



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

CINTYA MIKAELLY PEREIRA GAIA SOUZA

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO COM BASE EM ATRIBUTOS
MORFOFISIOLÓGICOS E METABÓLICOS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

MOSSORÓ

2026

CINTYA MIKAELLY PEREIRA GAIA SOUZA

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO COM BASE EM ATRIBUTOS
MORFOFISIOLÓGICOS E METABÓLICOS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr.

Co-orientadora: Edicleide Macedo da Silva, Prof^a. Dr^a.

Co-orientador: José Francismar de Medeiros, Dr.

MOSSORÓ

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S719a Souza, Cintya Mikaelly Pereira Gaia.
AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO COM BASE EM
ATRIBUTOS MORFOFISIOLÓGICOS E METABÓLICOS SOB
DÉFICIT HÍDRICO / Cintya Mikaelly Pereira Gaia
Souza. - 2026.
92 f. : il.

Orientador: Glauber Henrique de Sousa Nunes.
Coorientador: José Francismar de Medeiros.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2026.

1. Cucumis melo L.. 2. Índice de tolerância. 3.
Irrigação deficitária. 4. PEG 6000. 5. Seleção de
genótipos. I. Nunes, Glauber Henrique de Sousa,
orient. II. Medeiros, José Francismar de, co-

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CINTYA MIKAELLY PEREIRA GAIA SOUZA

**AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO COM BASE EM ATRIBUTOS
MORFOFISIOLÓGICOS E METABÓLICOS SOB DÉFICIT HÍDRICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Tecnologias em nutrição de plantas e soluções para convivência com a seca e salinidade.

Defendida em: 23/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Glauber Henrique de Sousa Nunes, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Stefeson Bezerra de Melo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador Interno ao Programa

Fred Augusto Lourêdo de Brito, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador Externo ao Programa

Maria Lilia de Souza Neta, Dr^a. (SEEC-RN)
Membro Examinador Externo à Instituição

Bernardo Bezerra de Araujo Júnior, Prof. Dr. (IFRN)
Membro Examinador Externo à Instituição

Edicleide Macedo da Silva, Prof^a. Dr^a. (UFERSA)
Co-orientadora

José Francismar de Medeiros, Dr. (UFERSA)
Co-orientador

*Aos meus pais, Cícero Souza e Maria de
Jesus, aos meus irmãos, Júnior e Lucas e ao
meu esposo, Baltazar Júnior.
Sou eternamente grata a vocês.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e pela misericórdia e à Santa Terezinha do Menino Jesus, pela intercessão, fortalecendo-me em minha fraqueza.

Agradeço aos meus pais, Cícero Souza e Maria de Jesus, e aos meus irmãos, Júnior e Lucas, por todo o incentivo, pela compreensão e por estarem sempre ao meu lado, encorajando-me a enfrentar os desafios da vida. Vocês são ouro de mina!

Agradeço ao meu esposo, Baltazar Júnior, por todo o apoio durante essa caminhada que trilhamos juntos. Obrigada pelo cuidado, por toda a ajuda na execução dos trabalhos e pelo suporte psicológico, sendo sempre meu ombro amigo e meu braço direito. Você é o meu amor e a minha equipe!

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água pela estrutura fornecida e pelo suporte na condução dos trabalhos, e à CAPES pelo auxílio financeiro.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Glauber Henrique de Sousa Nunes, pela orientação, paciência, ensinamentos e apoio durante o doutorado. Agradeço ao meu co-orientador, Dr. José Francismar de Medeiros, pela ajuda, orientação e disponibilidade no desenvolvimento dos trabalhos. Agradeço à minha co-orientadora, Prof^a Dr^a Edicleide Macedo da Silva, pela orientação, companheirismo, amizade e por não medir esforços em ajudar. Agradeço ao Prof. Dr. Vladimir Batista Figueirêdo pela disponibilidade em contribuir no segundo experimento. Vocês são exemplos e excelentes profissionais!

Agradeço à minha amiga-irmã, Ágda, pela amizade, carinho e por se fazer presente mesmo distante, vibrando e me apoiando incondicionalmente. Nossa amizade é como vinho!

Agradeço aos meus colegas do PPGMSA pela parceria, e a Humberto, Rodrigo, Fagner e Maik pela ajuda nas análises experimentais.

Agradeço a todos do grupo GERMEV pelos momentos compartilhados, em especial a Mara e Paulo pela amizade construída em meio às resenhas, inseguranças e caos. Agradeço ao LAS-UFERSA pela disponibilidade do espaço para realização do primeiro experimento, em especial à Prof^a Clarisse Benedito e à técnica Sara Carvalho pelas sugestões e colaboração.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização do meu trabalho!

“É justo que muito custe o que muito vale”

Santa Teresa D’Ávila

RESUMO GERAL

A disponibilidade hídrica é um fator determinante para a germinação, o estabelecimento inicial e o desenvolvimento fisiológico do meloeiro, especialmente em regiões semiáridas, onde a limitação hídrica é uma condição recorrente e um fator restritivo à produção agrícola. Diante disso, objetivou-se avaliar o desempenho de diferentes genótipos de meloeiro sob condições de déficit hídrico, considerando a classificação de níveis de tolerância na fase inicial de germinação e crescimento, bem como as respostas morfofisiológicas e produtivas de plantas em campo. A pesquisa foi conduzida de 2023 a 2025 na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. O estudo foi dividido em dois experimentos, sendo que o experimento I consistiu na identificação e classificação de vinte genótipos de meloeiro (A-10, A-08, A-50, A-52, A-27, A-16, A-04, A-09, A-Italo, C-32, AM-55, PMR6, I-136, I-180, Ames, Nantais Oblong, PI236655, PI179901, PI614401 e PI234607) sob condição de déficit hídrico por meio de potenciais osmóticos induzidos com Polietilenoglicol (PEG 6000), em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições; já o experimento II foi composto por cinco genótipos de meloeiro (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6 e PI234607) e três níveis de reposição hídrica (50%, 75% e 100%) em delineamento de blocos casualizados com cinco repetições. No experimento I, o déficit hídrico afetou negativamente variáveis relacionadas à germinação, à velocidade de emergência e ao crescimento da parte aérea e radicular, em contrapartida, observou-se aumento na concentração de prolina, aminoácidos e açúcares totais. No experimento II, as respostas das variáveis morfofisiológicas e de biomassa foram influenciadas pelo déficit hídrico, embora não tenha comprometido os atributos qualitativos dos frutos. As respostas ao déficit hídrico variaram conforme o genótipo, permitindo a identificação de materiais mais tolerantes e mais suscetíveis à deficiência hídrica, com base nas variáveis de índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e radicular. Assim, os resultados evidenciam a importância da variabilidade genética do meloeiro como estratégia para a seleção de genótipos mais adaptados a condições de limitação hídrica, contribuindo para a sustentabilidade da produção em ambientes com restrição de água.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Índice de tolerância. Irrigação deficitária. PEG 6000. Seleção de genótipos.

GENERAL ABSTRACT

Water availability is a determining factor for the germination, initial establishment, and physiological development of melon plants, especially in semi-arid regions, where water limitation is a recurring condition and a limiting factor for agricultural production. Therefore, this study aimed to evaluate the performance of different melon genotypes under water deficit conditions, considering the classification of tolerance levels in the initial germination and growth phase, as well as the morphophysiological and yield-related responses of plants in the field. The research was conducted from 2023 to 2025 at the Federal Rural University of the Semi-Arid Region, in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The study was divided into two experiments: Experiment I consisted of the identification and classification of twenty melon genotypes (A-10, A-08, A-50, A-52, A-27, A-16, A-04, A-09, A-Italo, C-32, AM-55, PMR6, I-136, I-180, Ames, Nantais Oblong, PI236655, PI179901, PI614401 and PI234607) under water deficit conditions using osmotic potentials induced with polyethylene glycol (PEG 6000), in a completely randomized design with four replications; Experiment II consisted of five melon genotypes (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6, and PI234607) and three levels of water replenishment (50%, 75% and 100%) in a randomized block design with five replications. In Experiment I, water deficit negatively affected variables related to germination, emergence speed, shoot and root growth; conversely, an increase in the concentration of proline, amino acids, and total sugars was observed. In Experiment II, the responses of morphophysiological and biomass responses were influenced by water deficit, although this did not compromise the qualitative attributes of the fruits. Responses to water deficit varied according to genotype, allowing the identification of materials more tolerant and more susceptible to water deficiency, based on the germination speed index and shoot and root length variables. Thus, the results highlight the importance of melon genetic variability as a strategy for selecting genotypes better adapted to water-limited conditions, contributing to the sustainability of production in water-stressed environments.

Keywords: *Cucumis melo* L. Deficit irrigation. Genotype selection. PEG 6000. Tolerance index.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Análise de agrupamento hierárquico de 20 genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação, com base no valor do coeficiente de tolerância à seca, distância euclidiana e algoritmo UPGMA.....	34
Figura 2 - Classe de tolerância à seca de 20 genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação.....	35
Figura 3 - Coeficientes de correlação simples de Pearson entre o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) e o coeficiente de tolerância à seca (CS) de cada característica.....	37

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1 - Mapa da localização da área experimental.....	52
Figura 2 - Dados de temperatura, umidade relativa do ar e evapotranspiração de referência durante a realização do experimento no ano de 2024.....	53
Figura 3 – Quantidade de água aplicada em cada tratamento.....	57
Figura 4 - Curva de retenção da água no solo utilizado no experimento.....	58

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para características morfológicas e metabólitos em genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação.....	31
Tabela 2 - Valor médio e desvio padrão (DP), inibição e coeficiente de tolerância à seca (CS) de características morfológicas e metabólitos em genótipos de melão durante a fase de germinação sob dois estresses hídricos.....	32
Tabela 3 - Coeficiente médio de tolerância à seca (CS) para características morfológicas e metabólitos em genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação.....	33
Tabela 4 - Valor da função de pertinência (VFP) e classificação de genótipos de melão tolerantes à seca submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação.....	35
Tabela 5 - Estimativa do coeficiente de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão, valor t e probabilidade do coeficiente de tolerância à seca (CS) aceito para cada característica que pode ser usada para prever o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) na regressão múltipla.....	38

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.....	54
Tabela 2 - Análise físico-química da água utilizada na irrigação do experimento.....	54
Tabela 3 - Classificação dos genótipos utilizados no experimento.....	55
Tabela 4 - Parâmetros de ajuste do modelo de van Genuchten (1980), para o solo CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico utilizado no experimento.....	57
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para caracteres biométricos, fisiológicos e de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica aos 32 e 62 dias após o transplântio.....	63
Tabela 6 - Médias biométricas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e final do ciclo.....	65
Tabela 7 - Variáveis biométricas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de frutificação e final do ciclo.....	65

Tabela 8 - Médias de variáveis fisiológicas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e no final do ciclo.....	66
Tabela 9 - Índice SPAD na fase de florescimento de genótipos de meloeiro sob três níveis de reposição hídrica	66
Tabela 10 - Variáveis fisiológicas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento.....	67
Tabela 11 - Médias de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e final do ciclo.....	68
Tabela 12 - Variáveis de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e final do ciclo.....	68
Tabela 13 - Resumo da análise de variância para variáveis de biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.....	69
Tabela 14 - Médias de biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.....	70
Tabela 15 - Massa fresca da raiz de cinco genótipos de meloeiro sob três níveis de reposição hídrica.....	71
Tabela 16 - Biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.....	72
Tabela 17 . Resumo da análise de variância dos parâmetros físicos e físico-químicos em frutos de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.....	72
Tabela 18 . Médias de cinco genótipos de melão submetidos a três níveis de reposição hídrica em função dos parâmetros físico-químicos dos frutos.	73
Tabela 19 . Médias de pH de frutos de cinco genótipos de melão submetidos a três níveis de reposição hídrica	74
Tabela 20 . Parâmetros físico-químicos em frutos de cinco genótipos de melão sob diferentes níveis de reposição hídrica.....	74
Tabela 21 . Resumo da análise de variância para a concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.....	75
Tabela 22 . Médias da concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.....	75
Tabela 23 . Concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
2. CAPÍTULO I: ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E METABÓLITOS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELÃO SOB DÉFICIT HÍDRICO.....	23
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
Localização e caracterização experimental.....	27
Variáveis analisadas.....	27
Germinação e índice de velocidade de germinação.....	27
Comprimento da parte aérea e radicular.....	28
Massa seca da parte aérea, da radícula e massa seca total das plântulas.....	28
Estimativa do coeficiente de Tolerância à Seca (CS) e classificação do genótipo quanto ao estresse hídrico.....	28
Ensaio de metabólitos.....	29
Análise estatística.....	30
RESULTADOS.....	31
Desempenho das características em condições de déficit hídrico.....	31
Variação do coeficiente de tolerância à seca e classificação dos genótipos.....	32
Correlação entre o valor da função de pertinência da tolerância a seca e coeficiente de tolerância a seca para cada variável.....	36
Tolerância a seca explicada por múltiplos coeficiente de tolerância a seca de avaliação das características.....	37
DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
3. CAPÍTULO II: RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO SOB CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO.....	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49

INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAIS E MÉTODOS.....	52
Localização e caracterização do experimento.....	52
Delineamento experimental.....	55
Condução experimental.....	55
Variáveis analisadas.....	58
Avaliações biométricas.....	58
Análises de biomassa.....	59
Conteúdo relativo de água.....	60
Extravasamento de eletrólitos.....	60
Índice SPAD.....	60
Medidas de trocas gasosas.....	61
Avaliação da concentração de minerais em folhas de meloeiro.....	61
Avaliação dos frutos.....	61
Análise estatística.....	62
RESULTADOS.....	63
Variáveis biométricas, fisiológicas e trocas gasosas de genótipos de meloeiro na fase de florescimento (32 DAT) e no final do ciclo (62 DAT).....	63
Variáveis biométricas.....	64
Conteúdo relativo de água, índice SPAD e extravasamento de eletrólitos.....	65
Respostas das trocas gasosas.....	67
Avaliação da biomassa e morfometria.....	69
Análises físicas e físico-químicas dos frutos.....	72
Análise da concentração de minerais em folhas de meloeiro.....	74
DISCUSSÃO.....	77
CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

1. INTRODUÇÃO GERAL

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por um regime pluviométrico variável, com chuvas irregulares e secas periódicas prolongadas. As precipitações podem chegar a 1000 mm/ano durante os anos mais chuvosos; entretanto, em anos de estiagem, o índice é de até 250 mm/ano (Silva et al., 2021), agravando a escassez de água e impactando o rendimento e o ciclo produtivo das culturas.

A escassez hídrica é um dos estresses abióticos mais críticos, sendo essencial assegurar o uso racional da água, sobretudo levando em consideração que os pequenos produtores enfrentam dificuldades frequentes relacionadas ao acesso e à infraestrutura. Por outro lado, as grandes empresas agrícolas, em razão do elevado volume de consumo, devem ser alvos de um maior controle rigoroso que garanta a sustentabilidade hídrica. Assim, o uso eficiente da água configura-se como um dos principais desafios da atualidade (Buczowska; Sałata; Nurzyńska-Wierdak, 2023).

A ocorrência do déficit hídrico é um dos principais fatores limitantes para a germinação e, consequentemente, para o desenvolvimento das plantas (Leal et al., 2020). Durante a germinação, ocorrem vários eventos metabólicos no processo de embebição, marcando o início da formação da plântula. Nesse momento, com a reativação do metabolismo e, consequentemente, o início da respiração e da mobilização das reservas, há uma rápida absorção de água, assegurando eficiência no desencadeamento e na continuidade da germinação (Marcos Filho, 2018).

Em estudos com sementes, o déficit hídrico pode ser simulado por meio de agentes osmóticos, como o polietilenoglicol 6000 (PEG 6000). O PEG permite reproduzir a baixa disponibilidade de água nas fases iniciais do processo germinativo por ser um composto inerte que induz o déficit hídrico, com alto peso molecular, que, sem penetrar no tegumento restringe a absorção de água pelas sementes (Masetto et al., 2016).

A avaliação da germinação sob diferentes potenciais hídricos induzidos por solução de PEG pode ser fundamental para identificar os limites de tolerância das espécies, os quais variam de acordo com as características genéticas presentes no germoplasma utilizado (Villela et al., 1991).

Em condições de potenciais hídricos negativos, no início da embebição, a absorção de água pelas sementes é dificultada, o que pode inviabilizar a sequência dos eventos germinativos, podendo reduzir características como porcentagem e velocidade de germinação, bem como a formação da plântula (Zhang et al., 2022; Atabaki et al., 2023; Scarfó et al., 2024).

O meloeiro, pertencente à família Cucurbitaceae, tem como centro de origem a África e a Ásia (Lija & Beevy, 2021), e é uma cultura amplamente cultivada em várias regiões do mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e tipos de solo (Kesh & Kaushik, 2021).

Essa espécie é exigente em altas temperaturas (25 a 35°C) e baixa umidade relativa do ar entre 65 e 75%, que são fundamentais para o estabelecimento da cultura, o que justifica o sucesso do meloeiro na região Nordeste do Brasil; entretanto, para seu cultivo na região, necessita-se de altas tecnologias por parte das empresas produtoras (Moura et al., 2011).

Os estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Ceará são considerados as principais áreas produtoras do país, sendo Mossoró, localizada no Rio Grande do Norte considerada a maior cidade produtora no ano de 2024 com uma quantidade produzida de 505.212 toneladas; Juazeiro, na Bahia, com 89.849 toneladas; e Aracati, no estado do Ceará, com 70.945 toneladas (IBGE, 2024), tendo reconhecimento tanto nos mercados nacionais quanto nos internacionais em função da qualidade e do sabor (Oliveira et al., 2021).

No semiárido nordestino, o melão (*Cucumis melo* L.) é bastante consumido, além de possuir frutos com 83% de água, sendo a manutenção da umidade no solo indispensável para o êxito da cultura, pois a mesma apresenta sensibilidade ao déficit hídrico (Costa, 2017). Contudo, o genótipo estudado irá influenciar na resposta da planta (Akrami; Arzani, 2019).

Em função da susceptibilidade do meloeiro ao estresse hídrico, é importante a identificação de materiais resistentes ao estresse abiótico com o objetivo de melhorar a sua adaptabilidade em condições áridas (Shahwar et al., 2024), já que essa cultura é amplamente cultivada nessas regiões.

O estresse hídrico afeta a expansão da área foliar das culturas, a acumulação de biomassa e, conseqüentemente, a qualidade da produção (Yavuz et al., 2021). Além disso, provoca desequilíbrio osmótico nas plantas sob déficit hídrico, em razão do baixo conteúdo de água no solo, ocorre redução do seu potencial hídrico, o que dificulta o gradiente osmótico estabelecido pelas plantas e, conseqüentemente, limita a absorção de água. Mesmo sob condições de estresse,

algumas plantas apresentam capacidade de manter a produtividade. Essa adaptação pode ocorrer em níveis morfológico, fisiológico e molecular. A resposta vegetal depende da intensidade do estresse, uma vez que, em situações mais severas, as plantas passam a acumular compostos osmoprotetores, contribuindo para a restauração do equilíbrio osmótico (Gurrieri et al., 2020).

Para que a absorção de água pelas plantas seja adequada, é necessário que o solo apresente um teor hídrico suficiente, até atingir a capacidade de água disponível. Quando o conteúdo de água no solo não é suficiente, sua disponibilidade cai abaixo do nível ideal, podendo atingir o denominado ponto de murcha permanente. Nessa condição, mesmo com gasto energético, a planta não consegue mais extrair água do solo, comprometendo seus processos fisiológicos (Sousa Filho, 2021).

O teor de água no solo é uma variável fundamental para diversas aplicações, incluindo o planejamento da irrigação com o objetivo de aumentar a produção agrícola. Nesse contexto, planejar e adotar métodos de irrigação é essencial para garantir os processos fisiológicos e a produtividade das plantas. A irrigação realizada de forma eficiente reduz o consumo de água e de energia, no entanto, quando aplicada em excesso ou abaixo do necessário, pode comprometer a produtividade da água de irrigação, além de provocar problemas como salinização do solo, perda de nutrientes por lixiviação, elevação do lençol freático e até mesmo a morte das plantas (França et al., 2024).

Nesse contexto, a utilização integrada de diferentes bases de dados no manejo da irrigação, como informações meteorológicas e sensores de umidade do solo, a fim de controlar o teor de água no solo, em plataformas de apoio à decisão, representa uma estratégia inovadora para qualificar o processo decisório e promover um manejo da irrigação mais eficiente e sustentável (Enriquez et al., 2021).

No manejo com tensiômetros, são consideradas a força de atração da água nas partículas do solo (tensão de água no solo), pois é necessário assegurar que as plantas estejam em capacidade de campo. O uso de ferramentas que auxiliem no monitoramento do teor de água no solo é fundamental para o manejo adequado da irrigação, uma vez que a disponibilidade hídrica deve suprir as exigências da cultura. Dessa forma, quando ocorre deficiência de água no solo, a água disponível torna-se limitada, podendo comprometer o metabolismo e o desenvolvimento dos vegetais (Gomes et al., 2017).

Sob condições de baixa disponibilidade hídrica no solo, as plantas reduzem a condutância estomática como mecanismo de conservação de água, diminuindo a transpiração. Embora essa resposta aumente a sobrevivência sob estresse, ela também reduz a temperatura foliar e as trocas gasosas, comprometendo a fotossíntese. Além disso, temperaturas elevadas podem diminuir a umidade do solo em função da demanda evaporativa da atmosfera, agravando o estresse hídrico, reduzindo o teor relativo de água nas folhas e afetando a eficiência do uso da água (Vila et al., 2025).

Diante da importância do semiárido brasileiro e da limitação dos recursos hídricos, torna-se essencial o desenvolvimento de estratégias que permitam identificar genótipos mais tolerantes e produtivos sob condições de estresses abióticos, como o déficit hídrico. Entretanto, devido à complexidade das respostas fisiológicas e produtivas da cultura do meloeiro a esse tipo de estresse, associada à variabilidade ambiental própria das condições de campo, são necessários desafios e critérios eficientes de triagem e seleção.

Assim, constata-se a necessidade de aprimorar metodologias que integrem avaliações iniciais e experimentação em campo, possibilitando a identificação de genótipos com maior estabilidade e desempenho sob déficit hídrico, contribuindo para programas de melhoramento e para a sustentabilidade da produção em regiões com disponibilidade hídrica limitada. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de diferentes genótipos de melão sob condições de déficit hídrico, considerando desde a fase inicial de germinação até o crescimento vegetativo, bem como as respostas fisiológicas, metabólicas e produtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKRAMI, M.; ARZANI, A. Inheritance of fruit yield and quality in melon (*Cucumis melo* L.) grown under field salinity stress. *Scientific Reports*, [S. l.], v. 9, p. 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43616-6>.
- ATABAKI, Z. M.; GHEREKHLOO, J.; GHADERI-FAR, F.; ANSARI, O.; HASSANPOUR-BOURKHEILI, S.; PRADO, R. The effect of environmental factors on seed germination and emergence of cutleaf geranium. *Advances in Weed Science*, [S. l.], v. 41, e020230006, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00005>.
- BUCZKOWSKA, H.; SAŁATA, A.; NURZYŃSKA-WIERDAK, R. Melon (*Cucumis melo* L.) fruit yield under irrigation and mycorrhiza conditions. *Agronomy*, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 1559, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13061559>.
- COSTA, N. D. (ed.). *A cultura do melão*. Petrolina: Embrapa, 2017. 210 p.
- ENRIQUEZ, Y.; YADAV, S.; EVANGELISTA, G. K.; VILLANUEVA, D.; BURAC, M. A.; PEDE, V. Disentangling challenges to scaling alternate wetting and drying technology for rice cultivation: distilling lessons from 20 years of experience in the Philippines. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, [S. l.], v. 5, p. 675818, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.675818>.
- FRANÇA, A. C. F.; COELHO, R. D.; GUNDIM, A. S.; COSTA, J. O.; QUILOANGO-CHIMARRO, C. A. Effects of different irrigation scheduling methods on physiology, yield, and irrigation water productivity of soybean varieties. *Agricultural Water Management*, [S. l.], v. 293, p. 108709, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108709>.
- GOMES, E. R.; COSCOLIN, R. B. S.; LIMA, J.; ZUÑIGA, E. A.; MACHUCA, E. A.; BROETTO, F. Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, [S. l.], v. 11, n. 7, p. 2076-2083, 2017. DOI: <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n700710>.
- GURRIERI, L.; MERICO, M.; TROST, P.; FORLANI, G.; SPARLA, F. Impact of drought on soluble sugars and free proline content in selected *Arabidopsis* mutants. *Biology (Basel)*, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 367, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology9110367>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agropecuária 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 fev. 2026.

KESH, H.; KAUSHIK, P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: an update. *Scientia Horticulturae*, [S. l.], v. 282, p. 110045, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110045>.

LEAL, C. C. P. *et al.* Water stress on germination and vigor of ‘mofumbo’ (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. *Revista Ciência Agronômica*, [S. l.], v. 51, n. 1, p. 1-7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200013>.

LIJA, M.; BEEVY, S. S. A review on the diversity of melon. *Plant Science Today*, [S. l.], v. 8, p. 995-1003, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.1300>.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. 2018. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Germinação%20PG%202018%20pdf.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MASETTO, T. E.; VARGAS, E. L.; SCALON, S. D. P. Q. Potenciais hídricos e teores de água na germinação de sementes e crescimento inicial de milheto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 619-630, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p619-630>.

MOURA, M. C. F.; OLIVEIRA, L. C. S.; SILVA, S. G. A. A cultura do melão: uma abordagem acerca da cadeia produtiva no agropólo Mossoró – Assú/RN. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, [S. l.], v. 7, p. 1068-1084, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17271/19800827772011183>.

OLIVEIRA, A. L. R. *et al.* Edaphoclimatic zoning of the melon crop. *Trends in Horticulture*, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 38-44, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24294/th.v4i1.1798>.

SCARFÓ, M. C.; RODRIGUEZ, D. A.; MILANO, C.; LOYDI, A. Effect of water stress and temperature on seed germination of five perennial grass species of the semi-arid Pampas. *Journal of Arid Environments*, [S. l.], v. 224, p. 105211, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105211>.

SHAHWAR, D.; KHAN, Z.; PARK, Y. Marcadores moleculares para melhoramento assistido por marcadores para estresse biótico e abiótico em melão (*Cucumis melo* L.): uma revisão. *International Journal of Molecular Sciences*, [S. l.], v. 25, n. 12, p. 6307, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25126307>.

SILVA, B. K. S. *et al.* Uso do mulching e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de interesse econômico: uma revisão narrativa. In: AGRONEGÓCIO E SUSTENTABILIDADE: métodos, técnicas, inovação e gestão. São Paulo: Científica Digital, 2021. p. 68-77. DOI: <https://doi.org/10.37885/210906113>.

SOUSA FILHO, P. H.; DONATO, F.; OLIVEIRA, M. E. F.; SANTANA, M. J.; PEREIRA, D. P. Fator de disponibilidade de água no solo e adubação nitrogenada para a cultura da beterraba. *Nativa*, Sinop, v. 9, n. 2, p. 222-228, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i2.11693>.

VILA, V. V.; SOUZA, S. A.; MENDONÇA, F. C.; GOMES, T. M.; FIORIO, P. R.; MARQUES, P. A. A. Potential of thermal imaging for yield and soil water content prediction in leafy vegetables. *Smart Agricultural Technology*, [S. l.], v. 12, p. 101587, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101587>.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 11, p. 1957-1968, 1991.

YAVUZ, D.; SEYMEN, M.; YAVUZ, N.; ÇOKLAR, H.; ERCAN, M. Effects of water stress applied at various phenological stages on yield, quality, and water use efficiency of melon. *Agricultural Water Management*, [S. l.], v. 246, p. 106673, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106673>.

ZHANG, R.; CHEN, D.; LIU, H. *et al.* Effect of temperature and water potential on the germination of seeds from three different populations of *Bidens pilosa* as a potential Cd hyperaccumulator. *BMC Plant Biology*, [S. l.], v. 22, art. 487, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03876-3>.

2. CAPÍTULO 1: ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS E METABÓLITOS DE PLÂNTULAS NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO SOB DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

A seleção de genótipos com maiores índices de tolerância à escassez hídrica em estágios iniciais do crescimento pode ser uma estratégia promissora para o melhoramento genético. Em função disso, objetivou-se avaliar o crescimento inicial das plântulas, as respostas metabólicas e a seleção dos genótipos de meloeiro sob condições de déficit hídrico. Para isso, sementes de vinte genótipos foram submetidas a dois potenciais osmóticos com PEG 6000 (0,0 MPa e -0,25 MPa), com quatro repetições em delineamento inteiramente casualizado. As variáveis analisadas foram germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e radicular, massa seca da parte aérea e radicular, massa seca total, coeficiente de tolerância à seca e concentrações de aminoácidos, açúcares totais e prolina. Análises univariadas e multivariadas de variância foram realizadas, e os genótipos foram agrupados utilizando o método de Scott-Knott. A classificação dos genótipos foi realizada com base na estimativa do Coeficiente de Tolerância à Seca, sendo avaliada também pelo valor da função de pertinência. O déficit hídrico de -0,25 MPa afetou negativamente a velocidade e a porcentagem de germinação, o comprimento de raiz e a massa seca da parte aérea, enquanto os metabólitos apresentaram comportamento oposto. A massa seca total não foi afetada pelo estresse hídrico. Os genótipos I-136 e PI234607 foram classificados como tolerantes à seca; os genótipos A-50 e A-52, como suscetíveis; e os genótipos A-08 e A-09 foram classificados como altamente suscetíveis.

Palavras-chaves: Germinação. Índice de tolerância. Polietilenoglicol. Restrição hídrica. Valor da função de pertinência.

CHAPTER 1: MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES AND METABOLITES OF SEEDLINGS IN THE SELECTION OF MELON GENOTYPES UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT

Selecting genotypes with higher tolerance to water scarcity during the early stages of growth can be a promising strategy for genetic improvement. Therefore, this study aimed to evaluate the initial seedling growth, metabolic responses, and the selection of melon genotypes under water deficit conditions. To this end, seeds from twenty genotypes were subjected to two osmotic potentials induced by PEG 6000 (0.0 MPa and -0.25 MPa), with four replicates in a completely randomized design. The variables analyzed were germination percentage, germination speed index, shoot and root length, shoot and root dry mass, total dry mass, the drought tolerance coefficient, and concentrations of amino acids, total sugars, and proline. Univariate and multivariate analyses of variance were performed, and the genotypes were grouped using the Scott-Knott method. The classification of genotypes was based on the estimated drought tolerance coefficient, which was also evaluated using the membership function value. A water deficit of -0.25 MPa negatively affected the germination speed and percentage, root length, and shoot dry mass, while metabolites showed the opposite behavior. Total dry mass was not affected by water stress. Genotypes I-136 and PI234607 were classified as drought-tolerant; genotypes A-50 and A-52 as susceptible; and genotypes A-08 and A-09 as highly susceptible.

Keywords: Germination. Tolerance index. Polyethylene glycol. Membership function value. Water restriction.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.), pertencente à família Cucurbitaceae, é uma hortaliça-fruto amplamente consumida em nível mundial (Aragão et al., 2023). Na região Nordeste do Brasil, seu cultivo se sobressai, mesmo diante das condições edafoclimáticas adversas, marcadas pela escassez hídrica e pelas altas temperaturas (Landau et al., 2020).

A disponibilidade de água é uma condição essencial no processo de germinação, já que a formação da plântula se dá a partir de uma sequência de eventos metabólicos que ocorre durante a embebição (Marcos Filho, 2018). Essa capacidade de absorção de água pelas sementes está relacionada à estrutura e à composição química do tegumento e do endosperma, os quais podem conferir maior permeabilidade ou resistência à entrada de água (Upreti; Bandara; Tanino, 2025).

O déficit hídrico causa desidratação celular em plantas, comprometendo diversos processos fisiológicos, como a fotossíntese e o movimento estomático, limitando o crescimento da planta e a sua fenologia (Ullah et al., 2025). Nesse contexto, as plantas apresentam diferentes mecanismos de adaptação às condições de déficit hídrico, como o acúmulo de osmorreguladores, a exemplo da prolina, dos açúcares, dos aminoácidos e das proteínas. Esses compostos têm sido amplamente estudados por exercerem função fundamental na adaptação ao estresse hídrico (Syta et al., 2019).

Identificar a tolerância de materiais em condições de restrição hídrica, através de índices de déficit hídrico na fase de plântula é vantajoso, pois tem-se o controle hídrico preciso, mínima interferência ambiental e viabilidade de avaliação rápida, tornando o período de identificação mais prático (Ren et al., 2025). Com isso, a utilização de soluções osmóticas, como o polietilenoglicol 6000 (PEG), em estudos com sementes, como simulador de déficit hídrico nos estágios de germinação e de plântula, é bastante utilizada pois reduz o potencial hídrico e não é absorvida pelos vegetais, por ser um agente osmótico inerte (Cai et al., 2025).

Embora o cultivo do meloeiro em regiões semiáridas dependa de sistemas de irrigação que garantam o fornecimento adequado de água para o pleno desenvolvimento da cultura, esses sistemas apresentam custos elevados, tanto de implantação quanto de manutenção, podendo atingir consumos de 3.000 m³ a 5.000 m³ de água por hectare ao longo do ciclo produtivo (Hama-Aziz et al., 2023). Nesse cenário, o desenvolvimento de cultivares que tenham menor demanda hídrica surge como uma estratégia promissora para reduzir a necessidade por irrigação e diminuir os custos de produção. Além disso, menores demandas hídricas contribuem para a sustentabilidade da cadeia produtiva do melão, especialmente em regiões semiáridas, onde a

disponibilidade de água é limitada e a eficiência no seu uso é fundamental para a viabilidade econômica da atividade.

Devido ao fato de que a seleção em campo é muito trabalhosa, em função da variação edafoclimática, a triagem inicial de genótipos por meio do estudo da germinação em soluções osmóticas constitui uma estratégia viável para a identificação de materiais tolerantes ao déficit hídrico.

Sendo assim, objetivou-se avaliar o crescimento inicial das plântulas, as respostas metabólicas e a seleção de genótipos de meloeiro sob condições de déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização experimental

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN no período de outubro de 2023 a janeiro de 2024. Para isso, utilizaram-se 20 genótipos de melão (A-10, A-08, A-50, A-52, A-27, A-16, A-04, A-09, A-Italo, C-32, AM-55, PMR6, I-136, I-180, Ames, Nantais Oblong, PI236655, PI179901, PI614401 e PI234607), oriundos da coleção de germoplasma de cucurbitáceas da UFERSA.

Inicialmente, foi realizado um teste de germinação com os 20 genótipos de melão, nos seguintes níveis osmóticos: 0,0; -0,25; -0,50; -0,75 e -1,0 MPa. Porém, considerando a interrupção total da germinação de plântulas normais nos potenciais de -0,50, -0,75 e -1 MPa, foram selecionados para o presente trabalho os potenciais 0,0 e -0,25 MPa.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 20 (potenciais osmóticos × genótipos), com quatro repetições de 25 sementes cada. O primeiro fator foi composto por dois níveis de potencial osmótico referente ao déficit hídrico: 0,0 MPa (controle) e -0,25 MPa (PEG 6000), enquanto o outro fator correspondeu aos vinte genótipos de meloeiro. As sementes foram semeadas em papéis Germitest® (substrato), previamente umedecidos com água destilada (0,0 MPa) e com solução de polietilenoglicol (-0,25 MPa), para simular o déficit hídrico, na proporção de 2,5 vezes o peso destes. Os potenciais osmóticos foram determinados seguindo a metodologia proposta por Villela et al. (1991) e utilizando a equação 1, proposta por Michel e Kaufmann (1973):

$$\psi_s = (1,18 \times 10^{-2}) \times C - (1,18 \times 10^{-4}) \times C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) \times C \times T + (8,39 \times 10^{-7}) \times C^2 \times T$$

(Equação 1)

em que: ψ_s = potencial osmótico (bar); C = concentração do agente osmótico (g de PEG 6000 L⁻¹ H₂O) e T = temperatura (°C).

Em seguida, as folhas de papel foram organizadas na forma de rolos e acondicionadas em câmara de germinação do tipo B.O.D (Biological Oxygen Demand) com fotoperíodo de 12 h.dia⁻¹ a 25 °C (Brasil, 2025).

Variáveis analisadas

Germinação e índice de velocidade de germinação

Para a porcentagem de germinação, seguiram-se as recomendações das Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2025), de acordo com a equação 2:

$$G = \frac{N^{\circ} \text{ de sementes germinadas}}{N^{\circ} \text{ total de sementes}} \times 100 (\%) \quad (\text{Equação 2})$$

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, com contagens diárias do número de sementes germinadas até o oitavo dia após a instalação do teste. De posse desses dados, determinou-se o IVG de acordo com a equação 3, proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \sum \frac{N^{\circ} \text{ sementes germinadas}}{N^{\circ} \text{ de dias após a semeadura}} \quad (\text{Equação 3})$$

Comprimento da parte aérea e radicular

Ao final do teste de germinação foram realizadas as medições da parte aérea e radicular das plântulas normais com auxílio de uma régua graduada, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).

Massa seca da parte aérea, da radícula e massa seca total das plântulas

A massa seca foi obtida por meio da pesagem após a secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C, durante 72 h, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,001 g). A massa seca total foi obtida por meio do somatório da pesagem da parte aérea mais a da radícula e os resultados foram expressos em gramas (g) por plântula.

Estimativa do Coeficiente de Tolerância à Seca (CS) e classificação do genótipo quanto ao estresse hídrico

Para o estudo da sensibilidade à seca foi estimado o valor de CS (coeficiente de tolerância à seca), o qual foi calculado de acordo com a razão de dados derivados do regime hídrico normal e déficit hídrico no mesmo genótipo para cada característica (Blum & Jordan, 1985; Szira et al., 2008; Chen et al., 2012):

$$DCijr = \frac{Tijwsr}{Tijwwr} \quad (\text{Equação 4})$$

$$DCij = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r DCijr \quad (\text{Equação 5})$$

em que, $DCijr$ = coeficiente de tolerância à seca da j -ésima característica para a i -ésima cultivar na r -ésima replicação; $Tijwsr$ e $Tijwwr$ = valor da j -ésima característica para a i -ésima cultivar avaliada sob tratamentos de regime hídrico normal e estresse hídrico na r -ésima replicação, respectivamente; $DCij$ é o valor médio do coeficiente de tolerância à seca da j -ésima característica para a i -ésima cultivar.

A tolerância ao estresse hídrico do melão também foi avaliada pelo valor da função de pertinência (VFP). Esta metodologia fornece uma avaliação abrangente usando as funções de pertinência baseadas na teoria da matemática fuzzy. A função de pertinência de um conjunto fuzzy é uma generalização da função indicadora em conjuntos clássicos e representa o grau de verdade como a extensão da avaliação (Zadeh, 1965). Para qualquer conjunto T, uma função de pertinência em T é qualquer função de T ao intervalo unitário real [0,1]. De acordo com o coeficiente de tolerância à seca, o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) modificado foi calculado seguindo as equações:

$$F_{ij} = \frac{DC_{ij} - DC_{jmin}}{DC_{jmax} - DC_{jmin}} \quad (\text{Equação 6})$$

$$F_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (\text{Equação 7})$$

em que, F_{ij} é o valor da função de associação da j-ésima característica para o i-ésimo cultivar em relação à tolerância à seca; DC_{jmax} e DC_{jmin} são, respectivamente, os valores máximo e mínimo do coeficiente de resistência à seca para a j-ésima característica; F_i é o valor médio da função de associação das características medidas para o i-ésimo cultivar em relação à tolerância à seca. A tolerância à seca é dividida em cinco níveis de acordo com o valor médio ($\bar{F}$) e o desvio padrão (DP) do valor da função de pertinência (VFP) em duas séries de experimentos em vasos. A tolerância à seca foi dividida em cinco níveis de acordo com o valor médio ($\bar{F}$) e o desvio padrão (DP) do VFP. Quando $F_i \geq \bar{F} + 1,64 \times DP$, altamente tolerante à seca; $\bar{F} + 1 \times DP \leq F_i < \bar{F} + 1,64 \times DP$, tolerante à seca; $\bar{F} - 1 \times DP \leq F_i < \bar{F} + 1 \times DP$, moderadamente tolerante à seca; $\bar{F} - 1,64 \times DP \leq F_i < \bar{F} - 1 \times DP$, susceptível; $F_i < \bar{F} - 1,64 \times DP$, altamente susceptível.

Ensaios de metabólitos

As concentrações de aminoácidos, açúcares totais e prolina foram determinadas a partir de 200 mg de material fresco da plântula inteira.

O conteúdo de prolina foi obtido a partir da reação com ninhidrina ácida e ácido acético glacial e quantificado seguindo a metodologia proposta por Bates (1973). As leituras foram feitas em espectrofotômetro na absorvância de 520 nm e os resultados expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

O teor de aminoácidos foi determinado por meio da metodologia de Yemm & Copping (1955), com ninhidrina 5% e KCN 2% em Metil Celosolve. As leituras foram feitas em espectrofotômetro na absorvância de 520 nm e os resultados expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$.

O conteúdo de açúcares solúveis totais foi quantificado seguindo o método da antrona proposto por Yemm & Willis (1954). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro na absorvância de 520 nm e os resultados expressos em mg g^{-1} baseado em curva padrão de glicose.

Análise estatística

Os efeitos do genótipo, do estresse hídrico e da interação entre esses dois fatores foram submetidos às análises de normalidade e homoscedasticidade. Atendendo às premissas realizou-se a variância (ANOVA) e multivariada (MANOVA) pelo critério de Pillai. As médias nos dois níveis de déficit hídrico foram comparadas pelo teste t, enquanto as dos genótipos foram comparadas pelo método de Scott-Knott (Scott-Knott, 1974).

A análise de cluster hierárquica dos 20 genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a germinação com base no valor do coeficiente de tolerância à seca (CS), foi realizada utilizando-se o algoritmo UPGMA a partir de distâncias euclidianas. Coeficientes de correlação simples de Pearson foram realizados entre o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) e o coeficiente de tolerância à seca (CS) de cada característica.

A regressão linear múltipla foi realizada para construir os índices selecionados do valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) usando múltiplos coeficientes (CS) de algumas características. A análise de regressão *stepwise* foi conduzida selecionando o modo de entrada.

Todas as análises foram realizadas no software R versão 4.3.1 (R Core Team, 2023) usando o nível de significância de probabilidade nominal de 0,05.

RESULTADOS

Desempenho das características em condições de déficit hídrico

A ANOVA revelou variação significativa entre os genótipos, os dois regimes de seca, além da interação entre estes dois fatores para todas as variáveis testadas em $p < 0,001$ (Tabela 1). A interação genótipo $\times$ déficit hídrico indica que os genótipos apresentam respostas diferenciadas conforme o nível de estresse. Também foi constatada significância para os efeitos principais dos genótipos e do déficit hídrico, bem como para a interação entre estes fatores na análise MANOVA utilizando o critério de Pillai ($p < 0,001$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para características morfológicas e metabólitos em genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação.

Variável	FV (Valor F)			QM (Erro)
	Genótipo (G)	Déficit Hídrico (DH)	G x DH	
	df = 19	df = 1	df = 19	df = 80
IVG	16,40***	53,97***	5,89***	12,9200
PG	23,07***	19,28***	5,47***	14,5700
CR	18,89***	4,06***	7,78***	1,7200
CPA	71,08***	523,46***	30,06***	0,3200
MSR	76,05***	5,67***	7,04***	0,0020
MSPA	75,66***	58,28***	8,05***	0,0018
MST	108,71***	12,97***	12,21***	0,0038
AT	12,88***	1466,59***	12,39***	1,0875
AMI	18,75***	64,76***	3,90***	0,0004
PRO	4,22***	411,57***	4,79***	6,2 x 10 ⁻⁰⁶
F (Pillai)	2,08	0,95	1,75	
df ^{2/}	57	3	57	df _(A, AxDs) = 240; df _(S) = 78

IVG: índice de velocidade de germinação; G: Germinação (%); CR: comprimento de raiz (cm); CPA: comprimento da parte aérea (cm); MSR: massa seca da raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MST: massa seca total (g); AT: açúcares totais (mg g⁻¹); AMI: aminoácidos (μmol g⁻¹); PRO: prolina (μmol g⁻¹).

***: Significativo a $p < 0,001$ pelo teste F de Snedecor; 1/: Valor F aproximado por MANOVA; 2/: Grau de liberdade por MANOVA. FV: Fonte de variação. QM: quadrado médio.

A variação entre os genótipos foi confirmada pelo valor médio e desvio padrão do coeficiente de tolerância à seca (CS) de cada variável (Tabela 2).

Entre as 10 variáveis, o índice de velocidade de germinação (IVG), a germinação (G), o comprimento radicular (CR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) diminuíram sob déficit hídrico de -0,25 MPa em comparação ao controle (0,0 MPa) ($p > 0,05$) (Tabela 2). Para todas essas variáveis, o coeficiente de tolerância à seca foi inferior a 1,0. O comprimento da parte aérea (CPA) e a massa seca da parte aérea (MSPA) foram bastante sensíveis ao déficit hídrico,

enquanto a germinação (G) e da massa seca radicular (MSR) que se mostraram menos prejudicadas pelo estresse (Tabela 2).

Os açúcares totais (AT), aminoácidos (AMI) e prolina (PRO) tiveram comportamento oposto, ou seja, as médias foram maiores sob condição de déficit hídrico, especialmente para as variáveis açúcares totais (AT) e aminoácidos (AMI) (Tabela 2).

Tabela 2. Valor médio e desvio padrão (DP), coeficiente de tolerância à seca (CS) e porcentagem de inibição (%) de características morfológicas e metabólitos em genótipos de meloeiro durante a fase de germinação sob dois níveis de déficit hídrico.

Variável	Estresse hídrico (Média ± DP)		CS	Inibição (%)
	0	-0,25 MPa		
IVG	65,4±4,87a	61,2±8,07b	0,94	-6,42
G	97,1±6,33a	94,4±9,06b	0,97	-2,78
CR	10,7±1,88a	10,3±3,18b	0,96	-3,74
CPA	4,75±2,48a	2,71±1,43a	0,65	-42,95
MSR	0,037±0,01a	0,036±0,01a	0,97	-2,70
MSPA	0,028±0,01a	0,024±0,01b	0,86	-14,29
MST	0,064±0,02a	0,061±0,02a	0,97	-4,69
AT	19,6±11,9b	84,8±2,1a	6,27	332,65
AMI	0,022±0,02b	0,037±0,03a	2,98	68,18
PRO	0,001±0,01b	0,004±0,02a	3,72	300,00

IVG: índice de velocidade de germinação; G: Germinação (%); CR: comprimento de raiz (cm); CPA: comprimento da parte aérea (cm); MSR: massa seca da raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MST: massa seca total (g); AT: açúcares totais (mg g⁻¹); AMI: aminoácidos (μmol g⁻¹); PRO: prolina (μmol g⁻¹).

Valores seguidos pela mesma letra nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste *t* (*p*>0,05).

Variação do coeficiente de tolerância à seca (CS) e classificação dos genótipos

Observa-se na tabela 3, que os melhores resultados de índice de velocidade de germinação (IVG) foram obtidos para os genótipos A-04, A-10, A-27, AM-55, Ames, C-32, I-136, A-Italo, Nantais Oblong, PI179901, PI234607, PI236355, PI614401 e PMR6. No tocante à germinação (G), verificou-se que os genótipos que tiveram melhor coeficiente de tolerância à seca foram: A-04, A-10, A-16, A-27, A-50, AM-55, Ames, C-32, I-136, A-Italo, Nantais Oblong, PI179901, PI234607, PI236355, PI614401 e PMR6. Para o comprimento radicular, os genótipos Ames e I-136 obtiveram melhores resultados. Apenas o acesso I-136 resultou em melhor coeficiente de tolerância à seca para o comprimento da parte aérea. Os genótipos com

melhores resultados de massa seca radicular foram Ames, C-32, Nantais Oblong, PI179901 e PI614401 e, para a massa seca da parte aérea, destacaram-se I-136, A-Italo e PI234607. Os genótipos Ames, I-136, A-Italo, PI179901 e PI234607 obtiveram maior coeficiente de tolerância à seca para a massa seca total.

Nas variáveis de metabólitos como açúcares totais e aminoácidos, os melhores resultados foram para os genótipos A-08 e Ames, respectivamente. Para o teor de prolina, os genótipos com maiores coeficientes de tolerância foram A-04, A-08, A-10, A-27, A-50, AM-55, Ames, I-136, A-Italo, PI234607, PI614401 e PMR6 (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente médio de tolerância à seca (CS) para características morfológicas e metabólitos em genótipos de melão submetidos a dois níveis de déficit hídrico durante a fase de germinação.

Genótipo	Média (Variável)									
	IVG	G	CR	CPA	MSR	MSPA	MST	AT	AMI	PRO
A-04	1,00a	1,00a	0,84c	1,00b	1,10b	0,66c	0,88c	9,73c	3,32c	3,61a
A-08	0,73b	0,91b	1,03c	0,37d	0,79c	0,72c	0,74c	20,26a	2,99c	5,00a
A-09	0,84b	0,75c	0,94c	0,30d	0,57c	0,54c	0,55c	13,98b	0,96c	3,38b
A-10	0,98a	1,01a	0,87c	0,38d	0,87c	0,90b	0,88c	4,85d	2,24c	5,40a
A-16	0,82b	0,99a	1,23b	0,58c	0,99b	0,50c	0,79c	5,52d	0,99c	1,38b
A-27	0,97a	1,05a	0,73c	0,39d	0,73c	0,68c	0,71c	6,55c	3,59c	3,96a
A-50	0,76b	0,98a	0,91c	0,27d	1,04b	0,53c	0,74c	8,25c	1,98c	5,54a
A-52	0,86b	0,92b	0,79c	0,36d	0,81c	0,58c	0,69c	8,19c	3,48c	1,79b
AM-55	1,00a	1,00a	0,80c	0,58c	1,00b	0,98b	0,99b	7,99c	4,82b	4,22a
Ames	1,00a	1,00a	1,76a	0,94b	1,42a	1,04b	1,20a	3,47d	8,76a	6,16a
C-32	0,99a	1,00a	1,29b	0,84b	1,27a	0,87b	1,08b	4,76d	0,94c	2,29b
I-136	1,02a	1,00a	1,64a	1,23a	1,20b	1,16a	1,16a	1,97d	0,88c	4,00a
I-180	0,82b	0,85b	0,89c	0,65c	1,14b	0,84c	0,99b	2,58d	0,96c	2,47b
A-Italo	1,04a	1,03a	1,34b	0,92b	1,13b	1,45a	1,26a	4,37d	5,15b	7,17a
Nantais	0,96a	0,99a	1,19b	0,65c	1,26a	0,72c	1,06b	2,66d	1,99c	2,34b
PI179901	1,02a	1,02a	1,03c	0,75b	1,39a	0,96b	1,24a	1,39d	5,54b	2,84b
PI234607	1,00a	1,00a	1,21b	0,94b	1,17b	1,25a	1,18a	4,02d	1,76c	3,94a
PI236355	0,99a	1,00a	1,35b	0,68c	1,13b	1,11b	1,11b	8,26c	0,89c	1,22b
PI614401	1,00a	1,00a	1,47b	0,55c	1,30a	0,75c	1,09b	3,28d	4,91b	3,92a
PMR6	0,94a	0,97a	1,13c	0,60c	1,11b	0,93b	1,03b	3,36d	3,42c	3,85a

IVG: índice de velocidade de germinação; G: Germinação (%); CR: comprimento de raiz (cm); CPA: comprimento da parte aérea (cm); MSR: massa seca da raiz (g); MSPA: massa seca da parte aérea (g); MST: massa seca total (g); AT: açúcares totais (mg g⁻¹); AMI: aminoácidos (μmol g⁻¹); PRO: prolina (μmol/g⁻¹).

Segundo o teste de Scott-Knott, as médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo ($p > 0,05$).

Foram observados dois agrupamentos de genótipos com base no conjunto hierárquico UPGMA utilizando a matriz de distâncias euclidianas a partir dos valores do coeficiente de tolerância à seca (Figura 1).

O primeiro cluster foi formado pelos genótipos A-Italo, Ames, A-10, A-27, A-04, AM-55, PMR6, I-136, PI234607, PI236355, C-32, Nantais Oblong, PI179901 e PI614401 com coeficientes de tolerância à seca superiores para a maioria das características. O segundo claster foi composto pelos genótipos I-180, A-16, A-52, A-09, A-08 e A-50, que resultaram em valores elevados de coeficiente de tolerância, variando de 0,67 a 0,99, para a variável aminoácidos e, para as demais variáveis, estes resultados foram reduzidos (Figura 1).

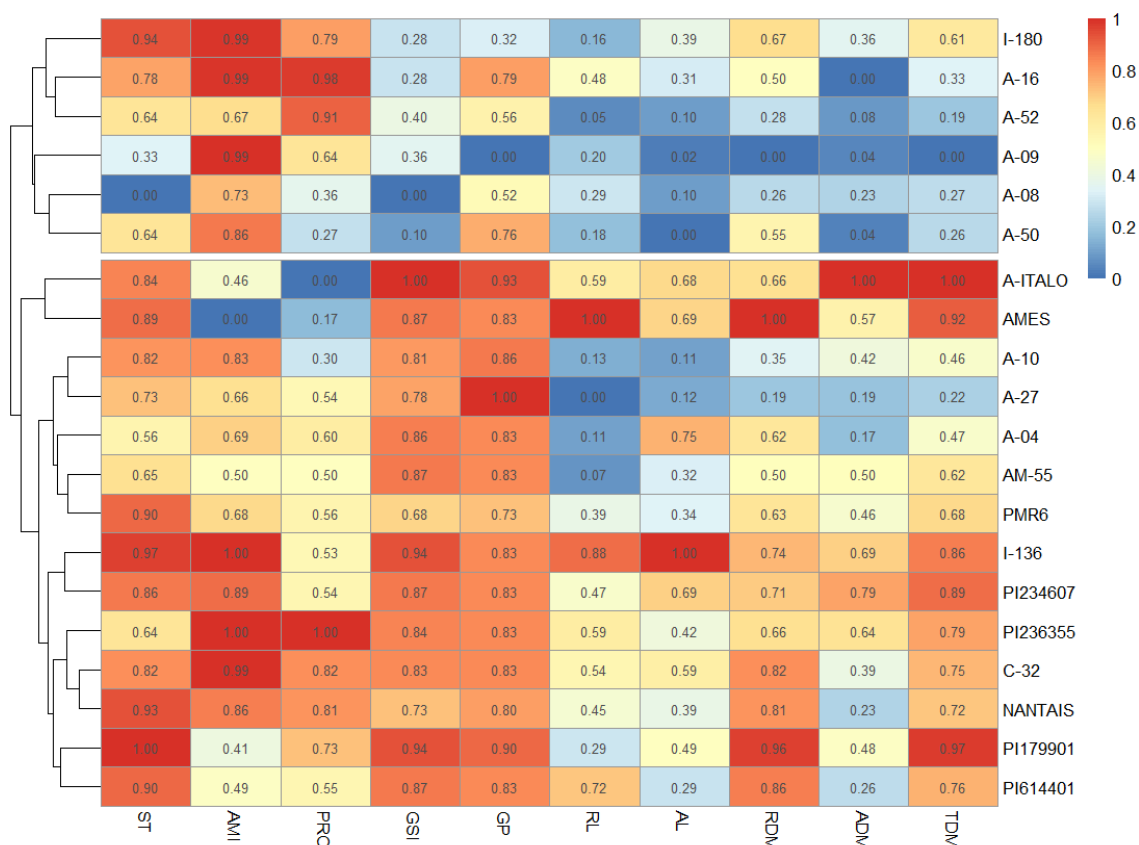


Figura 1. Análise de agrupamento hierárquico de 20 genótipos de melão submetidos a dois níveis de déficit hídrico durante a fase de germinação, com base no valor do coeficiente de tolerância à seca (0 a 1, conforme escala de cores), distância euclidiana e algoritmo UPGMA. ST: açúcares totais; AMI: aminoácidos; PRO: prolina; GSI: índice de velocidade de germinação; GP: porcentagem de germinação; RL: comprimento da radícula; AL: comprimento da parte aérea; RDM: massa seca da radícula; ADM: massa seca da parte aérea; TDM: massa seca total. Correlação cofenética = 0,85 ($p < 0,05$)

Os genótipos foram classificados em quatro classes de tolerância à seca (Figura 2), sendo a maior parte destes classificados com tolerância moderada à seca (Tabela 4).

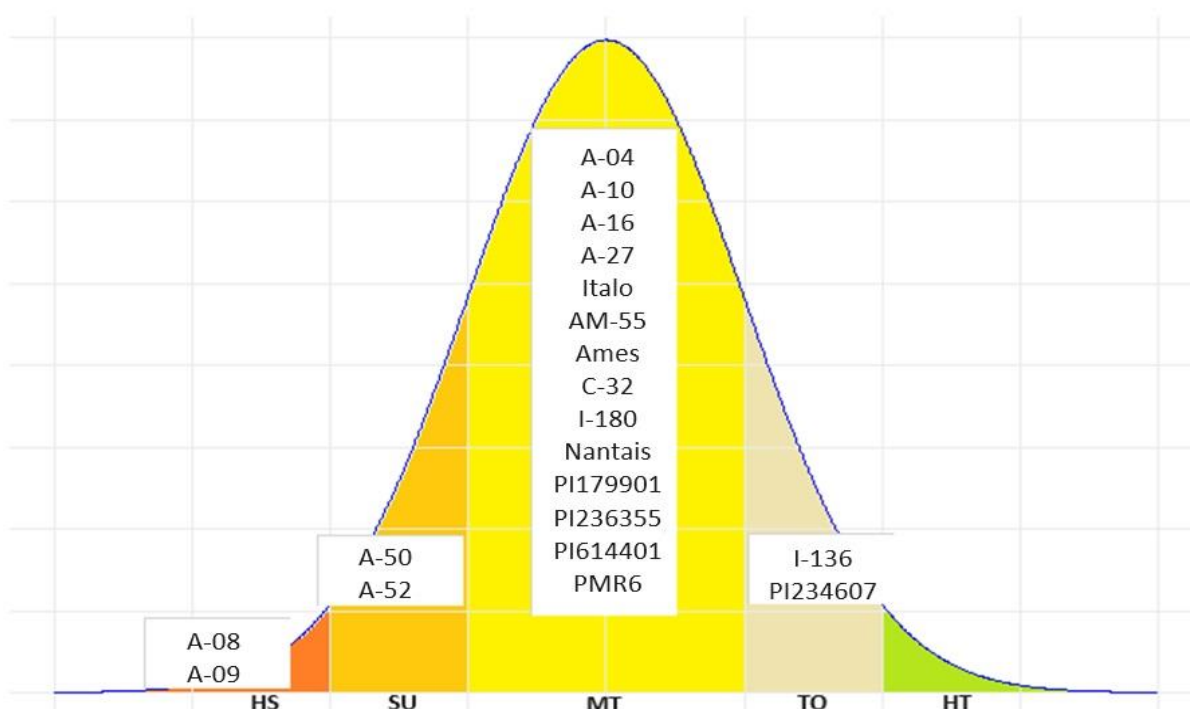


Figura 2. Classe de tolerância à seca de 20 genótipos de melão submetidos a dois níveis de estresse hídrico durante a fase de germinação. HS: altamente suscetível; SU: suscetível; MT: moderadamente tolerante à seca; TO: tolerante à seca; HT: altamente tolerante.

Tabela 4. Valor da função de pertinência (VFP) e classificação de genótipos de meloeiro submetidos a dois níveis de déficit hídrico durante a fase de germinação.

Genótipo	VFP	Classificação (Tolerância)
A-04	0,566	Moderadamente tolerante
A-08	0,277	Altamente suscetível
A-09	0,259	Altamente suscetível
A-10	0,509	Moderadamente tolerante
A-16	0,544	Moderadamente tolerante
A-27	0,443	Moderadamente tolerante
A-50	0,366	Suscetível
A-52	0,387	Suscetível
A-Italo	0,716	Moderadamente tolerante
AM-55	0,537	Moderadamente tolerante
Ames	0,693	Moderadamente tolerante
C-32	0,740	Moderadamente tolerante
I-136	0,845	Tolerante
I-180	0,552	Moderadamente tolerante
Nantais Oblong	0,673	Moderadamente tolerante
PI179901	0,717	Moderadamente tolerante
PI234607	0,754	Tolerante
PI236355	0,741	Moderadamente tolerante
PI614401	0,653	Moderadamente tolerante
PMR6	0,604	Moderadamente tolerante
Média		0,579

DP	0,166
----	-------

DP: desvio padrão.

Correlação entre o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) e coeficiente de tolerância à seca (CS) para cada variável

Coefficientes de correlação simples de Pearson entre o valor da função de pertinência de tolerância à seca e o coeficiente de tolerância à seca de cada variável estão apresentados na Figura 3. Nesta figura, os espaços em branco representam estimativas de correlações não significativas ($p > 0,05$).

Correlações negativas foram constatadas entre açúcares totais e o coeficiente de tolerância para as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), índice de velocidade de germinação (IVG) e germinação (G). Entretanto, o valor da função de pertinência e açúcares totais, correlacionaram-se negativamente (Figura 3).

As variáveis massa seca radicular (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) correlacionaram-se positivamente entre si e, também com comprimento da parte aérea (CPA), comprimento radicular (CR) e índice de velocidade de germinação (IVG). As correlações entre comprimento radicular (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e índice de velocidade de germinação (IVG) foram positivas. Correlações positivas também foram obtidas entre germinação (G) e massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e índice de velocidade de germinação (IVG). O conteúdo de aminoácidos e prolina correlacionaram-se positivamente; no entanto, não aconteceu o mesmo para as demais variáveis ($p > 0,05$) (Figura 3).

Correlações positivas foram verificadas entre o valor da função de pertinência e o coeficiente de tolerância das variáveis comprimento da parte aérea (CPA), massa seca radicular (MSR), comprimento radicular (CR), massa seca total (MST), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca da parte aérea (MSPA) e germinação (G). Entretanto, o valor da função de pertinência e os açúcares totais correlacionaram-se negativamente (Figura 3). A maior estimativa ($0,92 p < 0,05$) foi obtida para a massa seca total, enquanto a menor foi verificada para a germinação ($0,54 p < 0,05$).

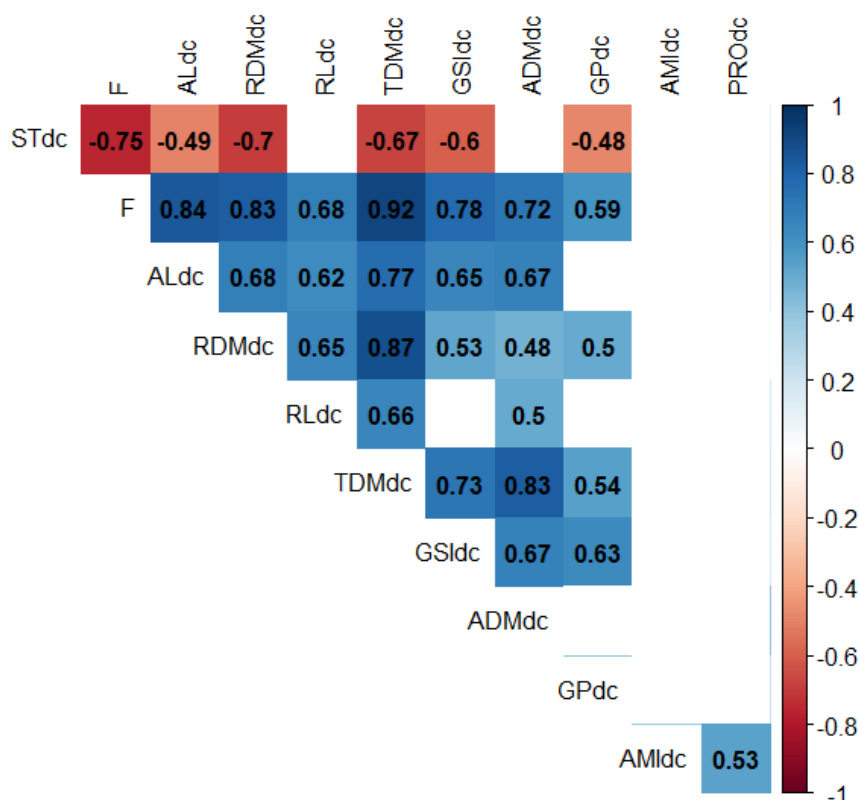


Figura 3. Coeficientes de correlação simples de Pearson entre o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) e o coeficiente de tolerância à seca (dc) de cada característica. GSI: Índice de Velocidade de Germinação; G: Porcentagem de Germinação (%); RL: Comprimento da raiz (cm); AL: Comprimento da parte aérea (cm); RDM: Massa seca da raiz (g); ADM: Massa seca da parte aérea (g); TDM: Massa seca total (g); ST: Açúcares totais (mg g^{-1}); AMI: Aminoácidos ($\mu\text{mol g}^{-1}$); PRO: Prolina ($\mu\text{mol g}^{-1}$). F: valor da função de pertinência. Os espaços em branco representam estimativas de correlações não significativas ($p > 0,05$).

Tolerância à seca explicada por múltiplos coeficiente de tolerância à seca (CS) de avaliação de características

Estimativas dos coeficientes de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão, valor t, bem como a probabilidade para os três coeficientes de tolerância à seca limitantes aceitos de características na predição do valor da função de pertinência (VFP) são exibidas na Tabela 5. Os resultados indicaram que o índice de velocidade de germinação, o comprimento radicular e o comprimento da parte aérea explicaram 40,86%, 27,09% e 40,57% da variação do valor da função de pertinência, respectivamente. No total, 81,40% da variação do VFP foi atribuída a esses três coeficientes de tolerância das variáveis.

Tabela 5. Estimativa do coeficiente de regressão, coeficiente de determinação parcial (R^2), erro padrão, valor t e probabilidade do coeficiente de tolerância à seca (CS) aceito para cada característica que pode ser usada para prever o valor da função de pertinência da tolerância à seca (VFP) na regressão múltipla.

Variável independente	Estimativa	R^2 parcial (%)	Erro padrão	t	Pr ($< t $)
Intercepto	-0,434*	-	0,195	-2,226	0,041
IVG	0,722**	40,86	0,231	3,128	0,006
CR	0,155*	27,09	0,072	2,137	0,048
CPA	0,252*	40,57	0,096	2,627	0,018
R^2 ajustado		81,40			

IVG = índice de velocidade de germinação; CR = comprimento da radícula (cm); CPA = comprimento da parte aérea (cm).

DISCUSSÃO

A utilização de índices de tolerância à seca no estágio de plântula é utilizada por várias culturas, como, por exemplo, o trigo (índice de biomassa, índice de altura e índice de vigor) (Ahmed; Shabbir; Ahmed, 2025) e a cevada (índice de massa fresca, índice SPAD e índice de fluorescência de clorofila) (Niu et al., 2025).

O potencial genético das plantas sofre influência das condições ambientais, visto que o desenvolvimento das sementes e plântulas são normalmente afetados por estresses abióticos (Tarnawa et al., 2023). A disponibilidade de água, a temperatura do ar, a concentração de gases e sais são alguns dos diversos fatores estressantes que acabam desencadeiam mudanças morfofisiológicas nas plantas (Zhang et al., 2023).

Dentro das variáveis avaliadas no presente trabalho, os resultados de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da raiz e massa seca da parte aérea das plântulas de melão sob condição de estresse hídrico (-0,25 MPa) tiveram resultados inferiores em relação ao controle (0,0 MPa). Provavelmente, como o agente osmótico utilizado possui viscosidade e alto peso molecular, ocorre a desidratação das células e a sua concentração fica constante durante o período de restrição hídrica, o que pode ocasionar atraso na formação das plântulas (Bouchyoua et al., 2024) e no acúmulo de biomassa. Quanto mais negativo for o potencial osmótico, maior será o tempo necessário para que a semente absorva água.

A restrição de água e a baixa temperatura na fase de germinação das sementes de melão podem ocasionar redução no desenvolvimento das plântulas, e em campo, a emergência pode ser comprometida, resultando em redução da produtividade (Saberli; Aliakbarkhani, 2020).

A tolerância para a germinação de plântulas normais neste trabalho foi de -0,25 MPa, resultado semelhante foi encontrado no estudo de Sohrabikertabad et al. (2013) com Smellmelon (*Cucumis melo* var. *dudaim* Naud), em que foi observada germinação entre os intervalos de -0,2 e -0,4 MPa.

Algumas espécies ou cultivares em condições de déficit hídrico têm a capacidade de ajustar suas células por meio de agentes osmoticamente ativos, como a prolina, aminoácidos e alguns açúcares, isso indica a eficiência desses organismos em tolerar períodos de escassez mais prolongados, sendo uma resposta bioquímico-fisiológica a esse tipo de estresse (Zhang et al., 2014; Anjum et al., 2017). Neste trabalho, os osmólitos (teores de açúcares totais, prolina e aminoácidos) apresentaram médias superiores e coeficientes de tolerância à seca elevados sob condição de déficit hídrico. Provavelmente isso se deve ao ajuste osmótico que algumas plantas

possuem, sendo possível dizer que esses genótipos apresentam boa adaptação às condições de escassez hídrica (Singh et al., 2018).

A prolina possui metabolismo altamente energético: a degradação de uma única molécula pode gerar cerca de 30 moléculas de ATP, conferindo assim energia para o crescimento da planta (Cai et al., 2025).

O déficit hídrico pode induzir o acúmulo de solutos no citoplasma e no vacúolo das células vegetais, contribuindo para a manutenção da pressão de turgescência sob baixos potenciais hídricos (Taiz e Zeiger, 2017). Também com plântulas de melão, Rehman et al. (2024) verificaram aumento significativo no teor de açúcares sob estado de déficit hídrico em relação ao controle.

A análise hierárquica de claster permitiu inferir que dentre os 20 genótipos avaliados, a maioria é moderadamente tolerante à seca para todas as variáveis. Nesse contexto, os genótipos I-136 e PI234607 foram classificados como tolerantes, resultando em valores elevados no coeficiente de tolerância à seca. Os genótipos classificados como moderadamente tolerantes e tolerantes apresentaram bom desempenho ao déficit hídrico, pois foram submetidos às mesmas condições que os demais e conseguiram êxito no processo germinativo.

Os genótipos A-50 e A-52 foram classificados como suscetíveis, e os A-08 e A-09 como altamente suscetíveis, com valor zero de coeficiente de tolerância à seca para uma variável ou mais. Em estudos relacionados ao déficit hídrico, esses genótipos podem ser utilizados como padrões de sensibilidade. Entende-se que os genótipos com coeficientes de tolerância menores sofreram maior influência da escassez hídrica por meio do polietilenoglicol 6000, que impôs condição de restrição superior à verificada para os demais. Em condições de déficit hídrico, o processo de germinação é possível quando a absorção de água é suficiente. Nesse caso, a planta pode ser tolerante a essa condição (Ferreira et al., 2017).

A tolerância à seca é um processo complexo, controlado por diversos genes e manifestado por meio de múltiplas respostas fisiológicas e bioquímicas, as quais podem interagir entre si e variam conforme o tipo, a intensidade e o tempo de exposição ao estresse (Bouchyoua et al., 2024).

As correlações positivas das variáveis de crescimento com as variáveis de massa seca e de germinação são parâmetros eficientes para a seleção de materiais que poderão auxiliar no programa de melhoramento vegetal. Porém, as variáveis com correlação negativa, como os açúcares, indicam maior suscetibilidade ao estresse.

Dessa forma, a avaliação da tolerância à seca em espécies vegetais é essencial, uma vez que a escassez hídrica desencadeia alterações em múltiplos mecanismos fisiológicos e

bioquímicos, cuja expressão varia conforme a espécie. Essas informações são fundamentais para orientar programas de melhoramento vegetal e para identificar características que diferenciam os genótipos em um banco de germoplasma.

CONCLUSÃO

O déficit hídrico de -0,25 MPa afeta negativamente a velocidade de germinação, a porcentagem de germinação, o comprimento da radícula e a massa seca da parte aérea, contudo com intensidades distintas entre os genótipos.

Os níveis de metabólitos (açúcares totais, prolina e aminoácidos) apresentam incrementos com o déficit hídrico.

A análise de agrupamento baseada no coeficiente de tolerância à seca caracterizou os 20 genótipos de meloeiro no estágio de crescimento inicial em quatro classes distintas: altamente suscetível (A-08 e A-09), suscetível (A-50 e A-52), moderadamente tolerante (A-04, A-10, A-16, A-27, A-Italo, AM-55, Ames, C-32, I-180, Nantais Oblong, PI179901, PI236355, PI614401 e PMR6) e tolerante (I-136 e PI234607).

A análise de regressão *stepwise* identificou três indicadores diagnósticos principais para a avaliação da resistência à seca: índice de velocidade de germinação, o comprimento da raiz e o comprimento da parte aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, K.; SHABBIR, G.; AHMED, M. Exploring drought tolerance for germination traits of diverse wheat genotypes at seedling stage: a multivariate analysis approach. *BMC Plant Biology*, [S. l.], v. 25, p. 390, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06345-9>.

ANJUM, S. A.; ASHRAF, U.; TANVEER, M.; KHAN, I.; HUSSAN, S.; SHAHZAD, B.; WANG, L. C. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in Plant Science*, [S. l.], v. 8, art. 69, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00069>.

ARAGÃO, M. F.; PINHEIRO NETO, L. G.; VIANA, T. V. A.; MANZANO-JUAREZ, J.; LACERDA, C. F.; COSTA, J. J. N. Evaluation of crop water status of melon plants in tropical semi-arid climate using thermal imaging. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 447-456, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p447-456>.

BATES, L. S. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, [S. l.], v. 39, p. 205-207, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.

BLUM, A.; JORDAN, W. R. Breeding crop varieties for stress environments. *Critical Reviews in Plant Sciences*, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 199-238, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352688509382196>.

BOUCHYOUA, A.; KOUIGHAT, M.; HAFID, A.; OUARDI, L.; KHABBACH, A.; HAMMANI, K.; NABLOUSSI, A. Evaluation of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes for tolerance to PEG (polyethylene glycol) induced drought at germination and early seedling growth. *Journal of Agriculture and Food Research*, [S. l.], v. 15, p. 100928, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100928>.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Capítulo 4 – Teste de germinação. In: BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *Regras para análise de sementes (RAS)*. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em:

[br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/cap_4_Germinacao_rev_1](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386525000000). Acesso em: 20 set. 2025.

CAI, B. L.; ZHU, Z.; LIU, T.; WANG, J. H.; TIAN, Q. The effects of drought stress on seed germination and seedling physiology of three *Limonium* species. *Scientia Horticulturae*, [S. l.], v. 351, p. 114396, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114396>.

CHEN, X.; MIN, D.; YASIR, T. A.; HU, Y. G. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Research*, [S. l.], v. 137, p. 195-201, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.008>.

FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. *Revista Caatinga*, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 1009-1016, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n422rc>.

HAMA-AZIZ, Z.; MUSTAFA, R. A.; NEIMA, H. A. Produtividade hídrica do melão irrigado por gotejamento em clima semiárido. *Journal of Applied Horticulture*, v. 25, n. 1, p. 74-78, 2023. DOI: <https://doi.org/10.37855/jah.2023.v25i01.13>.

LANDAU, E. C. *et al.* Evolution of melon production (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae). 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1122691/1/Cap34-EvolucaoProducaoMelao.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MARCOS FILHO, J. *Physiology of seeds of cultivated plants*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2018.

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, [S. l.], v. 51, n. 5, p. 914-916, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>.

NIU, L.; BO, L.; CHEN, S.; QIN, Z.; DONDU, D.; NAMGYAL, L.; QUZONG, X.; GA, Z.; ZHANG, Y.; SHI, Y. et al. Comprehensive evaluation and construction of drought resistance index system in hulless barley seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 26, p. 3799, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26083799>.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

REHMAN, A.; KHALID, M.; WENG, J.; LI, P.; RAHMAN, S. U.; SHAH, I. H. et al. Exploring drought tolerance in melon germplasm through physiochemical and photosynthetic traits. *Plant Growth Regulation*, [S. l.], v. 102, n. 3, p. 603-618, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-023-01080-3>.

REN, K. et al. Response of watermelon to drought stress and its drought-resistance evaluation. *Plants*, v. 14, n. 9, p. 1289, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14091289>.

SABERALI, S. F.; ALIAKBARKHANI, S. Z. Quantifying seed germination response of melon (*Cucumis melo* L.) to temperature and water potential: thermal time, hydrotime and hydrothermal time models. *South African Journal of Botany*, [S. l.], v. 130, p. 240-249, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.024>.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, [S. l.], v. 30, p. 507-512, 1974. DOI: <https://doi.org/10.2307/2529204>.

SINGH, A. K.; SRIVASTAVA, J. P.; LAL, J. P. Effect of PEG-6000 induced osmotic stress on germination, growth and nutrient uptake of two lentil [*Lens culinaris* (Medikus)] genotypes. *Journal of Food Legumes*, [S. l.], v. 29, n. 3-4, p. 188-194, 2018.

SOHRABIKERTABAD, S.; GHANBARI, A.; MOHASSEL, M.; MAHALATI, M. N.; GHEREKHLOO, J. Effect of desiccation and salinity stress on seed germination and initial plant growth of *Cucumis melo*. *Planta Daninha*, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 833-841, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000400009>.

SYTAR, O. et al. Phytohormone priming: regulator for heavy metal stress in plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 38, n. 2, p. 739-752, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9886-8>.

SZIRA, F.; BÁLINT, A. F.; BÖRNER, A.; GALIBA, G. Evaluation of drought-related traits and screening methods at different developmental stages in spring barley. *Journal of Agronomy and Crop Science*, [S. l.], v. 194, n. 5, p. 334-342, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00330.x>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TARNAWA, Á.; KENDE, Z.; SGHAIER, A. H.; KOVÁCS, G. P.; GYURICZA, C.; KHAEIM, H. Effect of abiotic stresses from drought, temperature, and density on germination and seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plants*, [S. l.], v. 12, p. 1792, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12091792>.

ULLAH, S.; KHALID, M.; NAFEEES, M.; AMIN, F.; DURRANI, S. K.; ALI, U. Seed priming as a mitigation strategy for drought stress: impacts on germination, growth, and antioxidant activity in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, [S. l.], v. 69, p. 103808, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2025.103808>.

UPRETEE, P.; BANDARA, M. S.; TANINO, K. K. The role of seed characteristics on water uptake preceding germination. *Seeds*, [S. l.], v. 3, p. 559-574, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds3040038>.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Table of osmotic potential as a function of polyethylene glycol 6000 concentration and temperature. *Brazilian Agricultural Research*, [S. l.], v. 26, p. 1957-1968, 1991.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino-acids with ninhydrin. *The Analyst*, [S. l.], v. 80, n. 948, p. 209-214, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, [S. l.], v. 8, p. 338-353, 1965. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).

ZHANG, L. X.; LAI, J. H.; LIANG, Z. S.; ASHRAF, M. Interactive effects of sudden and gradual drought stress and foliar-applied glycinebetaine on growth, water relations, osmolyte accumulation and antioxidant defence system in two maize cultivars differing in drought tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, [S. l.], v. 200, p. 425-433, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12081>.

ZHANG, Y.; XU, J.; LI, R.; GE, Y.; LI, Y.; LI, R. Plants' response to abiotic stress: mechanisms and strategies. *International Journal of Molecular Sciences*, [S. l.], v. 24, p. 10915, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms241310915>.

3. CAPÍTULO 2: RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE MELOEIRO SOB CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

O melão destaca-se como uma cultura de elevada relevância econômica, com expressiva produção no Brasil, especialmente na região Nordeste. As condições de disponibilidade hídrica, representam um fator limitante ao crescimento de plantas e à produtividade agrícola em ambientes semiáridos. Com isso, objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo, as respostas fisiológicas e nutricionais de genótipos de meloeiro sob diferentes níveis de reposição hídrica. O experimento foi conduzido no pomar didático da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no período de agosto a novembro de 2025. Utilizaram-se cinco genótipos de melão (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6 e PI234607) e três níveis de reposição hídrica (50%, 75% e 100%) em blocos casualizados com cinco repetições. Foram analisadas variáveis biométricas e de biomassa, fisiológicas, medidas de trocas gasosas, análise nutricional e avaliação físico-química de frutos. Foi realizada análises de variância, e os genótipos foram agrupados utilizando o método de Scott-Knott. O déficit hídrico teve efeito negativo sobre a biomassa da planta, comprimento da raiz, peso médio do fruto, diâmetro transversal e espessura da polpa do fruto, altura da planta, número de folhas e área foliar, por outro lado, a resposta das plantas ao déficit hídrico variou de acordo com o genótipo de meloeiro que foi utilizado. O déficit hídrico não afetou características qualitativas como sólidos solúveis totais e porcentagem de acidez total.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Reposição hídrica. Tensiometria. Variabilidade genética.

3. CHAPTER 2: MORPHOPHYSIOLOGICAL AND NUTRITIONAL RESPONSES OF MELON GENOTYPES UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

ABSTRACT

Melon stands out as a crop of high economic importance, with significant production in Brazil, especially in the northeastern region. Water availability conditions are a limiting factor for plant growth and agricultural productivity in semi-arid environments. Therefore, this study aimed to evaluate the vegetative growth, physiological, and nutritional responses of melon genotypes under different levels of water replenishment. The experiment was conducted in the teaching orchard of the Federal Rural University of the Semi-Arid Region from August to November 2025. Five melon genotypes (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6, and PI234607) and three levels of water replenishment (50%, 75%, and 100%) were used in a randomized block design with five replications. Biometric and biomass variables, physiological variables, gas exchange measurements, nutritional analysis, and the physicochemical fruit evaluation were analyzed. Analysis of variance was performed, and genotypes were grouped using the Scott-Knott method. Water deficit had a negative effect on plant biomass, root length, average fruit weight, transverse diameter, fruitpulp thickness, plant height, number of leaves and leaf area; however, the response of plants to water deficit varied according to the melon genotype used. Water deficit did not affect qualitative characteristics such as total soluble solids and the percentage of total acidity.

Keywords: *Cucumis melo* L. Genetic variability. Tensiometry. Water replacement.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.), pertencente à família Cucurbitaceae, é uma cultura com alto valor econômico e amplamente cultivada em todo o mundo (Li et al., 2023), estando o Brasil entre os principais produtores e consolidado como o segundo maior exportador (MAPA, 2024). Segundo o IBGE (2025), o Brasil produziu 816.939 toneladas no ano de 2024. A região Nordeste é a maior produtora do país, sendo o estado do Rio Grande do Norte o maior produtor, seguido pelo estado da Bahia. Essa região caracteriza-se por uma capacidade hídrica comprometida por efeitos de salinização e também por regime hídrico irregular, o que pode comprometer a produtividade do melão (Malta et al., 2017; Barbosa et al., 2022).

O cenário de escassez hídrica intensifica a severidade das secas, gerando impactos na produção agrícola, que sofre influência de fatores como a capacidade de retenção de água, evapotranspiração e pluviosidade irregular (Haghpanah et al., 2024). Nesse sentido, a mensuração precisa do déficit hídrico exercido pelo solo sobre as plantas torna-se um aspecto fundamental para a avaliação do crescimento vegetal e da segurança da cultura em ambientes semiáridos (Huang et al., 2020).

O acompanhamento da umidade do solo por meio de sensores automatizados, como tensiômetros, permite monitorar o potencial matricial no solo e auxiliar na determinação das necessidades hídricas específicas da cultura. Essa ferramenta possibilita o planejamento e a quantificação mais precisa do volume de água a ser aplicado, promovendo maior eficiência no uso da água e melhor manejo da irrigação (Gu et al., 2020).

O meloeiro é considerado uma cultura exigente em água e, embora apresente demandas hídricas variáveis ao longo do seu ciclo, uma menor disponibilidade hídrica pode causar alterações críticas no crescimento, como redução do número de folhas e do comprimento do caule, comprometendo também a produção (Zapata-García et al., 2025). A seleção de genótipos que mantenham alto grau de tolerância ao déficit hídrico, ou ainda, genótipos que respondam positivamente em condições de uso eficiente de água, são de grande interesse em programas de melhoramento genético.

Em condições de limitação hídrica, plantas capazes de manter a turgescência celular e a assimilação de carbono são essenciais para suportar as taxas de crescimento e, consequentemente, aumentar a eficiência no uso da água. A capacidade de manter a absorção de água pelas raízes e a redução da transpiração, são características importantes para a

conservação do estado hídrico. Além disso, a melhoria na assimilação de carbono, associada à maior capacidade de carboxilação e ao adequado controle da condutância estomática, é fundamental para sustentar o crescimento da planta sob condições de disponibilidade hídrica limitada (Sreeman et al., 2018).

Contudo, mesmo em sistemas de irrigação nos quais as perdas de água são mínimas, o consumo hídrico do meloeiro permanece elevado, pois a cultura é cultivada predominantemente em regiões semiáridas, caracterizadas por altas temperaturas e elevados valores de evapotranspiração de referência (ET_o). Dessa forma, a seleção de genótipos que apresentem menor demanda hídrica é uma alternativa viável para garantir a eficiência no uso dos recursos hídricos.

Com isso, objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo, as respostas fisiológicas, nutricionais e a qualidade dos frutos de meloeiro que apresentaram diferentes coeficientes de tolerância à seca na fase de plântula, sob diferentes níveis de reposição hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido no período de agosto a novembro de 2024 na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, RN, localizado no pomar didático (área experimental) (Figura 1), cujas coordenadas geográficas são: latitude 5° 12' 18.98" S, longitude 37° 19' 14.44 W, a uma altitude de 37 m, em campo aberto. O clima é classificado como BSw^h, segundo Köppen, ou seja, quente e seco, com estação chuvosa irregular, com precipitação média de 673,9 mm, umidade relativa do ar em média de 68,9% e temperatura média de 27 °C (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

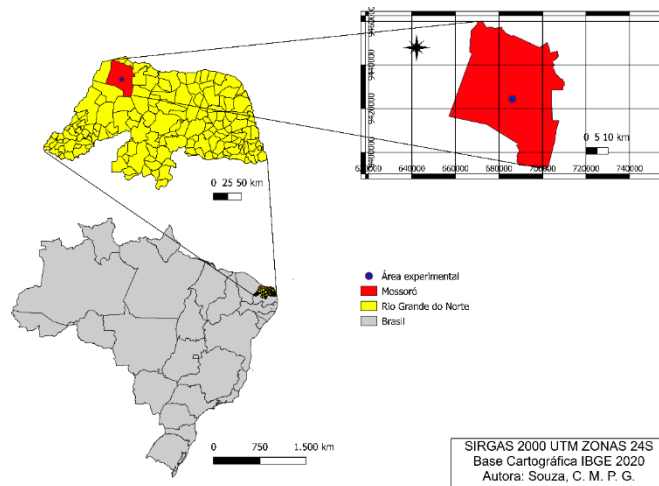


Figura 1. Mapa da localização da área experimental. Fonte: Souza, 2025.

Os dados climáticos de temperatura e umidade do ar (figura 2A) e de ETo (figura 2B) durante o experimento foram coletados na estação meteorológica de Mossoró pelo INMET (Figura 2).

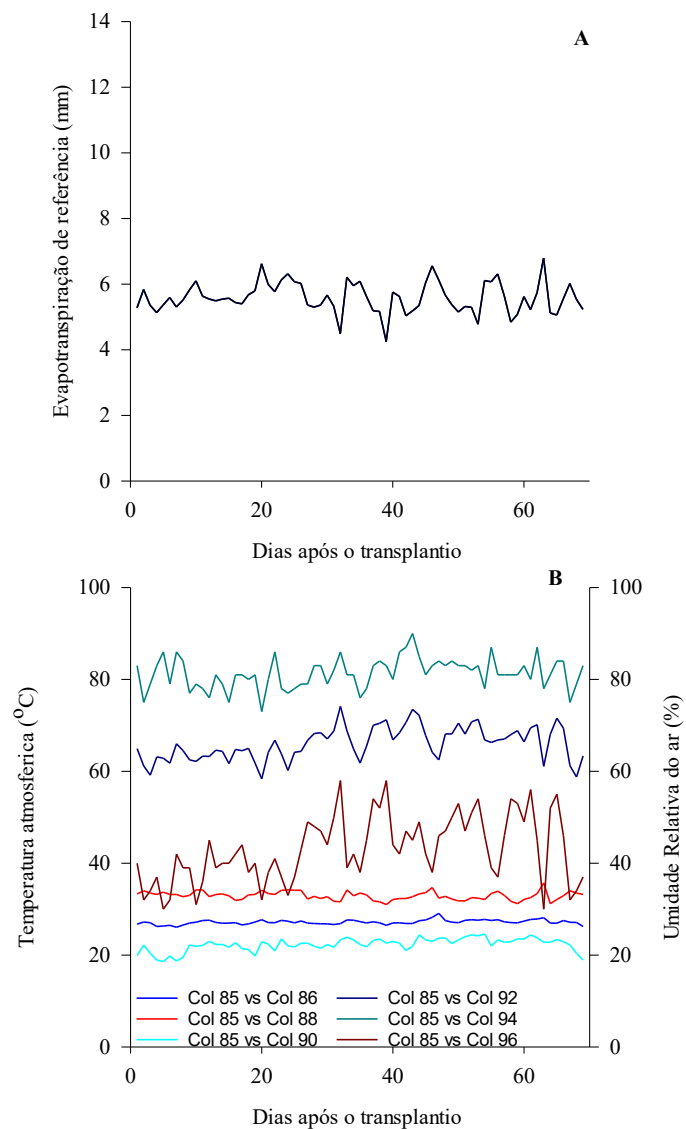


Figura 2. Dados de evapotranspiração de referência (A) e temperatura atmosférica, umidade relativa do ar (B) de agosto a novembro de 2024.

A área experimental possuía dimensão de 15 m de comprimento e 5 m de largura, com espaçamento entre vasos de 1 m. O material de solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0 - 0,2 m, em uma área da fazenda Roçado Grande, em Upanema – RN, a 50 km de distância da cidade de Mossoró – RN, cuja classificação da unidade de solo é um CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico, com alta atividade de argila e alta fertilidade (Santos et al., 2025). As características químicas e físicas do material estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al ³⁺	(H+Al)
	----- (mg dm ⁻³) -----			----- (cmol dm ⁻³) -----			
7,28	3,13	148,8	54	7,15	0,36	0	0
	Densidade		Areia		Silte		Argila
	(kg m ⁻³)		-----		(g kg ⁻¹) -----		
	1,53		764		136		99

pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al³⁺: alumínio, H+Al: acidez potencial.

A água utilizada para a irrigação do experimento foi proveniente do abastecimento do campus da universidade (UFERSA), cuja análise se encontra na Tabela 2.

Tabela 2. Análise físico-química da água utilizada na irrigação do experimento.

	pH	CE	Cátions	Ânions	RAS	DUREZA
Atributos		dSm ⁻¹	-----mmol/L-----		mg/L	
	8,15	0,46	4,59	5,9	4,54	54
K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻
	-----mmol/L-----					
	0,18	3,33	0,44	0,64	3	0,4
						2,7

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; RAS: razão de adsorção de sódio; K⁺: potássio; Na⁺: sódio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Cl⁻: cloreto; CO₃²⁻: carbonato; HCO₃²⁻: bicarbonato.

Para a determinação da umidade do solo, foram instalados, no primeiro bloco, tensiômetros eletrônicos a uma profundidade de 20 cm, com sistema de coleta e armazenamento de dados em datalogger, e, no terceiro bloco, foram utilizados tensiômetros convencionais, com auxílio de tensímetro digital para as leituras, também na profundidade de 20 cm. Os tensiômetros foram constituídos por um tubo plástico de PVC, com cápsula de porcelana porosa na extremidade inferior, e fechados hermeticamente na extremidade superior, a qual possuía uma tampa de borracha siliconada.

Foram utilizados cinco genótipos de melão (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6 e PI234607) (Tabela 3), pertencentes à coleção de germoplasma de Cucurbitáceas da UFERSA, os quais foram selecionados considerando pesquisas realizadas anteriormente associadas à tolerância à seca na germinação e no crescimento inicial.

Tabela 3. Classificação dos genótipos utilizados no experimento.

Genótipo	Grupo botânico	Origem
A-09	<i>Conomon</i>	Brasil
A-52	<i>Momordica</i>	Brasil
Nantais Oblong	<i>Cantaloupensis</i>	França
PMR6	<i>Cantaloupensis</i>	Espanha
PI234607	<i>Cantaloupensis</i>	Índia

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com 15 tratamentos em esquema fatorial 5x3, sendo cinco genótipos (A-09, A-52, Nantais Oblong, PMR6 e PI 234607) e três níveis de reposição hídrica (50%, 75% e 100%) com cinco repetições e uma planta por parcela, totalizando 75 parcelas.

Condução experimental

Para a obtenção das mudas, as sementes dos genótipos foram semeadas em bandejas de poliestireno contendo substrato comercial (Maxfertil®) e irrigadas com água de abastecimento diariamente.

O solo utilizado foi previamente peneirado para retirada de torrões e componentes grosseiros. Logo em seguida, o solo foi acondicionado em vasos confeccionados em tubos de PVC de 12 litros, com 200 mm de diâmetro, 45 cm de altura e fechado com uma base de alumínio, tendo um registro na lateral para controlar a drenagem da água aplicada. No fundo do vaso, foi colocada brita para auxiliar na drenagem, manta de bidim e o solo peneirado. Foi realizada adubação de fundação com 20 g de MAP (monoamôniofosfato) antes do transplântio.

O transplântio foi realizado 18 dias após a semeadura, e a irrigação inicial foi feita com base na evapotranspiração de referência (ET_o) através da equação de Penman-Monteith, durante oito dias (Allen, 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T + 273} \times u_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times u_2)} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_n = radiação líquida na superfície (MJ m⁻² dia⁻¹); G = densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); T = temperatura do ar a 2 m de altura (°C); u₂ = velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s = pressão de vapor de saturação (kPa); e_a = pressão de vapor real (kPa); Δ = inclinação da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C⁻¹); e γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

Para evitar erosão superficial do solo no vaso, a irrigação utilizada foi do tipo gotejamento por gravidade, com um microtubo do tipo espaguete de 15 cm de comprimento em cada vaso, com vazão média de 3,0 L h⁻¹, a fim de formar um bulbo úmido. A irrigação foi realizada diariamente, utilizando-se a equação da capacidade de água disponível (CAD). Nos tratamentos sem déficit hídrico, adotou-se a equação 2:

$$Irrigação = (\theta_{cc} - \text{umidade atual}) \times Z \quad (\text{Equação 2})$$

em que, θ_{cc} : umidade na capacidade de campo (cm³ cm⁻³); Z: profundidade efetiva das raízes (cm), adotando-se 20 cm.

Para os tratamentos com déficit hídrico de 75% e 50%, utilizaram-se as equações 3 e 4:

$$Irrigação = (\theta_{cc} - \text{umidade atual}) \times z \times 0,75 \quad (\text{Equação 3})$$

$$Irrigação = (\theta_{cc} - \text{umidade atual}) \times z \times 0,5 \quad (\text{Equação 4})$$

Os valores de umidade atual foram determinados por meio da leitura dos tensiômetros e convertidos em umidade volumétrica utilizando a equação da curva de retenção de água no solo.

A aplicação das lâminas iniciou 10 dias após o transplântio e se estendeu durante 50 dias. Os níveis de reposição hídrica foram determinados conforme o tratamento, sendo que para a reposição de 100%, as irrigações foram calculadas tomando como base o consumo máximo diário da cultura na camada de 0 a 20 cm, estabelecendo que essa lâmina fosse, no máximo, o valor da água facilmente disponível (AFD), que foi obtido por meio das características do material de solo e das dimensões do vaso, com diâmetro de 19,6 cm e altura de 30 cm. O volume máximo é dado pela equação 5:

$$AFD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times f \quad (\text{Equação 5})$$

em que, AFD = água facilmente disponível, em L; θ_{cc} = umidade na capacidade de campo, em m³ m⁻³; θ_{pmp} = umidade no ponto de murcha permanente, em m³ m⁻³; f = coeficiente de depleção (0,35).

Para as condições do vaso, cuja área da coluna de solo foi de 384,2 cm² e a altura da coluna de solo foi de 20 cm, adotou-se a seguinte equação:

$$\text{Volume de água facilmente disponível} = A \times h \times (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \times f \quad (\text{Equação 6})$$

em que, A = área do vaso (cm^2); h = altura da coluna de solo (cm); θ_{cc} = umidade na capacidade de campo, em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$; θ_{pmp} = umidade no ponto de murcha permanente, em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$; f = coeficiente de depleção (0,35).

A figura 3 representa a quantidade de água aplicada em cada tratamento no estabelecimento da cultura e após a diferenciação das lâminas.

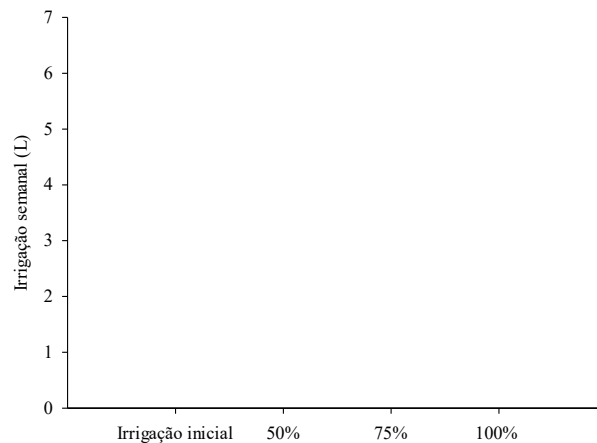


Figura 3. Quantidade de água aplicada em cada tratamento (níveis de reposição).

Para ajustar a curva característica de retenção de água no solo, empregou-se o modelo desenvolvido por van Genuchten (1980). Os parâmetros α , m e n são característicos do solo, enquanto θ_r e θ_s correspondem, respectivamente, às umidades volumétricas residual e de saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), conforme descrito por Dourado Neto et al. (1990) (Tabela 4). Os valores de tensão foram convertidos em umidade volumétrica de acordo com a equação 6:

$$\theta = \theta_r \times \frac{\theta_r + (\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha |\psi_m|^n)]^m} \quad (\text{Equação 6})$$

em que: θ = umidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_r = umidade residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_s = umidade de saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); ψ_m = potencial matricial ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); α , m e n = parâmetros da equação gerados pelo ajuste matemático.

Tabela 4. Parâmetros de ajuste do modelo de van Genuchten (1980), para o solo CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico utilizado no experimento.

Constantes empíricas do modelo						
θ_{cc}	θ_{pmp}	m	n	a	θ_s	θ_r
-----($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)-----					-----($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)-----	
0,2824	0,0971	0,5415	2,1812	0,0307	0,4648	0,0968

θ_{cc} : umidade do solo na capacidade de campo; θ_{pmp} : umidade do solo no ponto de murcha permanente; θ_s : umidade do solo saturado; θ_r : umidade residual do solo; α , m e n : parâmetros da equação gerados por ajuste matemático.

Os dados de tensão e umidade do solo foram organizados de acordo com a profundidade amostrada do solo (Figura 3). Com o auxílio de uma planilha eletrônica (Excel), esses dados foram tabulados e utilizados para a elaboração do gráfico da curva de retenção de umidade do solo.

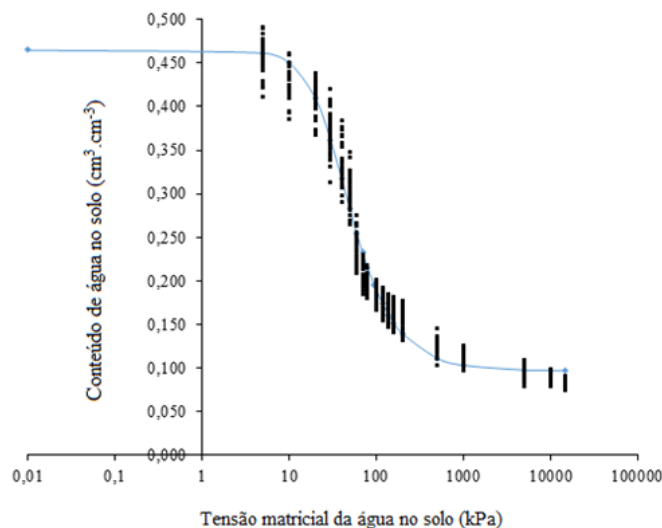


Figura 4. Curva de retenção da água no solo utilizado no experimento.

Variáveis analisadas

Durante o período experimental, foram realizadas duas avaliações para as variáveis biométricas (altura de planta, comprimento de raiz, diâmetro de caule e área foliar) e fisiológicas (trocas gasosas, conteúdo relativo de água, extravasamento de eletrólitos e índice SPAD), a primeira com 32 DAT (dias após o transplante), correspondente à fase de florescimento, e outra na fase de frutificação, com 62 DAT. As variáveis de biomassa (massa fresca de caule e folha, massa seca de caule e folha, volume e densidade de raiz), nutricionais (em folhas de meloeiro) e de frutos foram realizadas ao final do experimento, aos 62 DAT.

Avaliações biométricas

Para a altura da planta, foi considerada a distância vertical da base até a gema apical do maior ramo da planta, com auxílio de uma trena graduada, e o resultado expresso em centímetros.

O comprimento da raiz foi determinado após a retirada das plantas do vaso e lavagem das raízes para retirada de torrões. Foi utilizado uma trena graduada em centímetros.

O diâmetro do caule foi medido na base da planta (colo) com um paquímetro digital, e os resultados foram expressos em milímetros.

A contagem do número de folhas foi realizada na primeira avaliação, considerando apenas folhas completamente expandidas e fisiologicamente ativas da planta na fase de floração.

A estimativa da área foliar, na primeira avaliação, foi determinada com base no número de folhas, de acordo com a equação de Maia et al. (2020), para plantas de melão:

$$AF = -321,82 + 99,54 \times NF \quad (\text{Equação 8})$$

em que, AF = área foliar (cm²); NF = número de folhas.

Já para a segunda avaliação, a área foliar foi determinada em equipamento LI-COR® Model 3100 area meter.

Avaliações de biomassa

Após a mensuração das plantas, com 62 DAT, estas foram separadas em caule, folha e raiz e pesadas em balança de precisão para obtenção da massa fresca. Os resultados foram expressos em gramas por planta.

Para a massa seca, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel kraft e levadas para estufa de secagem com circulação de ar a 65 °C, por um período de 48 horas. Após a secagem, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas rapidamente em dessecadores contendo sílica gel 26 ativada. Após o resfriamento, elas foram pesadas em balança analítica de precisão e os resultados expressos em gramas por planta. A massa seca total foi proveniente da soma da massa seca das raízes, das folhas e dos caules.

O volume de raiz foi obtido através da lavagem das raízes em água corrente para retirada de todo o solo, de acordo com a metodologia de Cavalcante et al. (2011), em que, após a lavagem, foi retirado o excesso de água e a medição foi feita pelo deslocamento de água provocado pela introdução da raiz em uma proveta graduada de 1 litro, com aproximadamente 300 mL de água.

A partir do volume, a densidade da raiz foi estimada pela seguinte fórmula:

$$D = \frac{Ms}{Vr} \quad (\text{Equação 9})$$

em que, D = densidade de raiz (g/cm³); Ms = massa seca (g); Vr = volume de raiz (cm³).

Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água foi determinado por meio da metodologia descrita por Barrs e Weatherley (1962), de acordo com a equação 10:

$$CRA = \left\{ \left[\frac{(mf - ms)}{(mt - ms)} \right] \times 100 \right\} \% \quad (\text{Equação 10})$$

em que: mf = massa fresca; mt = massa túrgida; ms = massa seca.

Foram retirados dez discos foliares de 314 mm² de duas folhas frescas da planta de cada repetição, evitando-se as nervuras, e pesados imediatamente. Em seguida, as amostras foram submersas por um período de 24 horas em placas de Petri contendo 15 ml de água deionizada para reidratação. Após esse período, retirou-se o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida das amostras, que foram, posteriormente, secas em estufa de circulação de ar a 65 °C, para obtenção da massa seca. As amostras foram pesadas em balança analítica de precisão, e os resultados, expressos em porcentagem.

Extravasamento de eletrólitos

O extravasamento de eletrólitos foi expresso em porcentagem de condutividade inicial em relação à condutividade total, calculada a partir da equação 11, proposta por Campos e Thi (1997):

$$EE = \frac{C1}{(C1 + C2)} \times 100\% \quad (\text{Equação 11})$$

em que: Ci = condutividade inicial; C2 = condutividade final.

Para a determinação do extravasamento de eletrólitos, foram coletadas duas folhas aleatórias por repetição de cada tratamento e lavadas com água destilada. Utilizou-se 0,1g de massa fresca, os quais foram acondicionados em tubos falcon contendo 15 ml de água deionizada. Os tubos foram fechados e acondicionados à temperatura de 25 °C, por 24 horas em câmara de germinação do tipo B.O.D. Após esse tempo, foi medida a condutividade inicial da solução usando um condutivímetro de bancada. Posteriormente, os tubos foram submetidos a uma temperatura de 80 °C por 60 minutos em banho maria e, após o resfriamento, a condutividade final foi medida.

Índice SPAD

Para determinação do teor de clorofila na folha, foi realizado o índice Soil Plant Analysis Development (SPAD), em duas folhas por planta de cada parcela, com auxílio de um medidor de clorofila modelo Clorofilog SPAD-502®.

Medidas de trocas gasosas

As trocas gasosas foram mensuradas por meio de um analisador de gases por infravermelho (IRGA, GFS 3000, Heinz Walz, Alemanha) com os seguintes parâmetros de calibração: velocidade do impulsor de 7, área de leitura de 8 cm², temperatura da cubeta de 25 °C, concentração de CO₂ de 400 ppm, taxa de fluxo com 750 µmol min⁻¹ e densidade de fluxo de fótons de 1.200 µmol m⁻² s⁻¹. Foram avaliados a temperatura foliar (TF - °C), a transpiração (E - mmol H₂O m⁻² s⁻¹), a condutância estomática (g_s - mmol H₂O m⁻² s⁻¹), a taxa de assimilação de CO₂ (A - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), a eficiência do uso da água (EUA – µmol CO₂ m⁻² s⁻¹/mmol H₂O m⁻² s⁻¹) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA – µmol CO₂ m⁻² s⁻¹/mmol H₂O m⁻² s⁻¹). As medidas foram realizadas em uma folha completamente expandida do terço médio da planta, das 7h às 11h, em cada parcela.

Avaliação da concentração de minerais em folhas de meloeiro

Foram determinados teores de macronutrientes (Na⁺, K⁺, P, Ca, Mg) e micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn), de acordo com a metodologia descrita por Silva (2009).

Amostras secas de material vegetal foram trituradas em moinho do tipo Willey, sendo utilizados 500 mg de cada parte para a digestão com 5 mL de ácido nítrico em tubos de digestão, os quais foram levados ao digestor de amostras via micro-ondas (Mars Xpress®) por 40 minutos. Após a digestão, o extrato foi completado com água deionizada até atingir 25 mL.

Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro e utilizado para a realização da leitura dos teores de Na⁺ e K⁺ em espectrofotômetro de chama Digimed®, os teores de fósforo (P) foram determinados em espectrofotômetro (SP-200, Akso®), e para os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn foi realizado em espectro fotômetro de absorção atômica (AA240FS, Varian®). Os valores obtidos de Na⁺ e K⁺, P, Ca, Mg foram transformados para g L⁻¹, enquanto os valores de Fe, Mn, Cu e Zn foram transformados para mg L⁻¹.

Avaliação dos frutos

O peso médio dos frutos foi determinado com auxílio de balança digital modelo BCW30 da marca Welmy®, e os resultados, expressos em quilograma.

Os diâmetros transversal e longitudinal e a espessura da polpa dos frutos foram determinados com auxílio de uma régua milimetrada, e os resultados, expressos em centímetro.

Para o conteúdo de sólidos solúveis, foi utilizado um refratômetro digital modelo Refractometer PAL-1, da marca Atago®, de acordo com a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (1995), e os resultados, expressos em °Brix.

A acidez titulável foi realizada por titulometria com NaOH 0,1N, de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), e os resultados foram expressos em porcentagem.

Para o pH, utilizou-se um potenciômetro com eletrodo combinado, modelo Tecnal®.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e homoscedasticidade. Após, foram submetidos à análise de variância pelo teste F (0,05). Para os dados que apresentaram significância no teste de hipóteses, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparar os genótipos.

Todas as análises foram realizadas no software R versão 4.3.1 (R Core Team, 2023), utilizando-se o nível de significância de probabilidade nominal de 0,05.

RESULTADOS

Variáveis biométricas, fisiológicas e trocas gasosas de genótipos de meloeiro na fase de florescimento (32 DAT) e ao final do ciclo (62 DAT)

Aos 32 dias após o transplântio (DAT), a ANOVA (Tabela 5) revelou variação significativa dos genótipos para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, índice SPAD, conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos ($p<0,05$). Analisando o déficit hídrico, houve significância nas variáveis altura de planta, número de folhas, área foliar e índice SPAD ($p<0,05$). A interação genótipos x déficit hídrico foi significativa a 5% de probabilidade apenas para o índice SPAD, o desdobramento correspondente encontra-se na Tabela 9.

Aos 62 DAT, a ANOVA revelou variação significativa ($p<0,05$) dos genótipos para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, conteúdo relativo de água, taxa de transpiração, déficit de pressão de vapor e condutância estomática. Para o déficit hídrico, houve efeito significativo para as variáveis altura de planta, área foliar, índice SPAD, extravasamento de eletrólitos e eficiência intrínseca do uso da água ($p<0,05$). Não houve efeito significativo na interação genótipos x déficit hídrico para nenhuma variável ($p>0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para caracteres biométricos, fisiológicos e de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica aos 32 e 62 dias após o transplântio.

32 DAT				
Variável	FV (Valor F)			
	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH (8)	CV (%)
AP	5,81**	26,39**	1,60 ns	19,25
DC	3,28*	2,42 ns	0,68 ns	11,93
NF	13,29**	16,81**	0,46 ns	24,8
AF	13,29**	16,81**	0,46 ns	26,85
SPAD	3,60*	18,83**	5,24**	9,9
CRA	3,88**	2,76 ns	1,45 ns	4,78
EE	3,52*	2,45 ns	0,52 ns	32,77
TF	2,15 ns	1,30 ns	1,24 ns	1,69
E	0,05 ns	0,45 ns	0,50 ns	29,09
gs	0,13 ns	0,87 ns	0,56 ns	42,03
A	1,97 ns	0,03 ns	0,65 ns	29,43
EUA	2,09 ns	0,06 ns	0,30 ns	32,03
EiUA	1,60 ns	0,14 ns	0,44 ns	39,08
62 DAT				
Variável	FV (Valor F)			
	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH (8)	CV (%)

	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH (8)	CV (%)
AP	5,91**	11,203**	0,77ns	22,87
DC	3,17*	1,21ns	1,06ns	11,58
AF	2,45ns	8,81**	1,09ns	41,46
SPAD	2,51ns	6,13**	1,29ns	35,74
CRA	5,49*	2,43ns	0,51ns	8,31
EE	1,31ns	3,56*	0,69ns	27,73
TF	0,63ns	0,67ns	0,73ns	2,81
E	4,74*	0,19ns	0,64ns	33,4
gs	5,016**	0,19ns	0,63ns	42,29
A	2,30ns	0,85ns	0,43ns	50,2
EUA	0,44ns	1,85ns	1,23ns	36,53
EiUA	1,65ns	4,63*	1,12ns	28,75

AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro do caule (mm); NF: número de folhas; AF: área foliar (cm²); SPAD: índice SPAD; CRA: conteúdo relativo de água (%); EE: extravasamento de eletrólitos (%); TF: temperatura foliar (°C); E: taxa de transpiração (mmol m⁻²s⁻¹); gs: condutância estomática (mmol m⁻²s⁻¹); A: taxa de assimilação de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹); EUA: eficiência instantânea do uso da água; EiUA: eficiência intrínseca do uso da água.

Número entre parênteses corresponde ao grau de liberdade do fator. FV: Fonte de variação.

ns: não significativo ($p>0.05$); **: significativo a 1% de probabilidade ($p<0.01$); *: significativo a 5% de probabilidade ($p<0.05$), pelo teste F.

Variáveis biométricas

De acordo com a Tabela 6, aos 32 DAT, para a variável altura de planta, os genótipos A-09 e PI 234607 apresentaram as maiores médias, com valores de 65,03 e 58,67 cm, respectivamente. As variáveis número de folhas e área foliar apresentaram comportamento semelhante, sendo que os genótipos A-09 e A-52 obtiveram os maiores valores, correspondentes a 56,47 e 49,11 para número de folhas e a 5.298,87 e 4.568,91 cm² para área foliar.

No final do ciclo, aos 62 DAT, para a altura de plantas, o genótipo A-09 apresentou a maior média, com valor de 91,33 cm, enquanto os genótipos A-52, Nantais Oblong, PI 234607 e PMR6 apresentaram as menores médias. Para a variável diâmetro do caule, os genótipos A-09 e A-52 apresentaram as maiores médias. Os genótipos não apresentaram diferença significativa para a variável área foliar ($p>0,05$).

Tabela 6. Médias biométricas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e ao final do ciclo.

Variável	Genótipos (32 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
AP	65,03 a	49,40 b	49,73 b	58,66 a	53,40 b
DC	9,62 b	10,60 a	9,55 b	9,30 b	9,29 b
NF	56,46 a	49,13 a	35,40 b	34,66 b	36,13 b
AF	5298,87 a	4568,91 a	3201,89 b	3128,90 b	3274,89 b

Variável	Genótipos (62 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
AP	91,33 a	65,33 b	68,17 b	66,33 b	64,25 b
DC	10,25 a	10,75 a	983 b	9,83 b	9,53 b
AF	750,77 a	791,51 a	958,61 a	667,98 a	584,51 a

AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro do caule (mm); NF: número de folhas; AF: área foliar (cm²).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Na fase de florescimento (32 DAT), o nível correspondente a 100% (controle) proporcionou as maiores médias para as variáveis altura de planta, número de folhas e área foliar, com valores de 66,72 cm, 51,56 e 4.810,46 cm², respectivamente. Ao final do ciclo (62 DAT), esse mesmo nível proporcionou as maiores médias para as variáveis altura de planta e área foliar, com valores de 84,10 cm e 965,51 cm², respectivamente. O diâmetro do caule não apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade em nenhuma das fases (Tabela 7).

Tabela 7. Variáveis biométricas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de frutificação e ao final do ciclo.

Variável	Reposição hídrica (%) (32 DAT)		
	50	75	100
AP	44,96 c	54,06 b	66,72 a
DC	9,35 a	9,60 a	10,06 a
NF	34,48 b	41,04 b	51,56 a
AF	3110,31 b	3763,30 b	4810,46 a

Variável	Reposição hídrica (%) (62 DAT)		
	50	75	100
AP	60,00 b	69,15 b	84,10 a
DC	9,67 a	9,86 a	10,23 a
AF	553,40 b	733,12 b	965,51 a

AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro do caule (mm); NF: número de folhas; AF: área foliar (cm²).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Conteúdo relativo de água, índice SPAD e extravasamento de eletrólitos

Na Tabela 8, aos 32 DAT, os genótipos A-09, A-52 e Nantais Oblong apresentaram as maiores médias para a variável conteúdo relativo de água, com valores de 79,56%, 82,54% e 80,52%, respectivamente, enquanto os genótipos PI 234607 e PMR6 apresentaram valores de 77,15% e 79,77%. Para a variável extravasamento de eletrólitos, os genótipos PI 234607, PMR6, A-09 e A-52 apresentaram as maiores médias, com valores de 58,94%, 58,80%, 51,04% e 49,15%, respectivamente.

Aos 62 DAT, o índice SPAD não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade. Os genótipos A-09, A-52, Nantais Oblong e PMR6 apresentaram as melhores médias para a variável conteúdo relativo de água. Para a variável extravasamento de eletrólitos, não foram observadas diferenças significativas entre os genótipos ($p>0,05$).

Tabela 8. Médias de variáveis fisiológicas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e ao final do ciclo.

Variável	Genótipos (32 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
CRA	79,55 a	82,53 a	80,52 a	77,14 b	79,76 a
EE	51,03 a	49,15 a	39,14 b	58,93 a	58,79 a
Variável	Genótipos (62 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
SPAD	7,19 a	9,92 a	8,72 a	7,18 a	10,09 a
CRA	83,49 a	83,81 a	79,73 a	72,74 b	78,83 a
EE	39,32 a	35,71 a	41,28 a	43,53 a	45,41 a

SPAD: índice SPAD (SPAD); CRA: conteúdo relativo de água (%); EE: extravasamento de eletrólitos (%).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

De acordo com a Tabela 9, os genótipos PI 234607 e PMR6 apresentaram resposta semelhante, nos três níveis de déficit hídrico ($p>0,05$). Entretanto, os genótipos Nantais Oblong e A-09 apresentaram suas maiores médias na reposição hídrica de 50%, com valores de 51,12 SPAD. No nível de 75% de reposição hídrica, o genótipo A-52 apresentou a maior média, com valor de 55,02 SPAD. No nível de reposição hídrica de 50%, destacaram-se os valores de 48,64, 51,12, 48,64 e 52,80 SPAD para os genótipos A-09, Nantais Oblong, PI 234607 e PMR6, respectivamente. No nível de 75% da reposição, a maior média foi observada no genótipo A-52 (55,32 SPAD), enquanto a menor média foi observada no genótipo A-09 (38,48 SPAD). O nível de 100% (controle) não apresentou diferença significativa entre os genótipos ($p>0,05$).

Tabela 9. Índice SPAD na fase de florescimento de genótipos de meloeiro sob três níveis de reposição hídrica.

Genótipo	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
A-09	48,64 aA	38,48 cB	38,80 aB
A-52	43,44 bB	55,02 aA	44,74 aB
Nantais Oblong	51,12 aA	46,62 bB	42,56 aB
PI 234607	48,64 aA	46,60 bA	43,58 aA

PMR6	52,80 aA	48,76 bA	37,24 aA
------	----------	----------	----------

Médias seguidas da mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das colunas e médias seguidas da mesma letra maiúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das linhas, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Na fase de florescimento (32 DAT), não houve efeito significativo dos níveis de déficit hídrico sobre as variáveis conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos ($p>0,05$). Ao final do ciclo (62 DAT), para o índice SPAD, o nível de reposição hídrica de 50% apresentou a maior média, com valor de 10,52 SPAD. Para a variável extravasamento de eletrólitos, os níveis de 50% e 75% da reposição hídrica proporcionaram as maiores médias, com valores de 54,21 e 53,42%, respectivamente. O conteúdo relativo de água não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 10).

Tabela 10. Variáveis fisiológicas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e ao final do ciclo.

Variável	Reposição Hídrica (%) (32 DAT)		
	50	75	100
CRA	78,50 a	80,23 a	80,97 a
EE	45,47 a	53,18 a	55,58 a
Variável	Reposição hídrica (%) (62 DAT)		
	50	75	100
SPAD	10,52 a	8,12 b	7,21 b
CRA	78,36 a	78,41 a	82,39 a
EE	54,21 a	53,42 a	35,51 b

SPAD: índice SPAD; CRA: conteúdo relativo de água (%); EE: extravasamento de eletrólitos (%).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Resposta das trocas gasosas

Aos 32 DAT, não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os genótipos para as variáveis de trocas gasosas. Entretanto, aos 62 DAT, os diferentes níveis de déficit hídrico influenciaram o comportamento dos genótipos PI 234607 e PMR6 para a variável fisiológica taxa de transpiração (E) ($p<0,01$), os quais apresentaram as maiores médias, com valores de 6,22 e 5,51 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente (Tabela 11).

Os genótipos PI 234607 e PMR6 também se destacaram quanto à variável condutância estomática (gs), apresentando as maiores médias, com valores de 326,60 e 255,46 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

Não foram observadas diferenças significativas para as variáveis temperatura foliar, taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência instantânea do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) (Tabela 11).

Tabela 11. Médias de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e final do ciclo.

Variável	Genótipos (32 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
TF	29,20 a	29,03 a	29,54 a	29,22 a	29,28 a
E	5,82 a	5,87 a	5,90 a	5,72 a	5,65 a
gs	381,66 a	400,70 a	390,76 a	362,05 a	371,97 a
A	24,14 a	27,07 a	22,07 a	25,11 a	20,58 a
EUA	4,47 a	4,85 a	3,90 a	4,97 a	3,82 a
EiUA	0,071 a	0,074 a	0,061 a	0,081 a	0,060 a
Variável	Genótipos (62 DAT)				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
TF	30,98 a	31,29 a	31,04 a	30,80 a	31,24 a
E	4,01 b	3,96 b	4,33 b	6,22 a	5,51 a
gs	186,93 b	174,9 b	201,32 b	326,6 a	255,46 a
A	12,86 a	12,85 a	15,23 a	21,22 a	16,99 a
EUA	3,37 a	3,21 a	3,64 a	3,23 a	3,01 a
EiUA	0,069 a	0,074 a	0,078 a	0,059 a	0,063 a

TF: temperatura foliar (°C); E: taxa de transpiração (mmol m⁻²s⁻¹); gs: condutância estomática (mmol m⁻²s⁻¹); A: taxa de assimilação de CO₂ (μmol m⁻² s⁻¹); EUA: eficiência instantânea do uso da água; EiUA: eficiência intrínseca do uso da água.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Conforme a Tabela 12, os diferentes níveis de reposição hídrica não influenciaram os parâmetros fisiológicos de trocas gasosas durante a fase de florescimento (32 DAT), não sendo observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade. Ao final do ciclo (62 DAT), a eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) foi influenciada pelo nível de reposição hídrica de 50%, apresentando a maior média de 0,08.

Tabela 12. Médias das variáveis de trocas gasosas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica na fase de florescimento e final do ciclo.

Variável	Reposição Hídrica (%) (32 DAT)		
	50	75	100
TF	29,37 a	29,24 a	29,15 a
E	5,82 a	5,55 a	6,01 a
gs	348,17 a	389,66 a	406,45 a
A	23,54 a	24,08 a	23,76 a

EUA	4,33 a	4,47 a	4,41 a
EiUA	0,071 a	0,070 a	0,067 a
Variável	Reposição Hídrica (%) (62 DAT)		
	50	75	100
TF	31,21 a	30,9 a	31,11 a
E	4,81 a	4,96 a	4,64 a
gs	221,42 a	239,89 a	225,22 a
A	17,26 a	16,21 a	14,04 a
EUA	3,68 a	3,25 a	2,95 a
EiUA	0,079 a	0,067 b	0,060 b

TF: temperatura foliar (°C); E: taxa de transpiração ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$); gs: condutância estomática ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$); A: taxa de assimilação de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$); EUA: eficiência instantânea do uso da água; EiUA: eficiência intrínseca do uso da água.

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Avaliação da biomassa e morfometria

Na Tabela 13, a análise de variância indicou efeito significativo dos genótipos para as variáveis massa fresca da folha, do caule e da raiz, massa seca do caule e total, comprimento da raiz e densidade da raiz ($p<0,05$). Não foram observados efeitos significativos para as variáveis massa seca da folha, massa seca da raiz e densidade da raiz ($p>0,05$).

Considerando os níveis de déficit hídrico, houve diferença significativa para as variáveis massa fresca e massa seca da folha, massa fresca e massa seca do caule, comprimento de raiz, massa fresca da raiz e massa seca total ($p<0,05$). Entretanto, não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis massa seca da raiz, volume de raiz e densidade de raiz. Verificou-se diferença significativa na interação genótipo $\times$ déficit hídrico para a variável massa fresca da raiz ($p<0,01$), cujo desdobramento é apresentado na Tabela 15.

Tabela 13. Resumo da análise de variância para variáveis de biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.

Variável	FV (Valor F)			
	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH (8)	CV (%)
MFF	8,30**	22,43**	1,45ns	28,02
MSF	1,94ns	25,22**	1,51ns	26,39
MFC	15,32**	17,84**	0,67ns	24,96
MSC	2,45**	8,81**	1,09ns	41,46
CR	12,08*	7,89**	0,46ns	36,76
MFR	5,71**	0,03**	2,15*	34,84

MSR	7,88ns	0,29ns	1,96ns	57,45
MST	6,28**	19,68**	0,95ns	24,84
VR	2,34ns	0,58ns	1,37ns	46,04
DR	6,60**	2,18ns	1,21ns	37,39

MFF: massa fresca da folha (g); MSF: massa seca da folha (g); MFC: massa fresca do caule; MSC: massa seca do caule; CR: comprimento da raiz (cm); MFR: massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca total (g); VR: volume de raiz (cm³); DR: densidade de raiz (g/cm³).

Número entre parênteses corresponde ao grau de liberdade do fator. FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação.

ns: não significativo ($p>0,05$); **: significativo a 1% de probabilidade ($p<0,01$); *: significativo a 5% de probabilidade ($p<0,05$) pelo teste F.

Os genótipos que apresentaram as maiores médias para a variável massa fresca da folha foram A-09, A-52 e Nantais Oblong, com valores de 72,49, 77,20 e 89,09 g, respectivamente. Para a variável massa fresca do caule, os genótipos A-09 e A-52 apresentaram as maiores médias, com valores de 103,39 e 107,63 g. Por sua vez, os genótipos PI 234607 e PMR6 apresentaram as menores médias, com valores de 58,62 e 68,16 g, respectivamente.

Para as variáveis massa seca do caule e comprimento da raiz, observou-se comportamento semelhante, sendo que os genótipos A-09 e A-52 apresentaram as maiores médias de massa seca do caule, com valores de 14,84 e 13,26 g, e de comprimento da raiz, com valores de 40,66 e 47,76 cm, respectivamente. Para as variáveis massa seca da raiz, massa seca total e densidade da raiz, as maiores médias foram observadas nos genótipos A-09, A-52 e Nantais Oblong, com valores de 2,35, 2,54 e 1,99 g para massa seca da raiz, de 34,42, 32,71 e 31,41 g para massa seca total e de 0,09, 0,08 e 0,08 g cm⁻³ para densidade da raiz, respectivamente. As variáveis massa seca da folha e volume da raiz não apresentaram diferença significativa para os tratamentos estudados (Tabela 14).

Tabela 14. Médias de biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.

Variável	Genótipo				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
MFF	72,49 a	77,20 a	89,09 a	56,14 b	55,46 b
MSF	17,22 a	16,90 a	19,56 a	15,24 a	16,13 a
MFC	103,39 a	107,63 a	86,09 b	58,62 c	68,16 c
MSC	14,84 a	13,26 a	9,86 b	7,87 b	7,60 b
CR	40,66 b	47,76 a	37,17 b	46,51 a	36,86 b
MSR	2,35 a	2,54 a	1,99 a	0,92 b	1,06 b
MST	34,42 a	32,71 a	31,41 a	24,04 b	24,80 b
VR	25,86 a	29,66 a	22,00 a	23,75 a	18,00 a
DR	0,092 a	0,080 a	0,086 a	0,050 b	0,058 b

MFF: massa fresca da folha (g); MSF: massa seca da folha (g); MFC: massa fresca do caule; MSC: massa seca do caule; CR: comprimento da raiz (cm); MFR: massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca total (g); VR: volume de raiz (cm³); DR: densidade de raiz (g/cm³).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

De acordo com a Tabela 15, não houve diferença significativa entre os genótipos A-09, A-52, PI 234607 e PMR6 nos níveis de déficit hídrico ($p>0,05$). Entretanto, o genótipo Nantais Oblong apresentou a maior média no nível 100% (controle), com valor de 24,14 g de massa fresca da raiz. Para a reposição hídrica de 50%, as maiores médias foram observadas nos genótipos A-09 e A-52, com valores de 21,85 e 24,49 g, respectivamente. No nível de 75% da reposição hídrica, a maior média foi registrada no genótipo A-52, com valor de 26,20 g de massa fresca da raiz.

Tabela 15. Massa fresca da raiz de cinco genótipos de meloeiro sob três níveis de reposição hídrica.

Genótipo	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
A-09	21,85 aA	19,58 bA	22,23 aA
A-52	24,49 aA	26,20 aA	17,51 bA
Nantais Oblong	12,02 bB	15,62 bB	24,14 aA
PI234607	15,03 bA	12,34 bA	14,11 bA
PMR6	15,32 bA	16,83 bA	12,7 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das colunas e médias seguidas da mesma letra maiúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das linhas, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Observa-se na Tabela 16, que as variáveis massa seca da raiz, volume da raiz e densidade da raiz não apresentaram significância ao nível de 5% de probabilidade em nenhum dos níveis de déficit hídrico avaliados. O nível de 100% (controle) proporcionou a maior média para a variável massa fresca da folha, com valor de 89,67 g, enquanto a menor média foi observada na reposição hídrica de 50%, com valor de 52,66 g. Comportamento semelhante foi observado para a variável massa seca da folha, cuja maior média ocorreu no nível de 100% com valor de 21,91 g, e a menor média na reposição hídrica de 50%, com valor de 13,03 g. Para as variáveis massa fresca e massa seca do caule, as maiores médias foram registradas para o nível de 100% (controle), com valores de 104,24 e 13,02 g, respectivamente. Quanto ao comprimento da raiz, o nível de 100% (controle) e o nível de 75% da reposição hídrica apresentaram as maiores médias, com valores de 47,36 e 42,39 cm, respectivamente.

Tabela 16. Médias de biomassa e morfometria de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.

Variável	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
MFF	52,66 c	67,89 b	89,67 a
MSF	13,03 c	16,09 b	21,91 a
MFC	69,09 b	80,99 b	104,24 a
MSC	9,36 b	9,67 b	13,02 a
CR	35,64 b	42,39 a	47,36 a
MSR	1,85 a	1,64 a	1,82 a
MST	24,26 b	27,42 b	36,75 a
VR	22,00 a	25,29 a	24,28 a
DR	0,082 a	0,068 a	0,069 a

MFF: massa fresca da folha (g); MSF: massa seca da folha (g); MFC: massa fresca do caule; MSC: massa seca do caule; CR: comprimento da raiz (cm); MFR: massa fresca da raiz; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca total (g); VR: volume de raiz (cm³); DR: densidade de raiz (g/cm³).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Análises físicas e físico-químicas dos frutos

Na Tabela 17, a análise de variância (ANOVA) revelou variação significativa entre os genótipos para as variáveis diâmetro longitudinal e transversal, espessura da polpa, sólidos solúveis, pH e acidez titulável. Para o déficit hídrico, houve significância para o peso médio dos frutos, diâmetro transversal, espessura da polpa e pH. Verificou-se diferença significativa na interação genótipo $\times$ déficit hídrico apenas para a variável do pH ($p<0,05$).

Tabela 17. Resumo da análise de variância dos parâmetros físicos e físico-químicos em frutos de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.

Variável	FV (Valor F)			
	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH (8)	CV (%)
PMF	1,94ns	12,11**	1,17ns	42,75
DL	10,81**	2,10ns	0,82ns	26,25
DT	29,24**	13,69**	0,28ns	9,69
EP	16,93**	14,89**	0,70ns	14,91
SS	8,46**	0,34ns	0,97ns	19,76
pH	45,08**	5,18**	2,42*	4,85
AT	2,92*	0,54ns	1,04ns	36,19

PMF: peso médio do fruto (g); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT: diâmetro transversal (cm); EP: espessura da polpa (cm); SS: sólidos solúveis (°C); AT: acidez titulável (%).

Número entre parênteses corresponde ao grau de liberdade do fator. FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação.

ns: não significativo ($p>0,05$); **: significativo a 1% de probabilidade ($p<0,01$); *: significativo a 5% de probabilidade ($p<0,05$), pelo teste F.

Na Tabela 18, não houve diferença significativa entre os genótipos para a variável peso médio do fruto ($p>0,05$). Para o diâmetro longitudinal, o genótipo A-52 apresentou a maior média, com valor de 13,82 cm. As variáveis diâmetro transversal e espessura da polpa apresentaram comportamento semelhante, uma vez que o genótipo A-09 apresentou as menores médias, de 6,40 cm e 1,55 cm, respectivamente, enquanto os demais genótipos não diferiram significativamente entre si. Para a variável sólidos solúveis, os genótipos Nantais Oblong e PI 234607 apresentaram as maiores médias, com valores de 8,41 e 8,40 °Brix, respectivamente. Quanto à acidez titulável, o genótipo A-09 apresentou a maior média, com valor de 0,41%, não havendo diferença significativa entre os demais genótipos.

Tabela 18. Médias de cinco genótipos de melão submetidos a três níveis de reposição hídrica em função dos parâmetros físico-químicos dos frutos.

Variável	Genótipos				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
PMF	332,33 a	499,63 a	373,78 a	404,00 a	395,57 a
DL	10,63 b	13,82 a	8,91 b	8,47 b	8,66 b
DT	6,398 b	8,70 a	9,08 a	8,45 a	9,14 a
EP	1,55 b	2,30 a	2,42 a	2,16 a	2,21 a
SS	5,73 c	7,14 b	8,41 a	8,40 a	7,53 b
AT	0,41 a	0,29 b	0,28 b	0,32 b	0,31 b

PMF: peso médio do fruto (g); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT: diâmetro transversal (cm); EP: espessura da polpa (cm); SS: sólidos solúveis (°C); AT: acidez titulável (%).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Para o pH do suco da polpa do melão observa-se, na Tabela 19, que não houve diferença significativa entre os genótipos A-52, Nantais Oblong, PI 234607 e PMR6 nos diferentes níveis de déficit hídrico ($p>0,05$). O genótipo A-09, por sua vez, apresentou as menores médias em todos os níveis de déficit hídrico, com valores de 4,71 no nível de 100% (controle), 4,97 no nível de 75% e 5,57 no nível de 50% de reposição hídrica. Quanto ao fator genótipo, observou-se comportamento semelhante, sendo que o genótipo A-09 apresentou a maior média sob déficit hídrico de 50%, enquanto os genótipos A-52, Nantais Oblong, PI 234607 e PMR6 não diferiram significativamente entre si.

Tabela 19. Médias de pH de frutos de cinco genótipos de melão submetidos a três níveis de reposição hídrica.

Genótipo	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
A-09	5,57 bA	4,97 bB	4,71 bB
A-52	6,25 aA	6,09 aA	5,82 aA
Nantais Oblong	6,26 aA	6,18 aA	6,19 aA
PI 234607	6,24 aA	6,40 aA	6,32 aA
PMR6	6,15 aA	6,18 aA	6,11 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das colunas e médias seguidas da mesma letra maiúscula pertencem ao mesmo grupo dentro das linhas, de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

O nível de 100% (controle) proporcionou as maiores médias para as variáveis peso médio do fruto, com valor de 487,93 g, e diâmetro transversal, com valor de 8,88 cm. Para a variável espessura da polpa, esse mesmo nível apresentou a maior média, com valor de 2,37 cm, enquanto a menor média foi observada no nível de 50% de reposição hídrica, com valor de 1,88 cm. As variáveis diâmetro longitudinal, sólidos solúveis, pH e acidez titulável não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 20).

Tabela 20. Médias dos parâmetros físicos e físico-químicos em frutos de cinco genótipos de melão sob diferentes níveis de reposição hídrica.

Variável	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
PMF	264,92 b	450,34 b	487,93 a
DL	9,35 a	10,06 a	10,89 a
DT	7,70 b	8,49 b	8,88 a
EP	1,88 c	2,15 b	2,37 a
SS	7,45 a	7,27 a	7,62 a
AT	0,35 a	0,32 a	0,31 a

PMF: peso médio do fruto (g); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT: diâmetro transversal (cm); EP: espessura da polpa (cm); SS: sólidos solúveis (°C); AT: acidez titulável (%).

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Análises da concentração de minerais em folhas de meloeiro

Na análise de variância, observou-se diferença significativa entre os genótipos para as variáveis nutricionais Mg, P, Cu e Zn ($p<0,05$). Em relação ao déficit hídrico, apenas as

variáveis P e K apresentaram efeito significativo. Não houve diferença significativa para a interação genótipo $\times$ déficit hídrico ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 21).

Tabela 21. Resumo da análise de variância para a concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a diferentes níveis de reposição hídrica.

Variável	FV (Valor de F)			
	Genótipo (4)	Reposição Hídrica (2)	G x RH	CV (%)
Ca	0,50ns	1,18ns	0,84ns	78,62
Mg	2,71*	0,87ns	1,061ns	39,41
Na	0,40ns	0,34ns	0,72ns	25,98
P	3,33*	3,72*	0,64ns	31,88
K	0,39ns	14,27**	1,10ns	22,3
Cu	5,49*	1,00ns	0,37ns	16,01
Mn	1,52ns	0,26ns	1,17ns	24,59
Fe	0,29ns	1,28ns	0,81ns	53,28
Zn	2,69*	1,50ns	0,46ns	17,11

Ca: cálcio (g/kg); Mg: magnésio (g/kg); Na: sódio (g/kg); P: fósforo (g/kg); K: potássio g/kg); Cu: cobre (mg/kg); Mn: manganês (mg/kg); Fe: ferro (mg/kg); Zn: zinco (mg/kg).

Número entre parênteses corresponde ao grau de liberdade do fator. FV: Fonte de variação; CV: coeficiente de variação.

ns: não significativo ($p>0,05$); **: significativo a 1% de probabilidade ($p<0,01$); *: significativo a 5% de probabilidade ($p<0,05$), pelo teste F.

Na Tabela 22, observa-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) para as variáveis cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), manganês (Mn) e ferro (Fe). O magnésio (Mg) apresentou os maiores teores nos genótipos A-09, A-52 e Nantais Oblong, com valores de 1,84; 1,66 e 1,61 g/kg, respectivamente. Para o fósforo (P), o genótipo PI 234607 apresentou a maior média, com valor de 2,09 g/kg. Para o cobre (Cu), os genótipos PI 234607 e PMR6 apresentaram as maiores médias, com valores de 7,76 e 7,41 mg/kg, respectivamente. Quanto ao zinco (Zn), os genótipos A-09 e A-52 apresentaram as maiores médias, com valores de 17,89 e 17,40 mg/kg, respectivamente.

Tabela 22. Médias da concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.

Variável	Genótipos				
	A-09	A-52	Nantais Oblong	PI 234607	PMR6
Ca	7,47 a	6,36 a	7,28 a	6,99 a	7,30 a
Mg	1,84 a	1,66 a	1,61 a	1,23 b	1,3 b
Na	2,06 a	1,90 a	1,92 a	2,09 a	1,96 a
P	1,91 b	1,89 b	1,95 b	2,09 a	2,13 b
K	21,46 a	21,68 a	23,00 a	22,75 a	21,22 a
Cu	6,19 b	6,38 b	6,74 b	7,76 a	7,41 a
Mn	146,57 a	150,02 a	177,34 a	158,06 a	166,68 a

Fe	280,73 a	267,99 a	275,13 a	255,55 a	231,80 a
Zn	17,89 a	17,40 a	16,25 b	15,26 b	15,33 b

Ca: cálcio (g/kg); Mg: magnésio (g/kg); Na: sódio (g/kg); P: fósforo (g/kg); K: potássio (g/kg); Cu: cobre (mg/kg); Mn: manganês (mg/kg); Fe: ferro (mg/kg); Zn: zinco (mg/kg).
Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

Na Tabela 23, observa-se que o sódio (Na) apresentou os maiores teores no nível de reposição hídrica de 75%, com valor de 2,05 g/kg. Para o fósforo (P), o nível de 50% de reposição proporcionou a maior média, com valor de 2,44 g/kg, comportamento semelhante ao observado para o potássio (K). Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para as variáveis de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn).

Tabela 23. Concentração de minerais nas folhas de cinco genótipos de meloeiro submetidos a três níveis de reposição hídrica.

Variável	Reposição Hídrica (%)		
	50	75	100
Ca	7,27 a	6,86 a	7,08 a
Mg	1,40 a	1,55 a	1,64 a
Na	1,95 b	2,05 a	1,95 b
P	2,44 a	1,99 b	1,88 b
K	26,27 a	20,40 b	19,40 b
Cu	7,02 a	7,03 a	6,64 a
Mn	155,24 a	160,87 a	163,09 a
Fe	293,00 a	263,97 a	229,75 a
Zn	15,78 a	16,33 a	17,15 a

Ca: cálcio (g/kg); Mg: magnésio (g/kg); Na: sódio (g/kg); P: fósforo (g/kg); K: potássio g/kg); Cu: cobre (mg/kg); Mn: manganês (mg/kg); Fe: ferro (mg/kg); Zn: zinco (mg/kg).
Médias seguidas pela mesma letra nas linhas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott ($p>0,05$).

DISCUSSÃO

As alterações climáticas impactam diretamente a disponibilidade de água para a agricultura na maior parte do mundo, tornando necessárias estratégias de uso eficiente da água com o objetivo de manter ou melhorar a produtividade em regiões semiáridas. Nesse contexto, a seleção de características em materiais genéticos que proporcionem maior estabilidade produtiva em diferentes ambientes é fundamental, pois esses genótipos podem apresentar maiores rendimentos sob condições de disponibilidade hídrica limitada.

Os resultados de crescimento indicam a existência de variabilidade genética, os quais demonstram que determinados genótipos apresentam maior capacidade de crescimento, podendo ser priorizados em programas de melhoramento. Com base nos resultados obtidos, o genótipo A-09 foi capaz de manter níveis satisfatórios de crescimento das células apicais caulinares, mesmo sob condições de restrição hídrica, tanto na fase de florescimento quanto ao final do ciclo.

A inibição da expansão celular nas plantas está diretamente relacionada à redução do diâmetro do caule, o que pode comprometer a eficiência do transporte de seiva entre os órgãos vegetativos (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Estudos com fitohormônios indicam que o diâmetro caulinar é influenciado por processos de crescimento secundário e pela formação de tecidos vasculares, como xilema e floema, os quais são essenciais para o transporte de água, nutrientes e assimilados ao longo do eixo da planta. Entretanto, condições que limitam a expansão celular tendem a resultar em caules mais finos, com menor desenvolvimento do sistema vascular e menor eficiência no fluxo de água e nutrientes, refletindo efeitos negativos sobre o crescimento e a adaptação da planta a estresses abióticos (Ding et al., 2024).

Silva et al. (2021) não observaram efeito da restrição hídrica sobre o diâmetro do caule em plantas de melão, evidenciando que a resposta ao estresse está associada à variabilidade genética e à sensibilidade dos genótipos avaliados.

O efeito sobre o crescimento é o primeiro a ser observado nas plantas, devido à falta de pressão de turgescência (Taiz et al., 2017; Rehman et al., 2023). No presente estudo, isso resultou na diminuição das variáveis morfológicas das plantas, como altura, número de folhas e área foliar. Além disso, esse processo envolve efeitos da redução da condutância estomática, limitando a assimilação de CO₂ e resultando em prejuízos ao desenvolvimento das plantas (Ramos et al., 2021).

Para o uso racional dos recursos hídricos, sem comprometer o desenvolvimento do meloeiro, o manejo da irrigação torna-se essencial, tanto nas fases iniciais quanto ao final do

ciclo. No presente estudo, observaram-se menores médias de área foliar sob os níveis de 50% e 25% de reposição hídrica (Tabela 7), provavelmente em decorrência do início do processo de senescência.

Adamo et al. (2024) relataram, em estudo conduzido sob estresse hídrico, que os parâmetros de crescimento das plantas foram negativamente afetados em comparação à testemunha, destacando-se a área foliar como uma das variáveis mais impactadas, com redução de aproximadamente 50%.

Neste trabalho, na Tabela 8, observa-se que o genótipo PI 234607 apresentou menor valor de conteúdo relativo de água sob déficit hídrico. Porém, entre os demais genótipos, tanto na fase de florescimento quanto no final do ciclo, não houve diferença para o CRA. O déficit hídrico resulta em alterações nos componentes osmóticos e metabólicos, que provocam alterações no estado hídrico dos tecidos, como a redução do potencial hídrico foliar e do conteúdo relativo de água (Perosini, 2025).

De acordo com Salam et al. (2025), as variações existentes entre os genótipos indicam a presença de desvios significativos, os quais devem ser investigados, tanto em características de natureza qualitativa quanto quantitativa. Além disso, para programas de melhoramento e desenvolvimento de linhagens melhoradas, a variabilidade genotípica é fundamental (Bhandari et al., 2017).

A restrição hídrica em plantas de melão ou melancia pode induzir maiores níveis de pigmentos fotossintéticos (Ren et al., 2025). Genótipos de melão que apresentaram incrementos de clorofilas foram associados à melhor performance e resistência ao déficit hídrico. Por outro lado, em estudos de Altaf et al. (2022), com tomate, Sidiqui et al. (2015) com fava e Mokhatari et al. (2024) com trigo, houve redução no teor de clorofila.

A análise do extravasamento de eletrólitos é um indicativo do nível de estresse oxidativo nas plantas. Na Tabela 10, na fase de florescimento, não foram observadas diferenças significativas entre os níveis de estresse, possivelmente em função da menor suscetibilidade das plantas nesse estágio, uma vez que ainda se encontravam em fase jovem de desenvolvimento. Em contrapartida, ao final do ciclo, quando as plantas apresentavam estágio fenológico mais avançado, sob déficit hídrico, houve maior extravasamento de eletrólitos, indicando intensificação dos danos às membranas celulares.

Nesse caso, as plantas acionam o sistema antioxidante para neutralizar as espécies reativas de oxigênio (EROs); porém, em situações de estresse, essas defesas podem ser insuficientes, levando a danos oxidativos, principalmente na membrana celular, causando maior vazamento de eletrólitos (Pandey et al., 2025).

Brito et al. (2011) verificaram maior extravasamento de eletrólitos quando genótipos de algodoeiro foram submetidos ao déficit hídrico. O dano à membrana celular passa a ser significativo quando atinge 50% (Sullivan, 1972), o que foi verificado em ambas as fases de avaliação.

Os resultados da tabela 11 expressam as características dos genótipos. Mesmo em condições de déficit hídrico, de maneira geral o genótipo é capaz de preservar processos fisiológicos e metabólicos fundamentais para seu desenvolvimento durante o estresse, favorecendo a estabilidade produtiva (Jacinto Júnior, 2019).

Os diferentes materiais podem exibir ampla variação na condutância estomática e na eficiência do uso da água, por exemplo, demonstrando que a capacidade de ajuste dessas características está sob controle genético significativo e pode ser explorada em programas de melhoramento para tolerância à seca (Gu et al., 2012).

Ortiz e Salas-Fernandez (2022) identificaram várias regiões genômicas associadas à variação natural de trocas gasosas e de fluorescência sob estresse hídrico na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*), evidenciando que a resposta à seca envolve diferentes fatores que controlam aspectos fisiológicos ligados às trocas gasosas. Trenti et al. (2021) em estudo de mapeamento em videira, observaram que as diferenças genéticas podem estar relacionadas com a expressão de genes à resposta ao estresse hídrico e à variável de condutância estomática.

Mthembu et al. (2022) observaram que genótipos de batata com tolerância à seca apresentam maior eficiência no uso da água em condições de estresse, o que torna essa característica importante para processos de seleção.

Em cucurbitáceas, a variabilidade genética influencia mecanismos fisiológicos que sustentam a resiliência das funções fotossintéticas e hídricas. Portanto, a seleção de genótipos com maior capacidade de manter trocas gasosas eficientes em condição de restrição hídrica pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a tolerância ao estresse (Mashilo et al., 2017).

Segundo Leakey et al. (2019), é possível avaliar o uso da água pelas plantas de maneira simples e eficaz através da eficiência intrínseca do uso da água, que é a relação da taxa de assimilação de carbono com a condutância estomática. Essa medição torna-se adequada, pois considera o déficit de pressão de vapor atmosférico, o que a torna útil em estudos relacionados à limitação hídrica. Assim, contribui para a identificação de espécies ou genótipos mais bem adaptados a ambientes sujeitos a estresses abióticos (Marquéz et al., 2025). Em situações de déficit hídrico moderado, a eficiência intrínseca do uso da água tende a ser elevada, porque a diminuição da condutância estomática é desproporcional à queda da fotossíntese, elevando a concentração intracelular de CO₂ (Zhang et al., 2018).

As plantas ajustam a relação entre a assimilação de carbono e a perda de água por meio de alterações graduais na morfologia das folhas e na regulação metabólica, processos que dependem das condições ambientais, como intensidade luminosa, concentração atmosférica de CO₂ e temperatura. Esses ajustes modulam diretamente os fluxos de dióxido de carbono e de água no sistema planta-atmosfera (Ye et al., 2024).

Segundo Soares et al. (2025), plantas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) submetidas ao déficit hídrico, associadas à adubação verde podem apresentar maiores valores de eficiência intrínseca do uso da água em restrições hídricas elevadas. Mesquita et al. (2024), observaram em estudo com melão amarelo (*Cucumis melo*), que o déficit hídrico promove alterações nos parâmetros de trocas gasosas, e que as respostas fisiológicas adaptativas estão associadas ao aumento da eficiência no uso da água em condições de irrigação deficitária.

Os genótipos que apresentaram as maiores médias de massa fresca e seca da planta foram A-09, A-52 e Nantais Oblong, pertencentes aos grupos Conomon, Momordica e Cantaloupensis, respectivamente (Tabela 14). Dessa forma, verifica-se que a produção de folhas e a massa seca total podem variar em função das práticas de manejo adotadas e do genótipo avaliado.

A produção de biomassa é amplamente utilizada como referência para compreender o desempenho vegetativo e a capacidade produtiva das plantas. Em resposta às alterações do ambiente, os vegetais ajustam o acúmulo de biomassa e redefinem sua distribuição interna como forma de adaptação (Wang et al., 2024).

A manutenção da massa seca total em condições de restrição hídrica constitui um fator essencial associado à tolerância à seca. Em diversas espécies vegetais, como *Eucalyptus obliqua* L'Hér, observa-se a diminuição da massa seca quando submetidas ao déficit hídrico. Esse mesmo padrão de redução da massa seca também é frequentemente relatado em genótipos de arroz (Caetano et al., 2025). Entretanto, os resultados obtidos no presente trabalho apresentaram comportamento oposto, e essa resposta está ligada ao fato de a planta passar pelo processo de senescência foliar, além de que o estresse hídrico pode reduzir a divisão celular e resultar em plantas menores e com um sistema radicular menos profundo, como observado na Tabela 16.

A ausência de diferença significativa para o peso médio do fruto entre os genótipos indica que esse caráter pode estar mais sujeito ao efeito ambiental do que ao efeito genético, o que já foi observado em levantamentos de diversidade de frutificação em acessos de melão por Andrade et al. (2019).

Na Tabela 18, os genótipos Nantais Oblong, PI 234607 e PMR6, pertencentes ao grupo *Cantaloupensis*, apresentaram maiores médias para múltiplos atributos de qualidade física e química do fruto, sugerindo que esses materiais possuem características agronômicas e sensoriais favoráveis para utilização em programas de melhoramento genético do meloeiro.

Observa-se, na Tabela 19, que o valor do pH dos frutos está entre 5,0 e 6,5, o que pode indicar amplitude de variação, em decorrência de seu potencial genético e menor grau de domesticação. O déficit hídrico aumentou a concentração de solutos na polpa do melão do genótipo A-09 do grupo *Conomon*. A variação do pH depende do equilíbrio entre açúcares e ácidos presentes, caso o déficit hídrico concentre mais ácidos, o pH diminui, enquanto se os açúcares se concentrarem relativamente mais que os ácidos, pode haver leve aumento do pH.

Na Tabela 20, é possível observar que as reposições de 50% e 75% influenciaram negativamente o peso médio dos frutos, o diâmetro transversal e a espessura. De acordo com Liu et al. (2021), a escassez hídrica afeta negativamente os processos de divisão e expansão celular da polpa do fruto, além da assimilação de nutrientes, ocasionando menor peso individual dos frutos.

Em pesquisa com pepino, Parkash et al. (2021) constataram que o peso médio dos frutos foi significativamente reduzido em 60 e 40% da ETc em comparação com o controle em 100% da ETc. Foi relatado que o estresse hídrico afeta negativamente os frutos de melão, reduzindo seu comprimento conforme ocorre a diminuição da lâmina de irrigação (Zeng et al., 2009).

Handam et al. (2017) apresentaram resultados de pesquisa com frutos de *Cucumis melo* nos quais a espessura da casca foi significativamente reduzida em decorrência do estresse hídrico aplicado. Em estudo conduzido por Mohasseli e Farbood (2022) com *Momordica charantia* L., constatou-se que a redução da irrigação em nível moderado promoveu diminuição de 18,1% no peso dos frutos, enquanto, sob déficit hídrico severo, essa redução atingiu 27,2%.

Os estresses abióticos levam à redução do crescimento dos frutos, principalmente em razão da diminuição da taxa de crescimento durante a fase de expansão celular. Além disso, no presente trabalho, o material utilizado consiste em acessos provenientes do banco de germoplasma, o que também influencia essas variáveis em função de seu potencial genético, já que nem todos possuem desempenho agrônomo estável ou elevado, além de apresentarem diferenças de adaptação ao ambiente de cultivo.

De acordo com Zhang et al. (2024), a redução da pressão de turgescência das células do fruto sob condições de déficit hídrico, assim como no estresse salino, constitui o principal fator associado a essa redução. Por outro lado, a diminuição do potencial osmótico nos frutos sob

déficit hídrico representa um mecanismo importante para a manutenção da pressão de turgescência celular.

Observa-se variabilidade genética existente na Tabela 22 para Mg, Cu e Zn, pois há diferença entre os genótipos sob condições de déficit hídrico. Conforme relatado por Zhu et al. (2018), diferentes genótipos vegetais apresentam mecanismos de adaptação ao estresse hídrico baseados na síntese elevada de aminoácidos e ácidos orgânicos.

O teor de sódio nas folhas foi significativamente maior no nível intermediário de déficit hídrico (75%), indicando maior acúmulo desse elemento sob estresse moderado, o que pode estar relacionado a ajustes osmóticos da planta como estratégia para a manutenção do potencial hídrico celular. Para os nutrientes fósforo (P) e potássio (K), observaram-se os maiores teores no nível de déficit hídrico de 50%. Considerando a importância do K e do P na regulação osmótica e no controle estomático, a redução dos teores desses nutrientes sob níveis mais elevados de estresse hídrico pode comprometer a eficiência fisiológica das plantas, refletindo a maior sensibilidade desses elementos à limitação hídrica. Entretanto, esse acúmulo pode estar relacionado à conservação da energia e à menor área foliar, possivelmente em decorrência do efeito concentração.

O íon K^+ desempenha um papel fundamental no ajuste osmótico vegetal diante da deficiência hídrica. A presença adequada de potássio promove o acúmulo de solutos, o que reduz o potencial osmótico e preserva o turgor celular. Em suma, a nutrição potássica otimizada favorece a retenção de água e a pressão de turgor, conferindo tolerância da planta ao estresse hídrico (Sardans e Peñuelas, 2021).

Foi relatado por Liu et al. (2026) em estudo com genótipos de tomate, acúmulo significativamente maior de Na^+ nas folhas e raízes em comparação ao controle e ao estresse hídrico isolado.

CONCLUSÃO

A redução de 50% na disponibilidade hídrica compromete as características biométricas, fisiológicas e produtivas de todos os genótipos de meloeiro, mesmo sendo classificados diferentemente pelo índice de tolerância à seca na fase de plântula. Entretanto, características importantes, como sólidos solúveis e acidez total, não foram afetadas.

O déficit hídrico comprometeu o crescimento da maioria dos genótipos. Destacam-se os genótipos A-09 e A-52, que apresentaram maiores valores de biomassa da parte aérea e do sistema radicular.

A reposição hídrica em 50% provocou aumento na concentração de minerais como potássio e fósforo nas folhas de meloeiro. O genótipo PI 234607 foi o mais eficiente para fósforo e cobre, e os genótipos A-09 e A-52 apresentaram melhor performance na absorção de zinco e magnésio.

Os genótipos A-09 e A-52 apresentam menor demanda hídrica e a obtenção de linhagens desses genótipos constitui uma alternativa para a redução do consumo de água nas propriedades agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMO, M. L. T.; YONNY, M. E.; VILLALBA, G. F.; NAZARENO, M. A. Natural biostimulants foliar application as sustainable mitigation strategy of drought stress damage on the melon crop (*Cucumis melo* L.). *Scientia Horticulturae*, [S. l.], v. 323, p. 112471, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112471>.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1998. 298 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALTAF, M. A.; SHAHID, R.; REN, M. X.; NAZ, S.; ALTAF, M. M.; KHAN, L. U. *et al.* Melatonin improves drought stress tolerance of tomato by modulating plant growth, root architecture, photosynthesis, and antioxidant defense system. *Antioxidants*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 309, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11020309>.

ANDRADE, I. S.; MELO, C. A. F.; NUNES, G. H. S.; HOLANDA, I. S. A.; GRANGEIRO, L. C.; CORRÊA, R. X. Morphoagronomic genetic diversity of Brazilian melon accessions based on fruit traits. *Scientia Horticulturae*, v. 243, p. 514-523, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.006>.

AOAC. *Official methods of analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 1904 p.

BARBOSA, E. D. *et al.* Produção de mudas de meloeiro sob influência de substâncias húmicas derivadas de compostagens no semiárido baiano. *Diversitas Journal*, v. 7, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48017/dj.v7i4.2297>.

BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, v. 15, p. 413-428, 1962.

BHANDARI, H. R.; BHANU, A. N.; SRIVASTAVA, K.; SINGH, M. N.; SHREYA, H. A. Avaliação da diversidade genética em plantas cultivadas: uma visão geral. *Advances in Plants*

& *Agriculture Research*, v. 7, p. 279-286, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/0010414006286542>.

BRITO, G. G. de; SOFIATTI, V.; LIMA, M. M. de A.; CARVALHO, L. P. de; SILVA FILHO, J. L. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 117-125, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.9839>.

CAETANO, A. L.; DE PÁDUA, M. P.; DOS REIS, C. H. G. et al. Aerenchyma, gas exchange, growth, leaf and root anatomical traits of drought and flooding-tolerant rice genotypes under water stress. *Discover Agriculture*, v. 3, p. 97, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00270-z>.

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, e311101523155, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>.

CAMPOS, P. S.; THI, A. T. P. Effects of an abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subjected to osmotic stress. *Plant Science*, v. 130, n. 1, p. 11-18, 1997.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. *Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico*. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p.

CAVALCANTE, I. H. L.; SILVA, R. R. S.; ALBANO, F. G.; LIMA, F. N.; MARQUES, A. S. Foliar spray of humic substances on seedling production of papaya (pawpaw). *Journal of Agronomy*, v. 10, p. 118-122, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2011.118.122>.

DING, W.; WANG, C.; MEI, M.; LI, X.; ZHANG, Y.; LIN, H.; LI, Y.; MA, Z.; HAN, J.; SONG, X.; WU, M.; ZHENG, C.; LIN, J.; ZHAO, Y. Phytohormones involved in vascular cambium activity in woods: current progress and future challenges. *Frontiers in Plant Science*, v. 15, 1508242, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1508242>.

DOURADO NETO, D.; JONG VAN LIER, Q. de; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. *Engenharia Rural*, v. 1, p. 92-102, 1990.

GU, Z.; QI, Z.; BURGHATE, R.; YUAN, S.; JIAO, X.; XU, J. Irrigation scheduling approaches and applications: a review. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 146, 04020007, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001464).

GU, J.; YIN, X.; STOMPH, T. J.; WANG, H.; STRUIK, P. C. Physiological basis of genetic variation in leaf photosynthesis among rice (*Oryza sativa* L.) introgression lines under drought and well-watered conditions. *Journal of Experimental Botany*, v. 63, n. 14, p. 5137-5153, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers170>.

HAGHPANAH, M.; HASHEMIPETROUDI, S.; ARZANI, A.; ARANITI, F. Drought tolerance in plants: physiological and molecular responses. *Plants*, v. 13, n. 21, p. 2962, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13212962>.

HAMDAN, M. N.; RAZI, I. M.; PUTERI, M. W. E. The effect of partial root drying and regulated deficit irrigation technique on growth of rock melon (*Cucumis melo* Linn cv. Glamour). *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, v. 45, n. 1, p. 1-11, 2017.

HUANG, Z.; LIU, Y.; TIAN, F.-P.; WU, G.-L. Soil water availability threshold indicator was determined by using plant physiological responses under drought conditions. *Ecological Indicators*, v. 118, p. 106740, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106740>.

MAIA, C. E.; SILVA NETO, J. M.; BRAGA, A. Q. C. Estimativa da área foliar do meloeiro irrigado em função do número de folhas. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 2, p. 85-91, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0010>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agropecuária: melão. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>. Acesso em: 21 dez. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. v. 4.

JACINTO JÚNIOR, S. G.; MORAES, J. G. L.; SILVA, F. D. B.; SILVA, B. N.; SOUSA, G. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; MESQUITA, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786343047>.

LEAKEY, A. D. B.; FERGUSON, J. N.; PIGNON, C. P.; WU, A.; JIN, Z.; HAMMER, G. L.; LOBELL, D. B. Water use efficiency as a constraint and target for improving the resilience and productivity of C3 and C4 crops. *Annual Review of Plant Biology*, v. 70, p. 781-808, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040305>.

LI, Z.; ZENG, X.; SUN, F.; FENG, T.; XU, Y.; LI, Z.; WU, J.; WANG-PRUSKI, G.; ZHANG, Z. Physiological analysis and transcriptome profiling reveals the impact of microplastic on melon (*Cucumis melo* L.) seed germination and seedling growth. *Journal of Plant Physiology*, v. 287, 154039, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154039>.

LIU, J.; LI, Y.; YU, X.; REN, B.; CHEN, H.; DING, F.; JIANG, F.; OTTOSEN, C.; SONG, X.; MITTLER, R.; WU, Z.; ZHOU, R. Specific redox homeostasis, ion accumulation and gas exchange responses in tomato plants subjected to combined drought and salinity stresses. *Scientia Horticulturae*, v. 355, 114543, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114543>.

LIU, X.; PENG, Y.; YANG, Q.; WANG, X.; CUI, N. Determining optimal deficit irrigation and fertilization to increase mango yield, quality, and WUE in a dry hot environment based on TOPSIS. *Agricultural Water Management*, v. 245, 106650, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106650>.

MALTA, A. O. et al. Crescimento do meloeiro em diferentes substratos. *Revista Sítio Novo*, v. 1, p. 238-246, 2017. DOI: <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2017.v1.i0.238-246p>.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. O setor frutícola se destaca nas exportações brasileiras. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 21 dez. 2025.

MÁRQUEZ, D. A.; GARDNER, A.; BUSCH, F. A. Navigating challenges in interpreting plant physiology responses through gas exchange results in stressed plants. *Plant Ecophysiology*, v. 1, n. 1, p. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.53941/plantecophys.2025.100002>.

MASHILO, J.; ODINDO, A. O.; SHIMELIS, H. A.; MUSENGE, P.; TESFAY, S. Z.; MAGWAZA, L. S. Drought tolerance of selected bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] landraces assessed by leaf gas exchange and photosynthetic efficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 120, p. 75-87, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.09.022>.

MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; CAMPOS, L. D. A.; BRAGA, M. B.; SOBRAL, Y. R. A. Gas exchange in yellow melon (*Cucumis melo*) crop under controlled water deficit (RDI) and application of a biostimulant. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, v. 56, n. 2, p. 14-24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.48162/rev.39.133>.

MOHASSELI, V.; FARBOOD, F. Effect of compost on growth characteristics and macronutrients concentration in *Momordica charantia* L. under moisture stress. *Iranian Journal of Soil Research*, v. 35, p. 353-366, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22092/IJSR.2022.356346.639>.

MOKHTARI, N.; MAJIDI, M. M.; MIRLOHI, A. Physiological and antioxidant responses of synthetic hexaploid wheat germplasm under drought. *BMC Plant Biology*, v. 24, p. 747, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05445-2>.

MTHEMBU, S. G.; MAGWAZA, L. S.; MASHILO, J.; MDITSHWA, A.; ODINDO, A. Avaliação da tolerância à seca de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) em diferentes estágios de crescimento, com base em características morfológicas e fisiológicas. *Agricultural Water Management*, v. 261, 107361, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107361>.

ORTIZ, D.; SALAS-FERNANDEZ, M. G. Dissecting the genetic control of natural variation in sorghum photosynthetic response to drought stress. *Journal of Experimental Botany*, v. 73, n. 10, p. 3251-3267, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erab502>.

PANDEY, V.; YADAV, S.; SHUKLA, A. K.; SHANKER, K.; KHARE, P. Chemometric discrimination of electrolyte and sugar leakage in two genotypes of *Andrographis paniculata* under different heavy metal stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 229, 110709, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.110709>.

PARKASH, V.; SINGH, S.; DEB, S. K.; RITCHIE, G. L.; WALLACE, R. W. Effect of deficit irrigation on physiology, plant growth, and fruit yield of cucumber cultivars. *Plant Stress*, v. 1, 100004, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100004>.

PEROSINI, G. L. Estresse hídrico em *Phaseolus vulgaris*: respostas anatômicas e fisiológicas. *Educação, Ciência e Saúde*, v. 12, n. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35572/ecs.v12.i2.722>.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O.; FRANÇA, G. M. Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 16, n. 4, p. 213-221, 2021. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v16i4.1307>.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

REHMAN, A. et al. Exploring drought tolerance in melon germplasm through physiochemical and photosynthetic traits. *Plant Growth Regulation*, p. 1-16, 2023.

REN, K. et al. Response of watermelon to drought stress and its drought-resistance evaluation. *Plants*, v. 14, n. 9, p. 1289, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14091289>.

SALAM, S. E. A.; HASSN, E. E.; HASSAN, A. A.; ABDELGHANY, M. Genetic diversity of some bread wheat genotypes under water stress using morphological traits and SSR markers. *South African Journal of Botany*, v. 178, p. 360-371, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.01.041>.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS)*. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1176834/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>.

SARDANS, J.; PEÑUELAS, J. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 419, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020419>.

SIDDIQUI, M. H.; AL-KHAISHANY, M. Y.; AL-QUTAMI, M. A.; AL-WHAIBI, M. H.; GROVER, A.; ALI, H. M. et al. Response of different genotypes of faba bean plant to drought stress. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 16, n. 5, p. 10214-10227, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms160510214>.

SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p. ISBN 978-85-7383-430-7.

SILVA, F. H. A. et al. Physiological aspects of melon (*Cucumis melo* L.) as a function of salinity. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 1298-1314, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10190-5>

SREEMAN, S. M.; VIJAYARAGHAVAREDDY, P.; SREEVATHSA, R.; RAJENDRAREDDY, S.; ARAKESH, S.; BHARTI, P.; DHARMAPPA, P.; SOOLANAYAKANAHALLY, R. Introgression of physiological traits for a comprehensive improvement of drought adaptation in crop plants. *Frontiers in Chemistry*, v. 6, p. 92, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00092>.

SOARES, E. A. C. C.; GUIMARÃES, E. R.; SILVA, F. S.; JUSTINO DA COSTA, J.; SILVA, L. I.; RIBEIRO, M. D.; ABREU, S. C. D.; SOUSA, A. E. D. Crescimento e trocas gasosas de plantas de adubação verde sob estresse hídrico. *Scientia Plena*, v. 21, n. 4, 2025. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2025.040201>.

SULLIVAN, C. Y. Mechanism of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In: RAO, N. G. P.; HOUSE, L. R. (ed.). *Sorghum in the seventies*. New Delhi: Oxford & IBH Publishing, 1972. p. 247-264.

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

TRENTI, M.; LORENZI, S.; BIANCHEDI, P. L.; GROSSI, D.; FAILLA, O.; GRANDO, M. S.; EMANUELLI, F. Candidate genes and SNPs associated with stomatal conductance under drought stress in *Vitis*. *BMC Plant Biology*, v. 21, p. 7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02739-z>.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

WANG, S.; ZHOU, H.; HE, Z.; MA, D.; SUN, W.; XU, X.; TIAN, Q. Effects of drought stress on leaf functional traits and biomass characteristics of *Atriplex canescens*. *Plants*, v. 13, p. 2006, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13142006>.

YE, Z. P.; HE, J. Q.; AN, T.; DUAN, S. H.; KANG, H. J.; WANG, F. B. Influences of residual stomatal conductance on the intrinsic water use efficiency of two C3 and two C4 species. *Agricultural Water Management*, v. 306, p. 109136, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109136>.

ZAPATA-GARCÍA, S.; TEMNANI, A.; BERRÍOS, P.; ESPINOSA, P. J.; MONLLOR, C.; PÉREZ-PASTOR, A. Deficit irrigation and biostimulation preconditioning to improve drought resistance in melon. *Agricultural Water Management*, v. 309, p. 109311, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109311>.

ZENG, C. Z.; BIE, Z. L.; YUAN, B. Z. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 595-602, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.019>.

ZHANG, J.; JIANG, H.; SONG, X.; JIN, J.; ZHANG, X. The responses of plant leaf CO₂/H₂O exchange and water use efficiency to drought: a meta-analysis. *Sustainability*, v. 10, p. 551, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10020551>.

ZHANG, X.; YANG, H.; DU, T. Mecanismos acoplados de déficit hídrico e salinidade do solo que afetam o crescimento do fruto do tomate. *Agricultural Water Management*, v. 295, p. 108747, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108747>.

ZHU, X. C.; SONG, F. B.; LIU, S. Q.; LIU, F. L.; LI, X. N. Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient accumulation in wheat exposed to elevated CO₂ and soil salinity. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 181, p. 836-846, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201700575>.