comprometer a qualidade fisiológica (Tomazi *et al.,* 2019).

A escolha do método de assepsia deve considerar a espécie da semente, os patógenos alvo e o objetivo do tratamento (superficial ou interno) (Guimarães & Michereff Filho, 2011). Além da sanidade, a qualidade fisiológica das sementes também é um fator determinante para o sucesso do tratamento, sendo que lotes com baixo ou médio vigor tendem a apresentar respostas mais favoráveis quando submetidos à desinfestação química.

Outro aspecto relevante refere-se às condições de armazenamento e ao ambiente de semeadura, os quais influenciam tanto a necessidade quanto a eficácia do tratamento fitossanitário adotado (Guimarães & Michereff Filho, 2011).

Embora não haja um protocolo de assepsia específico para sementes de maracujazeiro-azedo (*P. edulis*), estudos com espécies de *Passiflora* e outras espécies indicam a eficácia do hipoclorito de sódio na assepsia. No estudo de José *et al.* (2019) com *P. alata* e *P. setacea*, tratamentos com hipoclorito de sódio, termoterapia e fungicidas foram eficazes no controle de contaminação, resultando em plântulas normais e melhorando o vigor. No tratamento com hipoclorito de sódio, concentrações entre 1 e 2,5% e tempos de exposição de 2 a 5 minutos foram os mais indicados para a assepsia de sementes de *Passiflora*, promovendo a qualidade sanitária sem prejudicar o desenvolvimento.

A eficácia do hipoclorito de sódio também é corroborada por estudos com outras espécies. Em *Cabralea canjerana* (Canjerana), o tratamento com hipoclorito de sódio a 1% por 2 minutos reduziu a incidência de *Penicillium* spp. e melhorou a germinação (Aimi *et al.,* 2016). Em várias espécies florestais, a assepsia com hipoclorito de sódio a 1% por 5 minutos diminui a presença de fungos nas sementes e causa um impacto positivo na qualidade sanitária e no desenvolvimento inicial das mudas (Muniz *et al.,* 2007). Para feijão (*Phaseolus vulgaris*), o tratamento com álcool etílico a 70% por 1 minuto e hipoclorito de sódio a 2% com ácido acético foi o mais recomendado, pois preservou a qualidade fisiológica das sementes e reduziu a incidência de patógenos (Tomazi *et al.,* 2019). No caso do mamoeiro (*Carica papaya*), o hipoclorito de sódio a 2% por 24 horas foi eficaz na remoção da sarcotesta, sem prejudicar o endosperma e o embrião, resultando em 80% de germinação (Jesus *et al.,* 2015). Menégaes *et al*. (2022) observaram bons resultados no uso de hipoclorito de sódio a 5% em sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). Pinheiro *et al.* (2016) recomendaram o tratamento com hipoclorito de sódio 2% por 1 minuto para *Bauhinia forficata* e *Cedrela fissilis*, pois aumentou o potencial germinativo e reduziu a incidência de *Fusarium* sp.

Em suma, a assepsia das sementes de maracujazeiro-azedo é essencial para a produção de mudas sadias e vigorosas, reduzindo a transmissão de patógenos desde os estágios iniciais. Embora faltem protocolos específicos para *P. edulis*, a adaptação de métodos eficazes, como o uso do hipoclorito de sódio em concentrações e tempos adequados, mostra-se promissora em outras espécies. Além disso, a aplicação de técnicas de assepsia adequadas é indispensável para assegurar a confiabilidade dos testes fisiológicos, como os de germinação e tetrazólio, que dependem diretamente da sanidade das sementes.

2.3 Sistema de cultivo sem solo na produção de mudas de maracujazeiro-azedo

A produção de mudas de maracujazeiro-azedo em ambiente protegido consolidou-se como prática essencial tanto do ponto de vista fitotécnico quanto fitossanitário, especialmente após a intensificação da ocorrência da virose do endurecimento dos frutos (VEF) (Petry & Marchesi, 2019). A convivência com o vírus impulsionou a adoção de estratégias como a produção de mudas com altura superior a 80 cm, conhecidas como "mudão", que apresentam demandas nutricionais distintas em relação a mudas menores. Além disso, a adoção do cultivo anual da cultura aumentou a exigência por mudas vigorosas e de alta qualidade, capazes de garantir rápido estabelecimento e bom potencial produtivo (Petry & Marchesi, 2019).

Nesse contexto, o sistema de cultivo sem solo (SCS) tem se destacado na produção de mudas de maracujá. Esse método utiliza substratos, em recipientes definitivos, dispensando o solo como meio de enraizamento e fornecendo nutrientes via irrigação (Savvas *et al.,* 2013). O SCS pode ser conduzido em meio sólido (SCSS ou cultivo em substrato) ou líquido (hidroponia) e é classificado em sistemas abertos ou fechados (Raviv & Lieth, 2008).

Um dos modelos de sistema fechado que se destaca é o *Ebb and Flow* (ou fluxo e refluxo), onde a solução nutritiva é temporariamente bombeada para o recipiente das mudas para saturar o substrato, e em seguida, drenada de volta para um reservatório. Esse ciclo controlado garante que as raízes recebam a água e os nutrientes de forma eficiente e, crucialmente, permite a recirculação da solução drenada (Burrage, 2014; Putra & Yuliando, 2015; D'Amico *et al., 2*023).

Os sistemas fechados apresentam vantagens ambientais e econômicas, pois permitem a coleta da solução drenada, ajuste de seu potencial de hidrogênio (pH) e condutividade elétrica (CE) e posterior reutilização (Savvas *et al.,* 2023). Essa prática aumenta a eficiência no uso de recursos, reduzindo em até 35% o consumo hídrico em estufas, além de minimizar perdas de fertilizantes e o risco de eutrofização (D'Amico et *al.,* 2023). A recirculação pode suprir parte significativa das demandas de nutrientes, como fósforo e zinco, contribuindo para reduzir custos em cultivos de alta densidade (Mielcarek *et al.,* 2025).

As vantagens do SCS abrangem dimensões agronômicas, econômicas e ambientais. Agronomicamente, a ausência de solo diminui a incidência de patógenos edáficos e reduz a necessidade de desinfestação química. O fornecimento uniforme de água e nutrientes promove crescimento estável, aumento da produtividade e viabiliza o cultivo em áreas com solos salinos, sódicos ou degradados (Savvas *et al.,* 2013; Burrage, 2014). Comparado ao sistema convencional, o SCS possibilita maior eficiência hídrica e nutricional, uso otimizado

de fertilizantes e ciclos produtivos mais curtos (Raviv & Lieth, 2008; Ntinas *et al.,* 2017). Em termos hídricos, o cultivo convencional pode demandar até o dobro de água para atingir a mesma produtividade (Barrett *et al.,* 2016). O uso de sensores e sistemas fechados potencializa ainda mais essa eficiência e reduz impactos ambientais (Pardossi *et al.,* 2009; Massa *et al.,* 2010). Tais atributos consolidaram o SCS como tecnologia intensiva da agricultura moderna, com crescente relevância global nas últimas cinco décadas (Schmilewski, 2009).

Apesar do seu potencial, a adoção do SCS requer investimentos iniciais elevados, principalmente em sistemas fechados de maior sofisticação, que demandam infraestrutura avançada e mão de obra capacitada (Savvas *et al.,* 2013). Esse fator limita sua difusão em regiões de menor capital ou baixa assistência técnica, sendo mais comum em ambientes controlados (Purba, Parmila & Dadi, 2021).

A eficiência do SCS depende fortemente da formulação da solução nutritiva completa, que substitui integralmente a fertilidade natural do solo (Papadopoulos, 1999; Martinez, 2017). Embora fosse ideal reproduzir as proporções de nutrientes absorvidos pelas plantas, essa condição é impraticável. Assim, a solução deve ser ajustada às necessidades fisiológicas da cultura, respeitando limites de concentração e equilíbrio iônico, a fim de promover crescimento uniforme e reduzir impactos ambientais (Ciavatta, Silva & Simões, 2014; Martinez, 2017; Spada *et al.,* 2019). Como não há recomendações fixas e universais, as concentrações devem ser adequadas às condições específicas de cada sistema, evitando diluições excessivas ou níveis que elevem a pressão osmótica além do tolerável pelas plantas (Medeiros *et al.,* 2014).

Outro fator determinante é a qualidade da água utilizada. Para o cultivo sem solo, recomenda-se condutividade elétrica inferior a 0,75 dS m^{-1} (Martinez, 2017), considerando efeitos sobre plantas, substrato e equipamentos de irrigação (Ayers & Westcot, 1999). Devem ser monitorados teor de sais, sodicidade, risco de entupimento, toxicidade de íons específicos, pH e capacidade tampão (Medeiros *et al.,* 2014). A salinidade elevada reduz absorção de K^+, Ca^{2+} e Mg^{2+} e altera a relação K^+/Na^+, fundamental para o ajuste osmótico celular (Nascimento *et al.*, 2011).

O pH e a CE são parâmetros fundamentais para o manejo adequado da solução nutritiva, uma vez que afetam diretamente a disponibilidade de nutrientes. A absorção de nutrientes depende não apenas da concentração, mas também do pH e da composição iônica da solução (Furlani *et al.,* 1999). Para a maioria das culturas, recomenda-se pH entre 5,5 e 6,5, embora em sistemas hidropônicos valores entre 4,5 e 7,5 sejam tolerados (Furlani *et al.,* 1999). pH acima de 7,5 pode ocasionar precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio

(Sousa *et al.,* 1999; Coelho, Sousa & Aguiar Netto, 2000). O ajuste do pH pode ser realizado por meio da adição controlada de ácidos, como sulfúrico, fosfórico, nítrico ou clorídrico, ou bases fortes, como hidróxido de sódio, potássio ou amônio, sempre com cautela devido ao risco de queimaduras (Furlani *et al.,* 1999).

A CE é amplamente utilizada como indicador indireto da concentração iônica total da solução nutritiva (Furlani *et al.,* 1999). Para solução nutritiva completa em sistema sem solo, recomenda-se que a CE da solução, após a adição dos fertilizantes, não ultrapasse 2,0 dS m^{-1}, a fim de evitar prejuízos ao desenvolvimento das plantas devido ao aumento do potencial osmótico da água, geralmente situada entre 70 e 100 kPa para soluções bem balanceadas. Contudo, espécies mais tolerantes podem suportar níveis superiores sem prejuízo significativo ao crescimento (Medeiros *et al.,* 2014).

A CE é influenciada pela concentração, pela natureza química e pelas interações entre os sais dissolvidos na solução. Fertilizantes nitrogenados, como o sulfato de amônio, tendem a elevar esse parâmetro mais intensamente que o nitrato de cálcio, devido à maior capacidade de dissociação iônica. Além disso, a relação entre a quantidade de sais adicionada e a elevação da CE não é linear, sobretudo quando os valores ultrapassam 5,0 dS m^{-1}. Nessas situações, o uso de curvas de calibração fornece estimativas mais precisas da concentração de nutrientes, reduzindo erros de interpretação para menos de 5% (Medeiros *et al.,* 2014).

O monitoramento contínuo da CE é indispensável para manter o equilíbrio da solução nutritiva, evitando tanto deficiências quanto acúmulos indesejados de sais, que podem comprometer o desenvolvimento das plantas (Furlani *et al.,* 1999). Valores de CE inferiores ao esperado podem indicar falhas no preparo da solução, como erro de pesagem ou baixa solubilidade dos fertilizantes (Martinez, 2017). Por outro lado, níveis elevados de CE na água de drenagem ou na saída dos emissores podem sinalizar excesso de sais, devendo-se revisar imediatamente as fontes e as doses dos fertilizantes aplicados (Sousa *et al.,* 2014).

Além do controle da CE, a escolha dos fertilizantes influencia a eficiência do sistema. É crucial priorizar produtos com elevada solubilidade, pureza e compatibilidade química para minimizar o risco de precipitação de sais e entupimento dos emissores (Marouelli & Sousa, 2014; Borges & Silva, 2014). A solubilidade dos fertilizantes é influenciada pela temperatura, pela composição da água e pelas propriedades físico-químicas dos próprios produtos, fatores que garantem a estabilidade e a homogeneidade da solução nutritiva (Borges & Silva, 2014; Marouelli & Sousa, 2014). Fertilizantes nitrogenados de efeito acidificante, por exemplo, aceleram a redução do pH do substrato e devem ser utilizados com critério (Medeiros *et al.,* 2014).

Pesquisas têm demonstrado os benefícios do SCS na produção de mudas de maracujazeiro-azedo. Barros *et al.* (2021) observaram que a aplicação de uma lâmina de irrigação equivalente a 75% da evapotranspiração da cultura (ETc), associada ao fornecimento diário de solução nutritiva baseada na fórmula de Hoagland e Arnon (1950), resultou em maior crescimento e acúmulo de matéria seca em mudas conduzidas em ambiente protegido com irrigação por gotejamento. Mais recentemente Silva *et al.* (2024), ao avaliarem a cultivar de maracujazeiro-azedo 'FB 300 Araguari', observaram que soluções com condutividades elétricas entre 2,6 a 3,3 dS m^{-1} foram as mais eficientes na produção de mudas.

No entanto, o manejo nutricional ideal também varia em função da fase de desenvolvimento da cultura. No trabalho de Nakayama e Matsuda (2022), avaliando o maracujazeiro-azedo 'Estrela Rubi' na fase produtiva, foi identificada como ideal uma solução nutritiva com condutividade elétrica de 2,0 dS m^{-1}, pH entre 4 e 5 e concentração de 170 mg L^{-1} de N-NO_3^-, proporcionando melhor qualidade de frutos. Contudo, a resposta à solução nutritiva pode variar conforme a cultivar, como demonstrado por Marques *et al.* (2019), que, ao estudarem as cultivares 'Araguari' e 'Yellow Master', identificaram diferentes valores ótimos de CE para o desempenho das plantas em cultivo protegido, 2,72 e 2,95 dS m^{-1}, respectivamente.

O sucesso da produção de mudas em sistema de cultivo sem solo depende de fatores como a frequência de aplicação da solução nutritiva, a condutividade elétrica, a compreensão das exigências nutricionais da cultura e a dinâmica de absorção dos nutrientes. Nessa perspectiva, o cultivo sem solo não apenas favorece a obtenção de mudas de alta qualidade, mas também representa um avanço tecnológico alinhado às demandas de sustentabilidade e eficiência da fruticultura moderna. Portanto, consolida-se como alternativa promissora para a produção de mudas de maracujazeiro-azedo, desde que seja acompanhado por práticas adequadas de manejo e monitoramento.

2.3.1 Nutrientes essenciais para o desenvolvimento inicial de mudas de maracujazeiro-azedo

As exigências nutricionais das plantas variam de acordo com a espécie, a fase fenológica e o ambiente de cultivo, determinando a quantidade e o equilíbrio de macro e micronutrientes necessários para o desenvolvimento ideal (Almeida, 2012). Uma nutrição equilibrada aumenta a tolerância a estresses abióticos, como seca e frio, além de favorecer a sobrevivência, o crescimento, a capacidade competitiva e reduzir o estresse pós-transplantio (Jackson, Dumroese & Barnett, 2012).

O desenvolvimento vigoroso de mudas de maracujazeiro-azedo requer elevada oferta de nutrientes, com destaque para nitrogênio (N) e potássio (K), especialmente durante o crescimento inicial e o início da frutificação (Martinez & Araújo, 2001; Sousa & Borges, 2014). Em seguida, destacam-se cálcio, enxofre e fósforo. Nos primeiros 190 dias, a absorção de nutrientes é relativamente baixa, aumentando acentuadamente para N, K e Ca a partir desse período, enquanto os demais macronutrientes apresentam incremento significativo após os 250 dias (Sousa & Borges, 2014). Apesar do aumento posterior na absorção, um suprimento adequado nas fases iniciais é fundamental para garantir vigor e desenvolvimento radicular das mudas.

Durante a fase de formação da cultura, que se estende de 10 a 130 dias após a semeadura, a demanda por nitrogênio (N) e potássio (K_2O) aumenta progressivamente, refletindo a intensificação do metabolismo das plântulas e mudas jovens. Os percentuais representam a fração da absorção total desses nutrientes ao longo de todo o ciclo da cultura. A absorção de nitrogênio começa em 2,5%, entre 10 e 40 dias e sobe para 4,0% entre 100 e 130 dias. O potássio segue um padrão similar, com sua absorção variando de 1,5% no início até 3,5% ao final dos 130 dias. No total, a fase de formação é responsável por cerca de 13% da absorção total de N e 10% de K_2O, reforçando a importância de um suprimento nutricional adequado e balanceado durante a produção de mudas de maracujazeiro-azedo, etapa decisiva para o vigor e a produtividade futura das plantas (Haag *et al.,* 1973; Sousa *et al.,* 2002; Sousa & Borges, 2014).

Para um manejo eficaz da solução nutritiva, é essencial compreender a dinâmica de absorção ao longo do ciclo da cultura, embora essas informações ainda sejam limitadas na literatura. De modo geral, a absorção de N, P e K acompanha a curva de acúmulo de matéria seca, tornando essa relação uma ferramenta útil na ausência de dados específicos para a fase inicial das mudas (Papadopoulos, 1999; Sousa & Borges, 2014).

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial para o crescimento das mudas de maracujazeiro-azedo, compondo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos, e participando de processos fisiológicos fundamentais, como fotossíntese, respiração, absorção iônica e divisão celular (Epstein & Bloom, 2006; Cordeiro, 2013; Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017). Absorvido pelas raízes e transportado pelo xilema, é redistribuído pelo floema na forma de aminoácidos, priorizando órgãos em crescimento. Deficiências de N comprometem o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, causam clorose foliar e, em casos graves, necrose e abscisão precoce das folhas (Cordeiro, 2013; Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017).

A disponibilidade adequada de nitrogênio promove maior altura e diâmetro do caule, número e área foliar e produção de matéria seca de folhas e raízes, garantindo mudas

vigorosas e bem estabelecidas para o transplante (Almeida *et al.,* 2006; Natale *et al.,* 2006; Almeida *et al.,* 2014). Estudos com aplicações semanais de nitrato de cálcio (0,34 a 0,68 g L^{-1}) em solução nutritiva demonstraram aumento dos teores foliares de N e melhor crescimento vegetativo em mudas altas de maracujazeiro-azedo, sendo a dose de 0,34 g L^{-1} suficiente para alcançar desenvolvimento equivalente à máxima (Bertani *et al.,* 2019).

As principais fontes de nitrogênio incluem: nitrato de cálcio (14-15,5% de N), nitrato de potássio (13% de N), nitrato de amônio (34% de N), fosfato monoamônico - MAP (11% de N), fosfato diamônico - DAP (16% de N) e sulfato de amônio (21% de N) (Marouelli *et al.,* 2014).

O enxofre (S), assim como o nitrogênio, integra o primeiro grupo de nutrientes minerais essenciais, cuja principal função está relacionada à formação de compostos orgânicos nas plantas (Taiz *et al.,* 2017). Participa da síntese de aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina), formação de proteínas, regulação hormonal, fotossíntese e mecanismos de defesa contra pragas e doenças, além de atuar em enzimas, polissacarídeos sulfatados e desintoxicação de metais pesados (Façanha, Canellas & Dobbs, 2013; Taiz *et al.,* 2017).

Os sintomas de deficiência de enxofre se assemelham aos da deficiência de nitrogênio, manifestando-se por clorose nas folhas, redução do crescimento e, em alguns casos acúmulo de antocianinas. No entanto, devido à baixa mobilidade do enxofre no floema, esses sintomas aparecem preferencialmente nas folhas mais jovens (Façanha, Canellas & Dobbs, 2013; Martinez, 2017).

A absorção do enxofre pelas plantas ocorre predominantemente por fluxo de massa, de forma ativa, dependente de energia metabólica e transportadores específicos de sulfato (H^+-SO_4^{2-}) nas raízes. O fornecimento adequado desse nutriente é essencial para o desenvolvimento inicial das mudas (Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017). As principais fontes de enxofre são o sulfato de amônio (23-24% S) e sulfato de potássio (17-18% S) (Borges & Silva, 2014; Almeida & Souza, 2014).

O potássio (K) é um macronutriente essencial para o desenvolvimento das mudas de maracujazeiro-azedo, atuando na síntese de proteínas, carboidratos e ácidos orgânicos, processos osmóticos, regulação da abertura estomática, turgidez celular, fotossíntese e respiração, contribuindo para o vigor, crescimento radicular e estabelecimento inicial das mudas (Malavolta, 1989; Cordeiro, 2013; Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017).

A deficiência de potássio compromete o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, reduzindo a área foliar e o vigor das mudas, prejudicando seu estabelecimento pós-transplantio. Em plantas adultas, a carência afeta a ramificação, floração, translocação

de assimilados e a qualidade dos frutos (Baumgartner, Lourenço & Malavolta, 1978; Borges *et al.,* 2003; Façanha, Canellas & Dobbs, 2013; Martinez, 2017).

As principais fontes são o cloreto de potássio e o nitrato de potássio, com alta solubilidade. O nitrato de potássio (44% K_2O ou 36% K) apresenta baixo potencial salino (Almeida & Souza, 2014). Já o cloreto de potássio, na forma refinada ou grau hidrossolúvel, é a principal fonte utilizada devido ao menor custo por unidade de K_2O (58-60%), sendo a fonte mais utilizada atualmente (Borges & Silva, 2014).

O cálcio (Ca) é o terceiro macronutriente mais importante para o desenvolvimento inicial das mudas de maracujazeiro-azedo, atuando na estrutura celular, integridade das membranas, divisão celular, crescimento radicular e formação de tecidos de condução, essenciais para o vigor e estabelecimento das mudas (Malavolta, 1989; Façanha, Canellas & Dobbs, 2013; Sousa & Borges, 2014; Taiz *et al.*, 2017; Martinez, 2017).

Durante a fase de mudas, o cálcio contribui para a formação de tecidos firmes e resistentes, aumentando o vigor e a tolerância a estresses bióticos e abióticos. Seu papel estrutural na parede celular, incluindo a resistência à ação de enzimas pectolíticas, contribui para mudas mais robustas. Embora estudos em frutas como melão e pepino destaquem sua importância na firmeza dos frutos, no estágio inicial das plantas o Ca é essencial para divisão celular, crescimento radicular e formação de tecidos de condução, fundamentais para o estabelecimento das mudas (Zambolim, Lopes & Reis, 2011; Sousa *et al.,* 2014; Blanco, 2014; Taiz *et al.,* 2017).

A absorção de cálcio depende do transporte via xilema e é influenciada pela transpiração, devido à sua baixa mobilidade no floema (Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017). Em ambientes de viveiro, a umidade relativa elevada pode reduzir a transpiração e, consequentemente, limitar a absorção de cálcio, mesmo com níveis adequados na solução nutritiva. Por isso, o controle ambiental e o manejo do sistema são fundamentais para garantir uma absorção eficiente (Blanco, 2014).

O nitrato de cálcio é a fonte mais recomendada para esse sistema, devido à sua alta solubilidade e compatibilidade com outros fertilizantes, enquanto o cloreto de cálcio e as formas quelatizadas também podem ser utilizados em situações específicas (Borges & Silva, 2014).

O fósforo (P), absorvido principalmente na forma de fosfato (PO_4^{3-}), é um nutriente essencial do grupo 2, participa da armazenagem de energia, integridade estrutural celular, síntese de nucleotídeos (ATP), ácidos nucleicos, açúcares fosfatados, intermediários da respiração e fotossíntese, além de fosfolipídios das membranas (Taiz *et al.*, 2017; Martinez, 2017). Deficiências resultam em crescimento atrofiado, coloração verde-escura ou púrpura

das folhas, tecidos necróticos, caules finos e atraso no desenvolvimento, sem ocorrência de clorose (Façanha, Canellas & Dobbs, 2013; Taiz *et al.,* 2017).

A absorção eficiente depende de adaptações morfológicas e processos bioquímicos na rizosfera, como liberação de ácidos orgânicos, fosfatases, acidificação do meio e expressão de transportadores de fosfato, fundamentais para o crescimento vigoroso, desenvolvimento radicular e estabelecimento inicial das mudas (Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017). O fósforo é fornecido principalmente como ácido fosfórico, fosfato monoamônico (MAP), fosfato diamônico (DAP) ou fosfato monopotássico (MKP), todos altamente solúveis e ácidos, garantindo absorção eficiente pelas mudas (Borges & Silva, 2014).

O magnésio (Mg) é um nutriente mineral essencial para as plantas, classificado no grupo 3 devido à sua predominância na forma iônica. Atua como ativador de enzimas envolvidas na respiração celular, fotossíntese e síntese de ácidos nucleicos, além de ser um componente central da clorofila, essencial para a integridade dos cloroplastos e para o transporte e a mobilidade de carboidratos nas plantas (Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017).

A deficiência de magnésio manifesta-se tipicamente pela clorose internerval nas folhas mais velhas, devido à alta mobilidade do nutriente no floema. Em casos severos, pode levar ao amarelamento ou esbranquiçamento generalizado das folhas, além de senescência e abscisão precoce (Taiz *et al.,* 2017; Martinez, 2017). Estudos em *P. edulis* mostraram que a omissão de magnésio pode alterar a absorção de outros nutrientes, como fósforo, potássio e cálcio (Fernandes *et al.,* 1991). Para mudas de maracujazeiro-azedo do tipo "mudão", os teores foliares adequados são em torno de 2,58 g kg^{-1}, valor associado ao desenvolvimento equilibrado e ao bom estado nutricional das plantas (Bertani *et al.,* 2019).

O sulfato de magnésio ($MgSO_4$) é a fonte mais comumente utilizada devido à sua alta solubilidade. Outras opções incluem o nitrato de magnésio ($Mg(NO_3)_2$) e o sulfato de potássio (K_2SO_4) (Borges & Silva, 2014; Medeiros *et al.,* 2014).

No manejo nutricional das mudas, é fundamental considerar as complexas interações entre os nutrientes, pois desequilíbrios podem causar deficiências ou excessos, comprometendo o desenvolvimento. Dessa forma, atender às exigências específicas de cada nutriente na fase inicial é essencial para produzir mudas vigorosas e de alta qualidade, capazes de sustentar o crescimento e a produtividade do maracujazeiro-azedo no campo.

2.4 Referências

AGUIAR, R. S. de; YAMAMOTO, L. Y.; PRETI, E. A.; SOUZA, G. R. B.; SBRUSSI, C. A. G.; OLIVEIRA, E. A. P.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R.; NEVES, C. S. V. J. Extração de mucilagem e substratos no desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro-

amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 605-612, mar./abr. 2014. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p605.

AIMI, S. C.; ARAÚJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B.; WALKER, C. Teste de sanidade e germinação em sementes de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1361-1370, out./dez. 2016. https://doi.org/10.5902/1980509825155.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. da S. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. In: SOUSA, V. F. de; ALMEIDA, O. A.; MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, M. H. G. do; CUNHA, G. A. P. da (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 432-470.

ALMEIDA, V. E.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; BARBOSA, C. J. Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1138-1142, ago. 2006. https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400015.

ALMEIDA, M. O.; CRUZ, M. C. M.; CASTRO, G. D. M.; FAGUNDES, M. C. P. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de maracujazeiro-amarelo em substratos orgânico e comercial e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 2, p. 180-185, jun. 2014. https://doi.org/10.5039/agraria.v9i2a3593.

ALMEIDA, R. F. Nutrição de maracujazeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 3, p. 7-11, jul./set. 2012.

ANDRADE, D.; BERALDO, C. C.; WATANABE, E.; OLIVEIRA, A. B.; ITO, I. Y. Atividade antimicrobiana in vitro do álcool gel a 70% frente às bactérias hospitalares e da comunidade. **Medicina (Ribeirão Preto)**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 2, p. 250-254, jun. 2007. https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v40i2p250-254.

ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A. R.; OLIVEIRA, D. A. Maracujá no contexto do desenvolvimento e conquistas da produção integrada de frutas no Brasil. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Org.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 509-556.

ARAÚJO, E. C.; SILVA, R. F.; VIANA, A. P.; SILVA, M. V. Estádio de maturação e qualidade de sementes após repouso de frutos de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 67-76, dez. 2007. https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300009.

ARAÚJO, M. M. V.; FERNANDES, D. Á.; CAMILI, E. C. Emergência e vigor de sementes de maracujá amarelo em função de diferentes disponibilidades hídricas. **Uniciências**, Cuiabá, v. 20, n. 2, p. 82-87, mar. 2016. https://doi.org/10.17921/1415-5141.2016v20n2p82-87.

ARAÚJO NETO, S. E.; FERREIRA, R. L. F.; PONTES, F. S. T.; NEGREIROS, J. R. S. Rentabilidade econômica do maracujazeiro amarelo plantado em covas e em plantio direto sob manejo orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 940-945, dez. 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400017.

ARIAS-SUÁREZ, J. C.; OCAMPO-PÉREZ, J. A.; URREA-GÓMEZ, R. La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio

reproductivo y ecosistémico. **Agronomia Mesoamericana**, Alajuela, v. 25, n. 1, p. 73-83, 2014.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. João Pessoa: UFPB; FAO, 1999. 153 p.

BACK, M. M.; MARCHESI, D. R.; PETRY, H. B. **Emergência de plântulas e ocorrência de verrugose em mudas de maracujazeiro-azedo em diferentes substratos e recipientes na fase de sementeira**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 25., 2017, Porto Seguro. Anais [...]. Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2017. p. 559.

BARROS, P. H. S.; PEREIRA, T. L. S.; LIMA, R. K. A.; MATOS, S. S.; LIMA, C. J. G. S.; SILVA JÚNIOR, G. B. Produção de mudas de maracujazeiro sob lâminas e frequência de aplicação de solução nutritiva. **Acta Tecnológica**, São Luís, v. 16, n. 1, p. 135-144, jul. 2021. https://doi.org/10.35818/acta.v16i1.1040.

BARRETT, G. E.; ALEXANDER, P. D.; ROBINSON, J. S.; BRAGG, N. C. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 212, p. 220-234, nov. 2016. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.030.

BASU, S.; GROOT, S. P. C. Seed vigour and invigoration. In: DADLANI, M.; YADAVA, D. K. (Ed.). **Seed science and technology: biology, production, quality**. Singapore: Springer, 2023. p. 67-89.

BATTISTUS, A.; FUCHS, F.; SOUSA, R. F. B. de; MALAVASI, M. de M.; DRANSKI, J. A. L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L.; GUIMARÃES, V. F.; MORANZA, T. M.; MÜLLER, M. A. Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 9, n. 40, p. 3018-3024, Oct. 2014. https://doi.org/10.5897/AJAR2014.9011.

BAUMGARTNER, J. G.; LOURENÇO, R. S.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral e adubação do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). V. Adubação mineral. **Científica**, Jaboticabal, v. 6, n. 3, p. 361-367, 1978.

BERNACCI, L. C.; SOARES-SCOTT, M. D.; JUNQUEIRA, N. T. V.; PASSOS, I. R. S.; MELETTI, L. M. M. *Passiflora edulis* Sims: a maneira taxonômica correta de referir-se ao maracujá-amarelo (e aos de outras cores). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 566-576, jun. 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200053.

BERTANI, R. M. A.; SILVA, S. P.; DEUS, A. C. F.; ANTUNES, A. M.; FISCHER, I. H. Doses de nitrogênio no desenvolvimento de mudas altas de maracujá-amarelo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 6, n. 1, p. 29-35, jan./mar. 2019. https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.2403.

BLANCO, F. F. Irrigação e fertirrigação na cultura do pepino. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 880-918.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 325-338.

BORGES, A. L.; RODRIGUES, M. G. V.; LIMA, A. A.; ALMEIDA, I. E.; CALDAS, R. C. Produtividade e qualidade de maracujá-amarelo irrigado, adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 259-262, ago. 2003. https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000200019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF: MAPA, 2009.

BRUCKNER, C. H.; SILVA, M. M. Florescimento e frutificação. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. (Org.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 51-68.

BURRAGE, S. W. **Soilless culture and water use efficiency for greenhouses in arid, hot climates.** 2014. Disponível em: ftp://ftp.cgiar.org/icarda/APRP/APRP_2/html/Publications/Right/PrWS/WUE.pdf. Acesso em: 9 abr. 2025.

CAMARGO, S. E. A.; BLANCO, T. M.; LIMA, R. Y.; RODE, S. M.; CAMARGO, C. H. R. Avaliação do pH das soluções de hipoclorito de sódio 1% e 2,5% e digluconato de clorexidina 2% em função do tempo. **Revista Odontológica**, São Paulo, v. 16, n. 31, 2008.

CARLESSO, V. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F.; DETMANN, E. Secagem e armazenamento de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 65-74, 2008. https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200009.

CARMELLO, C. R.; CARDOSO, J. C. Effects of plant extracts and sodium hypochlorite on lettuce germination and inhibition of *Cercospora longissima in vitro*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 234, p. 245-249, Feb. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.056.

CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, 1995.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CARVALHO, N. M.; VON PINHO, E. V. R. **Qualidade fisiológica de sementes de milho**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

CATUNDA, P. H. A.; VIEIRA, H. D.; SILVA, R. F.; POSSE, S. C. P. Influência do teor de água, da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 25, p. 65-71, jul. 2003. https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000100011.

CAVICHIOLI, J. C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C. A.; PAULO, E. M.; FAGUNDES, J. L.; KASAI, F. S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à

iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 92-96, abr. 2006. https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100026.

CAVICHIOLI, J. C.; CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Desenvolvimento e produtividade do maracujazeiro-amarelo enxertado em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 558-566, jun. 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000056.

CERVI, A. C.; LINSINGEN, V. L. Sinopse taxonômica das *Passifloraceae Juss*. no complexo de cerrado (savana) no estado do Paraná - Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 63, n. 1, p. 145-157, 2008. Disponível em: https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/164. Acesso em: 25 mar. 2025.

CIAVATTA, S. F.; SILVA, M. R.; SIMÕES, D. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. **Cerne**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 217-222, jun. 2014. https://doi.org/10.1590/01047760.201420021374.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F.; AGUIAR NETTO, A. O. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of seed science and technology**. 4. ed. New York: Springer, 2001.

CORDEIRO, L. Fixação do nitrogênio. In: KERBAUY, G. B. (Org.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 51-64.

COSTA, A. de F. S.; ALVES, F. de L.; COSTA, A. N. de. Plantio, formação e manejo da cultura do maracujá. In: COSTA, A. de F. S.; COSTA, A. N. de (Ed.). **Tecnologias para a produção de maracujá**. Vitória, ES: INCAPER, 2005. p. 23-53.

COUTINHO, W. M.; PEREIRA, L. A. A.; MACHADO, J. C.; FREITAS-SILVA, O.; PENA, R. C. M.; MAGALHÃES, F. H. L. Effects of sodium hypochlorite on the conidial germination of some seed-borne fungi. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 552-555, 2000.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. Aspectos botânicos. In: LIMA, A. A. (Ed.). **Maracujá: produção e aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 15-24.

D'AMICO, A.; DE BONI, A.; PALMISANO, G. O.; ACCIANI, C.; ROMA, R. Environmental analysis of soilless tomato production in a high-tech greenhouse. **Cleaner Environmental Systems**, Amsterdam, v. 11, 100137, Dec. 2023. https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100137.

DAMASCENO, L. F.; JUNGHANS, T. G.; SILVA, J. de J.; AUD, F. F. **Correlação entre o teste de tetrazólio e o teste de germinação na aferição da viabilidade das sementes de *Passiflora edulis***. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 9., 2015, Cruz das Almas. Anais [...]. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, p. 427-552, 1973.
DENYER, S. P.; STEWART, G. S. A. B. Mechanisms of action of disinfectants. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 261-268, 1998. https://doi.org/10.1016/S0964-8305(98)00023-7.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006.

FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (Org.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Passion fruit (*Passiflora* spp.) improvement using wild species. In: MARIANTE, A. S.; SAMPAIO, M. J. A.; INGLIS, M. C. V. (Org.). **The state of Brazil's plant genetic resources: second national report.** Brasília, DF: Embrapa, 2009. p. 68-71.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; MIRANDA, D.; OTONI, W. C. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, e155, 2019. https://doi.org/10.1590/0100-29452019155.

FERNANDES, D. M.; SILVA, J. G.; GRASSI FILHO, H.; NAKAGAWA, J. Caracterização de sintomas de carência de macronutrientes em plantas de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 13, p. 233-240, 1991.

FERNANDES, A. T. **Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde.** São Paulo: Ateneu, 2000.

FONSECA, S. C. L.; SILVA, W. R. Conservação de sementes de maracujá-amarelo: interferências no teor de água das sementes e da temperatura de armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 273-289, abr./jun. 2005. https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200015.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tetrazólio.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Circular Técnica, 406).

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

GENEROSO, A. L.; CARVALHO, V. S.; WALTER, R.; CAMPBELL, G.; ARAÚJO, L. da S.; SANTANA, J. G. S.; CUNHA, M. Mature-embryo culture in the cryopreservation of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 256, 108638, Oct. 2019. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108638.

GODOY, R. C. B.; LEDO, C. A. da S.; SANTOS, A. P. dos; MATOS, E. L. S.; LIMA, A. de A.; WASZCZYNSKYJ, N. Diversidade genética entre acessos de maracujazeiro amarelo avaliados pelas características físico-químicas dos frutos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 316, p. 541-547, nov./dez. 2007. Disponível em: http://www.redalyc.org/pdf/3052/305226804008.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.

GUIMARÃES, J. A.; MICHEREFF FILHO, M. Controle de pragas em campos de produção de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. p. 279-310.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; BORDUCHI, A. S.; SARRUGE, J. R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz",** Piracicaba, v. 30, p. 267-279, 1973.

HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; MENDONÇA, V.; SANTOS, V. M. dos; PEREIRA JÚNIOR, E. B. Crescimento vegetativo do maracujazeiro-amarelo submetido a diferentes formas de condução e poda de renovação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 10, n. 1, p. 29-34, abr./jun. 2014. https://doi.org/10.30969/acsa.v10i2.299.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Maracujá: área plantada e quantidade produzida.** Brasília, DF: IBGE, 2024. (Produção Agrícola Municipal, 2024). Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado. Acesso em: 10 abr. 2025.

ISTA – INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International rules for seed testing.** Zürich: ISTA, 2021. Disponível em: https://www.seedtest.org/api/rm/224ZQ538DVP45P7/ogm20-05-rules-proposals-for-ista-2021.pdf. Acesso em: 11 abr. 2025.

JACKSON, D. P.; DUMROESE, R. K.; BARNETT, J. P. Nursery response of container *Pinus palustris* seedlings to nitrogen supply and subsequent effects on outplanting performance. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 265, p. 1-12, Feb. 2012. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.018.

JESUS, O. N.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, K. P.; GIRARDI, E. A.; ROSA, R. C. C.; PETRY, H. B. Cultivares comerciais de maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) no Brasil. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. (Org.). **Maracujá: do cultivo à comercialização.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 39-58.

JESUS, V. A. M.; ARAÚJO, E. F.; SANTOS, F. L.; ALVES, E.; DIAS, L. A. dos S. Sodium hypochlorite for sarcotesta remotion from papaya seeds: anatomical studies. **Journal of Seed Science**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 228-235, Oct./Dec. 2015. https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n4153890.

JOSÉ, S. C. B. R.; SALOMÃO, A. N.; MELO, C. C. de; CORDEIRO, I. de M.; GIMENES, M. A. **Tratamentos pré-germinativos na germinação de sementes de maracujás silvestres.** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2019. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 351).

JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. **Temperatura e conteúdo de água na conservação de sementes de maracujá-doce.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2020. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 85). Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1121609. Acesso em: 11 abr. 2025.

JUNGHANS, T. G.; ROSA, R. C. C.; GIRARDI, E. A. Produção de mudas de maracujazeiro. In: JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N. (Org.). **Maracujá: do cultivo à comercialização**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 101-108.

JUNGHANS, T. G.; SOUZA, A. da S.; LEDO, C. A. da S.; SOARES, A. **Germinação *in vitro* de sementes de *Passiflora edulis* promove a conservação de germoplasma.** Brasília, DF: Embrapa, 2010. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/873375/1/ID27175pdf1600.pdf. Acesso em: 20 abr. 2025.

KOMURO, L. K. **Efeitos de sistemas de condução sobre o crescimento, produção, qualidade dos frutos e custos de instalação de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. dos S.; FRANÇA-NETO, J. de B. **Deterioração e vigor de sementes.** Londrina: Embrapa Soja, 2022. (Circular Técnica, 191).

KUHN JÚNIOR, M. A. **Tempo e concentração de hipoclorito de sódio na desinfecção de sementes de grão-de-bico.** 2021. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. B. Evolução da produção de maracujá (*Passiflora edulis,* Passifloraceae). In: MARTINS, E. S.; LANDGRAF, P. R. C.; COUTINHO, A. C. (Org.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 125-132.

LIMA, A. de A.; CUNHA, M. A. P. (Org.). **Maracujá: produção e qualidade na passicultura.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004.

LIMA, A. de A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; VERAS, M. C. M.; CUNHA, M. A. P. Tratos culturais. In: LIMA, A. de A. (Org.). **Maracujá: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2002. p. 41-48.

LIMA, P. O.; LIRA, L. M.; LOPES, K. P.; BARBOSA, R. C. Armazenamento de sementes de maracujá-amarelo. **Revista Verde,** Mossoró, v. 5, n. 5, p. 102-109, out. 2010. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/471. Acesso em: 11 mar. 2025.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes**: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: MEC; Lavras: ESAL; FAEPE, 1988. 106 p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

MANCINI, V.; ROMANAZZI, G. Tratamentos de sementes para o controle de fungos patogênicos transmitidos por sementes em hortaliças. **Pest Management Science**, Chichester, v. 70, n. 6, p. 860-868, 2014.

MANICA, I. **Botânica e variedades**. In: MANICA, I. Fruticultura tropical: maracujá. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p. 160.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2015. 660 p.

MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. de. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 195-299.

MAROUELLI, W. A.; SOUSA, V. F. Introdução: irrigação e fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 20-24.

MARQUES, D. J.; SIQUEIRA, J. A. C.; BIANCHINI, H. C.; ALVES, V. M. Production of passion fruit in a semi-hydroponic system under protected cultivation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 5, e094, 2019. https://doi.org/10.1590/0100-29452019094.

MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, R. C. Nutrição e adubação. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. (Org.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 163-187.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual prático de hidroponia.** 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2017. 286 p.

MARTINS, C.; TAVARES, L. B.; DIAS, M. O.; PINTO, A. F.; ALVES, A.; SANTOS, A. S. Conservação de sementes de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 1, p. 183-189, jun. 2005. https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100023.

MASSA, D.; INCROCCI, L.; MAGGINI, R.; CARMASSI, G.; CAMPIOTTI, C. A.; PARDOSSI, A. Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 971-980, jul. 2010. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.029.

McDONNELL, G.; RUSSELL, A. D. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, DC, v. 12, n. 1, p. 147-179, 1999.

MEDEIROS, J. F. de; SOUSA, V. F. de; MAIA, C. E.; COELHO, E. F.; MAROUELLI, W. A. Determinação e preparo da solução de fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 339-367.

MELETTI, L. M. M.; BRUCKNER, C. H. Melhoramento genético. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. (Org.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MELETTI, L. M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; AZEVEDO FILHO, J. A. Novas tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. **O Agronômico**, Campinas, v. 54, p. 30-33, 2002.

MELETTI, L. M. M.; BARBOSA, W.; VEIGA, R. F. A.; PIO, R. Crioconservação de sementes de seis acessos de maracujazeiro. **Scientia Agraria Paranaensis,** Marechal Cândido Rondon, v. 6, p. 13-20, 2007.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil**. Revista Brasileira de Fruticultura (Edição Especial),** Jaboticabal, p. 83-91, out. 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500012.

MENEGAES, J. F.; NUNES, U. R.; BERTAGNOLI, C. M.; MUNIZ, M. F. B.; BELLÉ, R. A.; BACKES, F. A. A. L. Assepsia superficial de sementes de cártamo com uso de hipoclorito de sódio. **Acta Ambiental Catarinense**, Lages, v. 19, n. 1, jan./dez. 2022. https://doi.org/10.24021/raac.v19i1.5523.

MENZEL, C. M.; SIMPSON, D. R.; PRINCE, G. H. Effect of foliar applied nitrogen during winter on growth, nitrogen content and production of passionfruit. **Scientia Horticulturae,** Amsterdam, v. 28, p. 339-346, Mai. 1986. https://doi.org/10.1016/0304-4238(86)90108-1.

MIELCAREK, A.; JÓŹWIAK, T.; RODZIEWICZ, J.; NOWOSAD, J.; JANCZUKOWICZ, W. A precipitation-dissolution method for nutrient recovery from soilless cultivation drainage water. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Amsterdam, v. 13, 118417, Oct. 2025. https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.118417.

MIRANDA, D.; FISHER, G.; CARRANZA, C.; MAGNITSKIY, S.; CASIERRA, F.; PIEDRAHÍTA, W.; FLÓREZ, L. H. **Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia**. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2009.

MOORE, R. P. **Handbook on tetrazolium testing**. Zurich: International Seed Testing Association, 1985.

MUNIZ, M. F. B.; SILVA, L. M.; BLUME, E. Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 140-146, abr. 2007. https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000100019.

NAKAYAMA, M.; MATSUDA, H. Soilless cultivation of 'Ruby Star' passion fruit: effects of NO_3-N application, pH, and temperature on fruit quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 306, 111462, Dec. 2022. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111462.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, S. A. G.; SILVA, S. A. da. Estado nutricional de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina e adubação organomineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, p. 729-735, out. 2011. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500102.

NASCIMENTO, W. M.; VIDAL, M. C.; RESENDE, F. V. Produção de sementes de hortaliças em sistemas orgânicos. In: NASCIMENTO, W. M. (Ed.). **Hortaliças: tecnologia de produção de sementes**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. p. 61-71.

NATALE, W.; PRADO, R. de M.; ALMEIDA, E. V. de; BARBOSA, J. C. Adubação nitrogenada e potássica no estado nutricional de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 187-192, abr./jun. 2006. Disponível em: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026569011. Acesso em: 11 mar. 2025.

NEGREIROS, J. R. S.; WAGNER JÚNIOR, A.; ÁLVARES, V. S.; SILVA, J. O. C. E.; NUNES, E. S.; ALEXANDRE, R. S.; PIMENTEL, L. D.; BRUCKNER, C. H. Influência do estádio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 21-24, abr. 2006. https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100009.

NTINAS, G. K.; NEUMAIR, M.; TSADILAS, C. D.; MEYER, J. Carbon footprint and cumulative energy demand of greenhouse and open-field tomato cultivation systems under Southern and Central European climatic conditions. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 142, p. 3617-3626, jan. 2017. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.106.

OLIVEIRA, J. D.; SILVA, J. B. da S.; DAPONT, E. C.; SOUZA, L. M. S. de S.; RIBEIRO, S. A. L. Métodos para detecção de fungos e assepsia de sementes de *Schizolobium amazonicum* (Caesalpinioideae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 945-953, 2012. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13938. Acesso em: 11 mar. 2025.

OLIVEIRA, J. A.; ROSA, S. D. V. F.; CARVALHO, E. R. **Secagem de sementes**. In: OLIVEIRA, J. A. (Org.). **Processamento pós-colheita de sementes: abordagem agronômica visando aprimorar a qualidade**. Lavras: UFLA, 2021. p. 67-93. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1149095. Acesso em: 20 abr. 2025.

PÁDUA, J. G.; SCHWINGEL, L. C.; MUNDIM, R. C.; SALOMÃO, A. N.; ROVERI-JOSÉ, S. C. B. Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 80-85, 2011. https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100009.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11-84.

PARDOSSI, A.; INCROCCI, L.; MASSA, D.; CARMASSI, G.; MAGGINI, R. The influence of fertigation strategies on water and nutrient efficiency of tomato grown in closed soilless culture with saline water. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 807, p. 445-450, 2009. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.63.

PARISI, J. J.; FISCHER, I. H.; MEDINA, P. F.; FIRMINO, A. C.; MELETTI, L. M. Patogenicidade e transmissão de fungos detectados em sementes de *Passiflora alata*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 4, p. 345-351, 2018. https://doi.org/10.1590/1808-1657000702017.

PARISI, J. J. D.; SANTOS, A. F.; MENTEN, J. O. Tratamentos de sementes florestais. In: SANTOS, A. F.; VIEIRA, R. D.; MENTEN, J. O. (Org.). **Patologia de sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. p.105-114.

PENTEADO, J. L. G. **Maturação e armazenamento de frutos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacquin) na qualidade das sementes.** 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.

PERUCH, L. A. M.; COLARICCIO, A.; BATISTA, D. C. Controle de doenças do maracujazeiro: situação atual e perspectivas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 37-40, mar. 2018. https://doi.org/10.22491/RAC.2018.v31n1.2.

PETERS, J. (Ed.). **Tetrazolium testing handbook**. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2007.

PETINARI, R. A.; TERESO, M. J. A.; BERGAMASCO, S. M. P. P. A importância da fruticultura para os agricultores familiares da região de Jales-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 356-360, jun. 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200015.

PETRY, H. B.; MARCHESI, D. R. Passicultura catarinense se moderniza para continuar produtiva e rentável. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 15-16, jun. 2019. Disponível em: https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/481. Acesso em: 11 mar. 2025.

PINHEIRO, C. G.; LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B.; REDIN, C. G.; SANTOS, M. V. Efeito da assepsia superficial na germinação e incidência de fungos em sementes de espécies florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 87, p. 253-260, jul./set. 2016.

PIRES, M. de M.; SÃO JOSÉ, A. R.; CONCEIÇÃO, A. O. (Org.). **Maracujá: avanços tecnológicos e sustentabilidade**. Ilhéus: Editus, 2011. Disponível em: http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2016/maracuja_avancos_tecnologicos_sustentabilidade.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

PRASAD, S. Testing seed for quality. In: DADLANI, M.; YADAVA, D. K. (Ed.). **Seed science and technology: biology, production, quality**. Singapore: Springer, 2023. p. 299-334.

PURBA, J. H.; PARMILA, I. P.; DADI, W. Effect of soilless media (hydroponic) on growth and yield of two varieties of lettuce. **Agricultural Science**, Denpasar, v. 4, n. 2, p. 154-165, 2021.

PUTRA, P. A.; YULIANDO, H. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: a review. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amsterdam, v. 3, p. 283-288, 2015. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.054.

QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; LIMA, D. C.; MELO, B. A.; MENDES, N. V. B.; FIGUEIRÊDO NETO, A.; ALBUQUERQUE, E. M. B. (Org.). **Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.): tecnologias de plantio e utilização**. Campina Grande: Associação da Revista Eletrônica A Barriguda, 2024.

QUIRINO, T. R. Agricultura e meio ambiente: tendências. In: SILVEIRA, M. A.; VILELA, S. L. O. (Ed.). **Globalização e sustentabilidade da agricultura**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. p. 109-138.

RAVIV, J.; LIETH, J. H. Significance of soilless culture in agriculture. In: RAVIV, J.; LIETH, J. H.; BAR-TAL, A. (Ed.). **Soilless culture: theory and practice**. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 1-11. https://doi.org/10.1016/B978-044452975-6.50003-4.

REITER, J. M. W. **Maracujá.** Florianópolis: Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, 1998.

RIBEIRO, M. I.; RODRIGUES, G. de A. G.; BAZZANELLA, A. P.; MARTINS, S.; CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T. Curva de embebição, anatomia e mobilização de reservas em sementes de *Mimosa flocculosa* submetidas à superação de dormência. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 76, ago. 2021. https://doi.org/10.21826/2446-82312021v76e2021016.

RICCI, N.; PACHECO, A. C.; CONDE, A. S.; CUSTÓDIO, C. C. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 123-129, jun. 2013. https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200008.

ROSA, C. O.; SILVA, F. A.; CRUZ, D. R. C.; SANTOS, S. G. F. Importância da secagem e armazenamento na manutenção da qualidade de sementes de pimenta (*Capsicum*). **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 12, n. 8, e15212843000, ago. 2023. https://doi.org/10.33448/rsd-v12i8.43000.

RUGGIERO, C. Simpósio brasileiro sobre a cultura do maracujazeiro, 1998, Jaboticabal. **Anais [...]**. Jaboticabal: FUNEP, 1998.

SAVVAS, D.; GIANQUINTO, G. P.; TÜZEL, Y.; GRUDA, N. Soilless culture. In: BAUDOIN, W. et al. (Ed.). **Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. p. 303-354. Disponível em: http://www.fao.org/3/a-i3284e.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

SAVVAS, D.; GIANNOTHANASIS, E.; NTANASI, T.; KARAVIDAS, I.; DRAKATOS, S.; PANAGIOTAKIS, I.; NEOCLEOUS, D.; NTATSI, G. Improvement and validation of a decision support system to maintain optimal nutrient levels in crops grown in closed-loop soilless systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 285, 108373, jul. 2023. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108373.

SCHMILEWSKI, G. Growing media constituents in the EU. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 819, p. 33-45, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.819.3.

SILVA, A. L.; HILST, P. C.; DIAS, D. C. F. S.; ROGALSKI, M. Superação da dormência de sementes de *Passiflora elegans* Mast. (Passifloraceae). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 3, p. 406-411, nov. 2019a. https://doi.org/10.18378/rvads.v14i3.6552.

SILVA, D. A.; PETRY, H. B.; BRUNA, E. D.; MORETO, A. L. Métodos de seleção de plantas de maracujazeiro-azedo para a produção de sementes. **Agropecuária Catarinense**,

Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 40-42, mai./ago. 2019b. https://doi.org/10.22491/RAC.2019.v32n2.3.

SILVA, V. H. G.; COELHO, V. P. M.; ORIOLI JÚNIOR, V.; PAIVA, P. E. B.; CHARLO, H. C. O. Electrical conductivity of complete and commercial nutrient solutions in tube-based passion fruit seedling production. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 54, n. 3, e20210442, 2024. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210442.

SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, W. E. Propagação. In: BRUCKNER, C. H.; PICANÇO, M. C. (Org.). **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 85-137.

SOUSA, V. F.; BORGES, A. L. Irrigação e fertirrigação na cultura do maracujá. In: SOUSA, V. F. et al. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 636-664.

SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; NOGUEIRA, L. C.; COELHO FILHO, M. A.; ARAÚJO, A. R. Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliças. In: SOUSA, V. F. et al. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 406-431.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A.; FRIZZONE, J. A. Distribuição radicular do maracujazeiro sob diferentes doses de potássio aplicadas por fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 51-56, abr. 2002. https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100010.

SOUSA, V. F.; RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E. F.; VIANA, F. M. P.; SILVA, P. H. S. da. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no Meio-Norte do Brasil.** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999.

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; FOCHESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro-azedo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 276-279, ago. 2006. https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200027.

SPADA, G.; UESUGI, G.; SILVA, R. B.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas de pau-d'alho sob diferentes doses e frequências de aplicação de nutrientes. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 15, n. 2, p. 121-132, mar./abr. 2019. https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n2.a291.

SRIVASTAVA, V.; SONI, A.; SONAM, K. Analysis on effect of cold stress in bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). **American Journal of Bioscience**, New York, NY, v. 3, n. 4, p. 145-166, Jul. 2015. https://doi.org/10.11648/j.ajbio.20150304.15.

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

TARTARI, G. G.; SCHWARZ, S. F.; STRASSBURGER, A. S.; PETRY, H. B.; SCHNEIDER, L. A.; EBELING, L. H. dos S. Ripening stage and post-harvest storage effect on the physiological quality of passion fruit seeds. **Fruit Crop Science Journal**, Bento Gonçalves, v. 1, e678, ago. 2025. https://doi.org/10.1590/3085-89092025678.

TIMPLE, S. E.; HAY, F. R. High-temperature drying of seeds of wild *Oryza* species intended for long-term storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 46, n. 1, p. 107-112, Apr. 2018. https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.1.10.

TOMAZI, Y.; BONOME, L. T. S.; SIQUEIRA, D. J.; MOURA, G. S.; FRANZENER, G. Métodos de assepsia em sementes de feijão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 14, n. 2, p. 229-237, abr. 2019. https://doi.org/10.18378/rvads.v14i2.6353.

VALLINI, P. C.; RUGGIERO, C.; LAM-SÁNCHEZ, A.; FERREIRA, F. R. Studies on the flowering period of yellow passion fruit *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. in the region of Jaboticabal, São Paulo. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 57, p. 233-236, 1976. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1976.57.27

WANG, P.; LI, D.; WANG, L. J. Drying damage on physiological properties of rice seed associated with ultrastructure changes. **International Journal of Food Engineering**, Berlin, v. 13, n. 12, 2017, e20170096. https://doi.org/10.1515/ijfe-2017-0096.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. A. Polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 174-192, 2010.

ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; REIS, A. Controle integrado de doenças em hortaliças visando a produção de sementes de qualidade. In: NASCIMENTO, W. M. (Org.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. p. 247-276.