



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

Emerson de Medeiros Sousa

Tolerância e atividade antioxidante de meloeiros sob atenuadores de estresses abióticos

MOSSORÓ

2025

Emerson de Medeiros Sousa

Tolerância e atividade antioxidante de meloeiros sob atenuadores de estresses abióticos

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de sementes

Orientador: Salvador Barros Torres, Prof. Dr.

Coorientadora: Marciana Bizerra de Moraes, Profa. Dra.

MOSSORÓ

2025

© 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.

S725t Sousa, Emerson de Medeiros .
Tolerância e atividade antioxidante de
meloeiros sob atenuadores de estresses abióticos
/ Emerson de Medeiros Sousa. - 2025.
88 f. : il.

Orientador: Salvador Barros Torres.
Coorientadora: Marciana Bizerra de Moraes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnica, 2025.

1. Cucumis melo L.. 2. déficit hídrico. 3.
estresse salino. 4. mitigadores de estresse. 5.
atividade enzimática. I. Torres, Salvador Barros
, orient. II. Moraes, Marciana Bizerra de, co-
orient. III. Título.

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.

Emerson de Medeiros Sousa

Tolerância e atividade antioxidante de meloeiros sob atenuadores de estresses abióticos

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de sementes

Defendida em: 26 / 09 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Salvador Barros Torres
Presidente

Profa. Dra. Marciana Bizerra de Moraes
Membro Examinador

Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito
Membro Examinador

Profa. Dra. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque
Membro Examinador

Dra. Maria Valdigleza de Mesquita Arruda
Membro Examinador

Dra. Kleane Targino Oliveira Pereira
Membro Examinador

*À minha mãe, que sempre se sacrificou para
que eu tivesse a chance de estudar.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Marta e Eduardo, pelo amor e incentivo, a minha irmã Elisângela pela hospedagem e atenção sempre que necessário, a minha esposa Mauryléia por estar sempre ao meu lado para lembrar que o caminho deve ser seguido. Agradeço as minhas meninas, Ana Luísa e Maria Helena, que por inocência, muitas vezes não entendiam os motivos das minhas ausências. Muito obrigado!

Agradeço também à Universidade Federal do Semi-Árido - UFERSA e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de formação e pelo apoio durante todo esse tempo.

Agradeço infinitamente ao meu orientador Prof. Dr. Salvador Barros Torres e à minha coorientadora Dra. Marciana Bizerra de Moraes pela valiosa orientação, sobretudo pela enorme paciência que tiveram comigo, vocês foram fundamentais para que este trabalho fosse realizado.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Análise de Sementes pela parceria e cumplicidade sempre que precisei de ajuda. Em especial, a amiga Giovanna Sousa, Roseane Rodrigues, Moadir Leite, Emerson Serafim, Jéssica Costa, Kleane Targino, Val e Daise Rocha pela dedicação.

Agradeço aos servidores do laboratório, com um agradecimento especial a Sara Carvalho, Clarisse Benedito e Cezôca pelo apoio incondicional.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que este sonho se realizasse. Obrigado!

"O conhecimento não é algo que se recebe, é
algo que se conquista."

Immanuel Kant

RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma cucurbitácea hortícola de grande importância econômica para a região Nordeste do Brasil. Os estresses abióticos estão entre os principais fatores que acarretam redução na produção. Dessa forma, métodos que possibilitem mitigar os efeitos nocivos dos estresses abióticos são extremamente importantes. Com isso, objetivou-se investigar o efeito do tratamento de sementes com diversos atenuadores de estresse na tolerância aos estresses abióticos e destacar métodos que possibilitem a seleção por marcadores bioquímicos e enzimáticos. A pesquisa foi estruturada em dois experimentos, cada um dividido em duas etapas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Na etapa I, utilizou-se o esquema fatorial 3×5 , sendo primeiro fator os níveis de déficit hídrico de 0,0; -0,15 e -0,3 MPa de polietilenoglicol (PEG 6000) e estresse salino (0,0; -0,3 e -0,3 MPa) induzidos por cloreto de sódio (NaCl). O segundo fator contém as cinco cultivares de meloeiro, três do grupo Amarelo: Dali, Supreme e Premier; uma ao grupo Pele de Sapo: Astúria; e outra do grupo Cantaloupe: Imperial 45. Já na etapa II, adotou-se o esquema fatorial 2×7 , considerando no fator I, duas cultivares selecionadas na fase anterior (uma sensível e outra tolerante) e o segundo fator formado pelas combinações entre déficit hídrico e os atenuadores: T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,15 MPa (déficit hídrico), T3 = -0,15 MPa + hidrocondicionamento (12 horas), T4 = -0,15 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,15 MPa + ácido ascórbico, T6 = -0,15 MPa + ácido salicílico e T7 = -0,15 MPa + peróxido de hidrogênio. Já para a salinidade os tratamentos foram: T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,3 MPa (salinidade), T3 = -0,3 MPa + hidrocondicionamento (12 horas), T4 = -0,3 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,3 MPa + ácido ascórbico, T6 = -0,3 MPa + ácido salicílico e T7 = -0,3 MPa + peróxido de hidrogênio. Na primeira etapa foram avaliadas a germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca da parte aérea e raízes de plântulas, aminoácidos livres totais, prolina, açúcares solúveis totais. Na segunda, além das variáveis supracitadas, avaliou-se os conteúdos de citrulina, peróxido de hidrogênio, malondialdeído e a atividades das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. As cultivares Imperial 45 e Dali foram escolhidas como a mais sensível e tolerante, respectivamente, ao déficit hídrico, enquanto a Imperial 45 e Astúria para o estresse salino. Por outro lado, os tratamentos pré-germinativos reduziram os efeitos danosos e aumentaram o vigor e o desempenho das plântulas. Dentre os atenuadores, o peróxido de hidrogênio promoveu o acúmulo de prolina e citrulina, além de aumentar a atividade das enzimas do metabolismo antioxidativo e o ácido salicílico aumentou o comprimento radicular e massa seca das raízes sob déficit hídrico. Os ácidos giberélico e ascórbico reduziram os danos oxidativos e o acúmulo de malondialdeído durante o estresse salino. O déficit hídrico e a salinidade influenciaram de forma semelhante o metabolismo antioxidante das plantas, prejudicando processos fisiológicos e bioquímicos fundamentais para o desenvolvimento inicial. No entanto, a aplicação de atenuadores, especialmente o peróxido de hidrogênio e os ácidos giberélico e salicílico, associada à seleção de cultivares tolerantes, mostrou-se eficaz na mitigação dos estresses abióticos. Conclui-se que os estresses hídrico e salino afetaram a germinação, crescimento e metabolismo das cultivares de meloeiro. A utilização do peróxido de hidrogênio e do ácido salicílico melhoram a germinação, o comprimento e a massa seca das plântulas, acúmulo de solúveis compatíveis, a resposta antioxidativa sob déficit hídrico. O tratamento das sementes com os ácidos giberélico e ascórbico se mostrou eficiente em promover, tanto o aumento da atividade antioxidativa, quanto em diminuir os níveis de malondialdeído das plântulas de meloeiro submetidas à salinidade.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L.; déficit hídrico; estresse salino; mitigadores de estresse; atividade enzimática.

ABSTRACT

The melon (*Cucumis melo* L.) is a cucurbit horticultural crop of great economic importance for the Northeast region of Brazil. Abiotic stresses are among the main factors that lead to reduced production. Therefore, methods that allow mitigating the harmful effects of abiotic stresses are extremely important. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of seed treatment with various stress attenuators on tolerance to abiotic stresses and to highlight methods that allow selection by biochemical and enzymatic markers. The research was structured in two experiments each divided into two stages. A completely randomized design was used, with four replicates of 50 seeds. In stage I, a 3×5 factorial scheme was used, with the first factor being the water deficit levels of 0.0; -0.15 and -0.3 MPa of polyethylene glycol (PEG 6000) and salt stress (0.0; -0.3 and -0.3 MPa) induced by sodium chloride (NaCl). The second factor contains the five melon cultivars, three from the Yellow group: Dali, Supreme and Premier; one from the Pele de Sapo group: Asturia; and another from the Cantaloupe group: Imperial 45. In stage II, the 2×7 factorial scheme was adopted, considering in factor I, two cultivars selected in the previous stage (one sensitive and the other tolerant) and the second factor formed by the combinations between water deficit and attenuators: T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.15 MPa (water deficit), T3 = -0.15 MPa + hydroconditioning (12 hours), T4 = -0.15 MPa + gibberellic acid, T5 = -0.15 MPa + ascorbic acid, T6 = -0.15 MPa + salicylic acid and T7 = -0.15 MPa + hydrogen peroxide. As for salinity, the treatments were: T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.3 MPa (salinity), T3 = -0.3 MPa + hydroconditioning (12 hours), T4 = -0.3 MPa + gibberellic acid, T5 = -0.3 MPa + ascorbic acid, T6 = -0.3 MPa + salicylic acid and T7 = -0.3 MPa + hydrogen peroxide. In the first stage, germination, germination speed index, length and dry mass of the shoot and roots of seedlings, total free amino acids, proline, and total soluble sugars were evaluated. In the second stage, in addition to the variables, the contents of citrulline, hydrogen peroxide, malondialdehyde and the activity of superoxide dismutase, catalase, and ascorbate peroxidase enzymes. The cultivars Imperial 45 and Dali were chosen as the most sensitive and tolerant, respectively, to the water deficit, while Imperial 45 and Asturia were the most tolerant to saline stress. On the other hand, pre-germination treatments reduced the damaging effects and increased seedling vigor and performance. Among the attenuators, hydrogen peroxide promoted the accumulation of proline and citrulline, in addition to increasing the activity of antioxidant metabolism enzymes, and salicylic acid increased root length and root dry mass under water deficit. Gibberellic and ascorbic acids reduced oxidative damage and malondialdehyde accumulation during salt stress. Water deficit and salinity similarly influenced the antioxidant metabolism of plants, impairing physiological and biochemical processes essential for early development. However, the application of attenuators, especially hydrogen peroxide and gibberellic and salicylic acids, associated with the selection of tolerant cultivars, proved to be effective in mitigating abiotic stresses. It was concluded that water and saline stresses affected the germination, growth and metabolism of melon cultivars. The use of hydrogen peroxide and salicylic acid improved germination, seedling length and dry mass, accumulation of compatible solubles, and the antioxidant response under water deficit. Seed treatment with gibberellic and ascorbic acids proved to be efficient in promoting both an increase in antioxidant activity and in decreasing the levels of malondialdehyde in melon seedlings subjected to salinity.

Keywords: *Cucumis melo* L.; water deficit; saline stress; stress mitigators; enzymatic activity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	– Comprimento de raiz de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em função de diferentes potenciais osmóticos 31
Figura 2	– Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação dos níveis de déficit hídrico (H) e cultivares (C) de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.). Sendo, H0 = 0,0 MPa; H2 = -0,3 MPa; C1 = Dali; C2 = Supreme; C3 = Imperial 45; C4 = Asturia e C5 = Premier. 34
Figura 3	– Germinação (A) e índice de velocidade de germinação – IVG (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 36
Figura 4	– Comprimento de radícula (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 37
Figura 5	– Massa seca da raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 38
Figura 6	– Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres totais (B), prolina livre (C) e citrulina (D) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 39

Figura 7	–	Peróxido de hidrogênio (A) e peroxidação lipídica expressa pelo teor de malondialdeído (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador; déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).	41
Figura 8	–	Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase – CAT (B e C) e ascorbato peroxidase – APX (D) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador; déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).	43
Figura S1		Determinação da curva de embebição em sementes de cultivares de <i>Cucumis melo</i> L. à 25 °C.	88

CAPÍTULO 3

Figura 1	–	Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação dos níveis de salinidade (S) e cultivares (C) de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.). Sendo, N0 = 0,0 MPa; N2 = -0,6 MPa; C1 = Dali; C2 = Supreme; C3 = Imperial 45; C4 = Asturia e C5 = Premier	66
Figura 2	–	Germinação (A e C) e índice de velocidade de germinação – IVG (B e D) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	68
Figura 3	–	Comprimento de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H);	

	estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	69
Figura 4	– Massa seca de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.....	70
Figura 5	– Açúcares solúveis totais (A), Aminoácidos livres totais (B), Prolina livre (C) e Citrulina (D) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ...	71
Figura 6	– Peróxido de hidrogênio (A e C) e peroxidação lipídica expressa pelo teor de malondialdeído (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade	73
Figura 7	– Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A e B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino +	

	hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH).	74
Figura 8	– Atividade das enzimas catalase – CAT (A) e ascorbato peroxidase - APX (B) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH).	75
Figura S1	Determinação da curva de embebição em sementes de cultivares de <i>Cucumis melo</i> L. à 25 °C.	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	– Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do déficit hídrico.	30
Tabela 2	– Médias da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico.	30
Tabela 3	– Médias do comprimento da parte aérea (CPA) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico.	31
Tabela 4	– Médias das massas secas da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico.	32
Tabela 5	– Resumo da análise de variância para a açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do déficit hídrico.	32
Tabela 6	– Médias de açúcares solúveis totais (AST) e aminoácidos livres totais (ALT) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico.	33
Tabela 7	– Médias de prolina livre (PRO) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) sob diferentes níveis de déficit hídrico.	33

Tabela 8	– Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimentos da raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de <i>Cucumis melo</i> L. em função do tratamento com atenuadores.	35
Tabela 9	– Resumo da análise de variância para açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT), prolina livre (PRO) e citrulina (CIT) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do tratamento com atenuadores.	38
Tabela 10	– Resumo da análise de variância para peróxido de hidrogênio (PH), malondialdeído (MDA), superóxido dismutase (SOD) catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do tratamento com atenuadores.	40

CAPÍTULO 3

Tabela 1	– Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do estresse salino.	63
Tabela 2	– Médias da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em função do estresse salino.	63
Tabela 3	– Médias dos comprimentos de raiz (CR) e parte aérea (CPA) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em função do estresse salino.	64
Tabela 4	– Médias das Massas secas de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em função do estresse salino.	64
Tabela 5	– Resumo da análise de variância para a açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do estresse salino.	65
Tabela 6	– Médias da quantificação de açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de meloeiro (<i>Cucumis melo</i> L.) em função do estresse salino.	65
Tabela 7	– Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimentos da raiz (CR) e parte aérea (CPA), massas	

secas da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do tratamento com atenuadores. 67

Tabela 8	–	Resumo da análise de variância para peróxido de hidrogênio (PH), malondialdeído (MDA), superóxido dismutase (SOD) catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) de cultivares de <i>Cucumis Melo</i> L. em função do tratamento com atenuadores.	72
----------	---	---	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 2	21
2 TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MELOEIROS SOB ATENUADORES DE DÉFICIT HÍDRICO	21
RESUMO	21
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.2.1 Etapa I	25
2.2.2 Etapa II	27
2.2.3 Análise estatística	29
2.3 RESULTADOS	29
2.3.1 Etapa I	29
2.3.2 Etapa II	34
2.4 DISCUSSÃO	43
2.4.1 Etapa I	43
2.4.2 Etapa II	44
2.5 CONCLUSÕES	48
2.6 REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 3	55
3 TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MELOEIRO SOB ATENUADORES DE ESTRESSE SALINO	55
RESUMO	55
3.1 INTRODUÇÃO	57
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	58
3.2.1 Etapa I	59
3.2.2 Etapa II	60
3.2.3 Análise estatística	62
3.3 RESULTADOS	62
3.3.1 Etapa I	62
3.3.2 Etapa II	67
3.4 DISCUSSÃO	75
3.4.1 Etapa I	75
3.4.2 Etapa II	76
3.5 CONCLUSÕES	80
3.6 REFERÊNCIAS	80
ANEXO – CURVA DE EMBEBIÇÃO	88

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma espécie pertencente à família Cucurbitaceae, apresenta grande importância econômica, sendo largamente cultivado em várias regiões do mundo, principalmente na região Nordeste do Brasil (Melo et al. 2022). Os frutos têm destaque na alimentação humana por apresentarem além de sabor e aroma apetitosos, grande valor nutricional e terapêutico (Nguyen et al. 2024; Rehman et al. 2024).

O cultivo de meloeiro é fortemente influenciado por fatores edafoclimáticos, como temperaturas acima dos 30° C, luminosidade e características do solo, além da baixa pluviosidade, que reduz o risco de doenças. Esses fatores combinados podem aumentar a produtividade plantas e a qualidade comercial dos frutos (Silva et al. 2022).

Atualmente, a China domina a produção mundial de melão, respondendo por aproximadamente 49% do total global, seguida por Índia e Turquia (FAOSTAT, 2023). O Brasil ocupa a quinta posição, com produção total de 862.387 toneladas e produtividade média de 28.242 kg/hectare. Aproximadamente 98% da produção nacional é oriunda da região Nordeste, tendo o Rio Grande do Norte como o maior produtor, seguido pelos estados da Bahia e Ceará (IBGE, 2023).

O clima semiárido, predominante na região Nordeste do Brasil, é marcado pela distribuição irregular e sazonal das chuvas ao longo do ano. Tais condições comprometem a disponibilidade de água e contribuem para a salinização do solo e das fontes hídricas, dificultando o manejo de diferentes culturas (Almeida et al. 2024; de Oliveira Aparecido et al. 2022). Em virtude das mudanças climáticas, há a intensificação de fatores abióticos que levam ao quadro de estresse, principalmente o déficit hídrico e a salinidade, ocasionando efeitos adversos para os diferentes cultivos agrícolas (Salvador et al. 2021).

O estresse causado pela seca ou escassez hídrica é um dos problemas mais relevantes para o desenvolvimento das culturas, já que a água é recurso limitante durante todo o ciclo de produção, em especial durante a fase de germinação (Bhatt et al. 2022). Nesta fase, a completa reidratação dos tecidos, translocação de metabólitos, reativação do metabolismo e o crescimento e multiplicação celular, processos cruciais para a sobrevivência e estabelecimento da plântula, dependem direta ou indiretamente de aporte adequado de água (Lima et al. 2018).

A elevada demanda pelos recursos hídricos no semiárido brasileiro leva à utilização das fontes disponíveis na região, forçando os produtores a usarem águas com variados níveis de salinidade em suas plantações (Sousa et al. 2023). Assim como no déficit hídrico, a magnitude dos prejuízos causados pelo estresse salino é afetada por diversos fatores ligados ao genótipo,

etapa de desenvolvimento, intensidade e intervalo da exposição aos sais, além de processos fisiológicos, como capacidade fotossintética e trocas gasosas (Alencar et al. 2022; Oliveira; Oliveira, 2023).

Isoladamente ou em combinação, os estresses hídrico e salino podem contribuir para diminuição da produtividade das culturas, como resultado do impacto inicial sobre os processos fisiológicos. Por outro lado, as plantas conseguem desenvolver respostas metabólicas primárias por meio da produção de metabólitos, como carboidratos, aminoácidos e poliaminas, que possuem diversos efeitos protetivos em situações de estresses abióticos moderados (Zandalinas et al. 2022).

A exposição a agentes potencialmente estressores desencadeia modificações metabólicas nos vegetais, incluindo a geração massiva de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Hasanuzzaman et al. 2020). Estas moléculas são derivadas do oxigênio molecular (O_2) e possuem alta reatividade, causando a oxidação de lipídios, proteínas, DNA e outros componentes celulares, sendo tal condição denominada estresse oxidativo (Mittler et al. 2022; Zulfikar; Ashraf, 2023). Por outro lado, as EROs desempenham papel importante na percepção, sinalização e ativação dos mecanismos de defesa das plantas, com o objetivo de ajustar o metabolismo e favorecer a aclimação (Choudhury et al. 2017).

De um modo geral, o desempenho das plantas é afetado quando há estresse oxidativo em virtude dos sérios danos celulares acumulados, especialmente os relacionados a degradação de ácidos graxos da membrana plasmática (Chowdhary; Songachan, 2025). Para reduzir os danos oxidativos, as plantas intensificam a atividade de seus sistemas antioxidantes, tanto enzimáticos quanto não enzimáticos (Ahmad et al. 2010). Fazem parte do sistema enzimático um conjunto variado de enzimas, dentre as quais, a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) que agem em conjunto para eliminar as espécies reativas de oxigênio (Rajput et al. 2021)

Assim, entender os processos fisiológicos de regulação e sinalização que possibilitem às plantas tolerarem os estresses abióticos são fundamentais para proporcionar estratégias que assegurem a produtividade das culturas, mesmo em condições desfavoráveis (Mishra et al. 2023). No entanto, também é importante compreender que o impacto dos estresses abióticos nas plantas depende diretamente do estágio de desenvolvimento, pois os efeitos negativos tendem a ser mais pronunciados durante a fase de germinação das sementes e estabelecimento das plântulas (Ghosh et al. 2025; Tamindzic et al. 2025).

Várias técnicas são utilizadas no intuito de melhorar a tolerância das plantas aos estresses abióticos. Embora os métodos tradicionais de melhoramento exijam mais tempo e

esforço, estes são eficazes na criação de genótipos tolerantes. Em contrapartida, as técnicas modernas empregam a manipulação genética para alcançar o mesmo objetivo, mas com um custo elevado (Johnson; Puthur, 2021). Assim, o desenvolvimento de técnicas que permitam mitigar os efeitos dos estresses abióticos e que sejam acessíveis ao produtor é um grande desafio. Todavia, vários estudos têm sido conduzidos com esse intuito, dentre estes, os que abordam o tratamento pré-germinativo de sementes têm se mostrado bastante promissores.

O tratamento de sementes com atenuadores envolve a exposição das sementes a compostos que podem afetar o metabolismo pré-germinativo, melhorando a germinação, o desenvolvimento inicial das plântulas, a resistência e a produtividade, mesmo em condições ambientais desfavoráveis (Louis; Dhankher; Puthur, 2023).

Dentre as técnicas mais estudadas para o condicionamento de sementes destaca-se o hidrocondicionamento. Esta prática envolve a imersão controlada das sementes em água o que ativa o seu metabolismo sem que ocorra a emissão da raiz primária (Rhaman et al. 2020). Vários estudos mostram que essa técnica melhora a emergência e a produtividade em relação às sementes não tratadas, além de constituir-se em alternativa economicamente vantajosa para os produtores (Thakur et al. 2022).

O uso de substâncias naturais e sintéticas para aumentar a germinação e o potencial de crescimento inicial é outro procedimento bastante utilizado na preparação de sementes. Compostos como os ácidos giberélico (AG), ascórbico (ASC) e salicílico (AS), são utilizados em várias culturas, incluindo cucurbitáceas, com resultados satisfatórios (Jarrar et al. 2024; Ma et al. 2018; Silva et al. 2023; Sun et al. 2016).

Esses compostos desempenham diversas funções na regulação de vias e processos metabólicos, incluindo o controle do balanço iônico, indução da produção de osmorreguladores, regulação hormonal e modulação da atividade enzimática do sistema antioxidante (Feng et al. 2023). Ademais, a aplicação exógena de AS eleva os níveis endógenos deste composto e reduz os efeitos do estresse oxidativo em plantas de meloeiro (Song et al. 2022).

De modo geral, o tratamento pré-germinativo de sementes com atenuadores deve ser visto como estratégia eficaz para melhorar o desempenho e a resistência das cultivares de meloeiro aos estresses hídrico e salino, sobretudo nas etapas iniciais de desenvolvimento.

Considerando as demandas atuais dos produtores rurais situados na região semiárida do Brasil, marcada pela escassez de água e salinização dos solos, este estudo tem como objetivo investigar o efeito de diversos atenuadores de estresse no pré-tratamento de sementes. Entre esses atenuadores estão o hidrocondicionamento, ácido ascórbico, ácido salicílico, ácido giberélico e peróxido de hidrogênio. O foco é analisar a tolerância a estresses abióticos em

cultivares de meloeiro, visando melhorar a germinação e o crescimento das plântulas. Ademais, procura-se criar métodos de estudo que possibilitem a seleção assistida por marcadores bioquímicos e enzimáticos para a preservação das plântulas em condições adversas.

1.1 REFERÊNCIAS

AHMAD, P. et al. Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 30, n. 3, p. 161–175, 2010. <https://doi.org/10.3109/07388550903524243>.

ALENCAR, S. D. S. et al. Seleção de genótipos do gênero *Manihot* tolerantes à salinidade durante estabelecimento inicial. **Scientia Plena**, v. 18, n. 3, p. 2022, 2022. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.031502>.

ALMEIDA, T. A. B. et al. Hydrogeological trends in an alluvial valley in the Brazilian semiarid: Impacts of observed climate variables change and exploitation on groundwater availability and salinity. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 53, p. 101784, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101784>.

BHATT, A. et al. Water Stress Inhibits Germination While Maintaining Embryo Viability of Subtropical Wetland Seeds: A Functional Approach With Phylogenetic Contrasts. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.906771>.

CHOUDHURY, F. K. et al. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 856–867, 2017. <https://doi.org/10.1111/tpj.13299>.

CHOWDHARY, N. A.; SONGACHAN, L. S. Plant Peptides Involved in ROS Signalling and Biotic and Abiotic Stress Responses. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 31, n. 3, p. 53, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10989-025-10711-4>.

DE OLIVEIRA APARECIDO, L. E. et al. Soil water seasonal and spatial variability in Northeast Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 24, n. 5, p. 6136–6152, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01695-4>.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 5 jun. 2025.

FENG, D. et al. Categories of exogenous substances and their effect on alleviation of plant salt stress. **European Journal of Agronomy**, v. 142, p. 126656, 2023. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2022.126656>.

GHOSH, T. et al. Hormonal signaling at seed germination and seedling stage of plants under salinity stress. **Plant Growth Regulation**, v. 105, p. 583–600, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-025-01305-7>. Acesso em: 9 jun. 2025.

HASANUZZAMAN, M. et al. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. **Antioxidants** 2020, Vol. 9, Page 681, v. 9, n. 8, p. 681, 2020. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX9080681>.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 5 jun. 2025.

JARRAR, H. et al. Seed priming as a promising technique for sustainable restoration of dryland. **Restoration Ecology**, v. 32, n. 6, p. e14182, 2024. <https://doi.org/10.1111/rec.14182>.

JOHNSON, R.; PUTHUR, J. T. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 247–257, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034>.

LIMA, A. T. et al. Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrader.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination?. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 36–43, 2018. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1182838>.

LOUIS, N.; DHANKHER, O. P.; PUTHUR, J. T. Seed priming can enhance and retain stress tolerance in ensuing generations by inducing epigenetic changes and trans-generational memory. **Physiologia Plantarum**, v. 175, n. 2, p. e13881, 2023. <https://doi.org/10.1111/PPL.13881>.

MA, H.-Y. et al. A Multi-year Beneficial Effect of Seed Priming with Gibberellic Acid-3 (GA3) on Plant Growth and Production in a Perennial Grass, *Leymus chinensis*. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 13214, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31471-w>.

MELO, T. K. de et al. Future Emission Scenario Effects on Melon Cultivars (*Cucumis melo* L.) in the Brazilian Semi-Arid Region. **Agronomy**, v. 12, n. 11, p. 2890, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112890>.

MISHRA, N. et al. Achieving abiotic stress tolerance in plants through antioxidative defense mechanisms. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1110622, 2023. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1110622/XML/NLM>.

MITTLER, R. et al. Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 23, n. 10, p. 663–679, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41580-022-00499-2>.

NGUYEN, P. D. T. et al. Abiotic stress responses in melon (*Cucumis melo*): Emerging underlying molecular mechanisms and biotechnological advances to cope with the issue. **Annals of Applied Biology**, v. 185, n. 1, p. 4–10, 2024. <https://doi.org/10.1111/aab.12919>.

OLIVEIRA, Leandra Brito de; OLIVEIRA, Luziléa Brito de. Effects of water salinization on tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*). **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 10, n. 2, p. 015–021, 2023. <https://doi.org/10.22161/ijaers.102.2>.

RAJPUT, V. D. et al. Recent Developments in Enzymatic Antioxidant Defence Mechanism in Plants with Special Reference to Abiotic Stress. **Biology**, v. 10, n. 4, p. 267, 2021. <https://doi.org/10.3390/biology10040267>.

REHMAN, A. et al. Exploring drought tolerance in melon germplasm through physiochemical and photosynthetic traits. **Plant Growth Regulation**, v. 102, n. 3, p. 603–618, 2024. <https://doi.org/10.1007/S10725-023-01080-3/FIGURES/5>.

RHAMAN, M. S. et al. Seed Priming Methods: Application in Field Crops and Future Perspectives. **Asian Journal of Research in Crop Science**, v. 5, n. 2, p. 8–19, 2020. <https://doi.org/10.9734/ajrcs/2020/v5i230091>.

SALVADOR, R. K. da S. et al. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2369–2390, 2021. Disponível em: Acesso em: 4 jun. 2025.

SILVA, R. de S. et al. Diagnóstico bioclimático para produção de melão no município de Patos – PB. **Brazilian Journal of Development**, n. 8, p. 59140–59146, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n8-278>.

SILVA, J. M. et al. Exogenous salicylic acid alleviates water stress in watermelon plants. **Annals of Applied Biology**, v. 182, n. 1, p. 121–130, 2023. <https://doi.org/10.1111/AAB.12802>.

SONG, W. et al. A low concentration of exogenous salicylic acid enhances cold tolerance in Hami melons (*Cucumis melo* var. *saccharinus*) by modulating salicylic acid-response CmGST genes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 193, p. 112034, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2022.112034>.

SOUSA, G. G. de et al. Production of watermelon seedlings in different substrates under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 343–351, 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p343-351>.

SUN, Y. et al. Exogenous application of hydrogen peroxide alleviates drought stress in cucumber seedlings. **South African Journal of Botany**, v. 106, p. 23–28, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.05.008>.

TAMINDZIC, G. et al. Effect of peg-induced drought stress on seed germination and initial growth of three cucumber cultivars. **Zbornik Matice srpske za prirodne nauke**, n. 148, p. 71–81, 2025. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN2548071T>.

THAKUR, M. et al. Recent advances in seed priming strategies for enhancing planting value of vegetable seeds. **Scientia Horticulturae**, v. 305, p. 111355, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111355>.

ZANDALINAS, S. I. et al. Plant responses to climate change: metabolic changes under combined abiotic stresses. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 11, p. 3339–3354, 2022. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac073>.

ZULFIQAR, F.; ASHRAF, M. Proline Alleviates Abiotic Stress Induced Oxidative Stress in Plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 8, p. 4629–4651, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10839-3>.

CAPÍTULO 2

2 TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MELOEIROS SOB ATENUADORES DE DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

As regiões áridas e semiáridas são comumente afetadas pela baixa disponibilidade hídrica o que dificulta o desenvolvimento das espécies agrícolas, sobretudo as hortícolas como o meloeiro (*Cucumis melo* L.). Nesse contexto, o aprimoramento de técnicas que possibilitam a compreensão dos aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas, bem como os mecanismos de tolerância à seca, é essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes. Dessa forma, objetivou-se avaliar a tolerância e a atividade antioxidante de diferentes cultivares de meloeiro, utilizando o tratamento de sementes para minimizar os efeitos da escassez hídrica. O experimento foi realizado em duas etapas, ambas empregando o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Na primeira fase, utilizou-se o esquema fatorial 3×5 , combinando três níveis de déficit hídrico (0,0; -0,15 e -0,3 MPa) induzidos pelo polietilenoglicol (PEG 6000) e cinco cultivares de meloeiro: Dali, Supreme e Premier (grupo Amarelo); Asturia (grupo Pele de Sapo) e Imperial 45 (grupo Cantaloupe). Nesta etapa foram obtidos os valores para germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea, conteúdo de açúcares solúveis totais, aminoácidos livres totais, e prolina. Os dados morfológicos e bioquímicos obtidos na primeira etapa foram categorizados após análise de cluster para a seleção de duas cultivares, uma sensível (Imperial 45) e outra tolerante (Dali) ao déficit hídrico. A segunda etapa foi constituída pelas duas cultivares selecionadas anteriormente, submetidas à combinação entre o déficit hídrico e os atenuadores: T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,15 MPa (déficit hídrico), T3 = -0,15 MPa + hidrocondicionamento (12 horas), T4 = -0,15 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,15 MPa + ácido ascórbico e T6 = -0,15 MPa + ácido salicílico e T7 = -0,15 MPa + peróxido de hidrogênio. Além das variáveis analisadas na primeira etapa, também foram avaliadas o teor de citrulina e a atividade antioxidante por meio da quantificação dos níveis de peróxido de hidrogênio e malondialdeído, bem como a atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. No geral, o hidrocondicionamento das sementes se mostrou eficiente em promover o acúmulo de osmólitos como a prolina e a citrulina, além de aumentar a atividade das enzimas do metabolismo antioxidativo. Por outro lado, o ác. salicílico aliviou o efeito do estresse hídrico sobre a germinação, o comprimento e a massa seca das plântulas na cv. Dali. Para a cultivar sensível (Imperial 45), o peróxido de hidrogênio usado no pré-tratamento de sementes de meloeiro diminuiu a produção e acúmulo do H_2O_2 , principalmente pela ação do sistema antioxidante enzimático nas células, possibilitando uma melhor capacidade germinativa durante o déficit hídrico.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L.; Cucurbitaceae; estresse abiótico; pré-germinativos; antioxidantes.

2 TOLERANCE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MELON PLANTS UNDER WATER DEFICIT ATTENUATORS

ABSTRACT

Arid and semiarid regions are commonly affected by low water availability, which impacts the development of agricultural species, especially vegetables such as melon (*Cucumis melo* L.). In this context, improving techniques that enable understanding of the physiological and biochemical aspects of plants, as well as drought tolerance mechanisms, is essential for developing more effective management strategies. Therefore, the objective was to evaluate tolerance and antioxidant activity, in addition to proposing trait-based selection strategies for different melon cultivars, using seed treatments to minimize the effects of water scarcity. The experiment was conducted in two stages, both using a completely randomized design, with four replicates of 50 seeds. In the first phase, a 3×5 factorial design was used, combining three levels of water deficit (0.0, -0.15, and -0.3 MPa) induced by polyethylene glycol (PEG 6000) and five melon cultivars: Dali, Supreme, and Premier (Yellow group); Asturia (Pele de Sapo group), and Imperial 45 (Cantaloupe group). In this stage, the values for germination, germination speed index, root and shoot length, root and shoot dry weight, total soluble sugar content, total free amino acids, and proline were obtained. The morphological and biochemical data obtained in the first stage were categorized after cluster analysis to select two cultivars, one sensitive (Imperial 45) and the other tolerant (Dali) to water deficit. The second stage consisted of the two previously selected cultivars, subjected to a combination of water deficit and attenuators: T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.15 MPa (water deficit), T3 = -0.15 MPa + hydroconditioning (12 hours), T4 = -0.15 MPa + gibberellic acid, T5 = -0.15 MPa + ascorbic acid, T6 = -0.15 MPa + salicylic acid, and T7 = -0.15 MPa + hydrogen peroxide. In addition to the variables analyzed in the first stage, citrulline content and antioxidant activity were also evaluated by quantifying hydrogen peroxide and malondialdehyde levels, as well as the activity of superoxide dismutase, catalase, and ascorbate peroxidase enzymes. Overall, seed hydropriming proved effective in promoting the accumulation of osmolytes such as proline and citrulline, in addition to increasing the activity of antioxidant metabolism enzymes. On the other hand, salicylic acid alleviated the effect of water stress on germination, seedling length, and dry mass in the Dali cultivar. For the sensitive cultivar (Imperial 45), hydrogen peroxide used in melon seed pretreatment reduced H_2O_2 production and accumulation, primarily through the action of the enzymatic antioxidant system in the cells, enabling improved germination capacity during water deficit.

Keywords: *Cucumis melo* L.; Cucurbitaceae; abiotic stress; pre-germinatives; antioxidants.

2.1 INTRODUÇÃO

Os cultivos agrícolas são fortemente influenciados pelo dinamismo ambiental, que em muitas situações, proporciona condições desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal. A limitação da disponibilidade hídrica, comum nas regiões áridas e semiáridas, destaca-se como um dos principais fatores que comprometem a distribuição e a produtividade de diferentes espécies agrícolas (Liu, et al., 2022).

A água é essencial para o cultivo de plantas, condicionando diferentes fases do desenvolvimento, principalmente a germinação das sementes. Neste contexto, a baixa oferta hídrica durante a semeadura compromete o estabelecimento das plântulas e consequentemente, o crescimento e a produtividade (Reed; Bradford; Khanday, 2022).

O cultivo do meloeiro (*Cucumis melo L.*) é uma importante atividade econômica em diversas regiões do mundo. No Brasil, a região Nordeste contribui com aproximadamente 98% da produção nacional, com destaque para os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco (Valnir Júnior et al., 2022). De acordo com o IBGE (2023), foram produzidas 604.556 toneladas, o que gerou uma receita de 823.025 reais, sendo o município de Mossoró-RN o maior produtor do Nordeste. Deste montante, a variedade Amarela é a mais cultivada devido à resistência ao manuseio e transporte, além de apresentar maior resistência às doenças pós-colheita (Nogueira, 2021).

Devido à área produtiva estar predominantemente inserida no clima semiárido, a limitação hídrica torna-se um desafio constante para os produtores. Tal condição limita a manifestação de caracteres agronômicos e fisiológicos essenciais à produção, inclusive na cultura do melão (Farias et al., 2025). Conforme demonstrado por Seymen et al. (2025), em diferentes genótipos de meloeiro, houve uma redução de 42% na produtividade após redução de 50% no aporte de água.

Estudos com cucurbitáceas indicam que essas plantas acionam uma combinação de respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares que contribuem para tolerância à seca, destacando-se crescimento radicular, o fechamento estomático, o acúmulo de citrulina e a expressão de genes ligados ao déficit hídrico são respostas comuns a esse tipo de estresse (Malambane et al., 2023). No entanto, tais mecanismos podem não ser os únicos responsáveis pela tolerância no meloeiro.

A análise sistemática desses processos em diversas espécies vegetais tem possibilitado a identificação dos principais agentes reguladores. Entre estes, ferramentas enzimáticas e não enzimáticas, como o acúmulo de osmorreguladores e enzimas antioxidantes, são de suma

importância, pois desempenham papel relevante no ajustamento ao déficit hídrico (Ali et al., 2019; Bhutto; Osborne; Quick, 2023; Ozturk et al., 2021).

Quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, como o déficit hídrico, as plantas sofrem estresse oxidativo, caracterizado pela elevação da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), incluindo o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e outras moléculas altamente reativas geradas como subproduto dos processos metabólicos respiratórios e fotossintéticos nas plantas (Mansoor et al., 2022). Essas EROs, quando produzidas em grande quantidade, são nocivas ao funcionamento de estruturas celulares, como a membrana plasmática (Sharma et al., 2023).

No contexto da tecnologia de sementes, a utilização de agentes atenuadores dos efeitos nocivos associados ao déficit hídrico principalmente durante a germinação, parece uma opção promissora (Carvalho et al., 2023). Algumas substâncias reguladoras nas plantas, como os ácidos salicílico (AS), ascórbico (ASC) e giberélico (AG), estimulam o sistema de defesa contra os efeitos deletérios da escassez hídrica, contribuindo para o aumento da tolerância (Feng et al., 2024; Souza Neta et al., 2024).

O entendimento comum sobre o que caracteriza a tolerância à seca é que diversas características são imprescindíveis para evitar danos bioquímicos ou fisiológicos durante a escassez de água (Laxa et al., 2019). Neste sentido, a concentração de esforços na busca por ferramentas de seleção e melhoramento, além de estudos bioquímicos e moleculares, são perspectivas importantes na tentativa de obtenção de marcadores que possam indicar plantas capazes de manter sua produção mesmo quando cultivadas em ambientes desfavoráveis.

Portanto, o pré-tratamento de sementes de meloeiro com atenuadores pode aprimorar a tolerância das plantas, tornando a atividade antioxidante mais elevada, minimizando os prejuízos provocados pelo déficit hídrico. Dessa forma, a hipótese proposta no trabalho é que o pré-tratamento de sementes de meloeiro com agentes atenuadores, como hidrocondicionamento e aplicação de reguladores de crescimento, potencializa a tolerância das plantas ao déficit hídrico nos estágios iniciais de desenvolvimento, por meio da ativação de mecanismos antioxidantes e da expressão de marcadores fisiológicos e bioquímicos associados à resistência ao estresse.

Por fim, objetivou-se foi avaliar o efeito de pré-tratamentos de sementes com agentes atenuadores sobre a tolerância ao déficit hídrico em cultivares de meloeiro, com foco na atividade antioxidante e em marcadores fisiológicos e bioquímicos, bem como indicar estratégias de seleção direcionada por marcadores bioquímicos, após o pré-tratamento das

sementes com atenuadores de estresse, no intuito de superar as restrições impostas pelo déficit hídrico.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) pertencente ao Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró/RN, Brasil (5°11' S e 37°20' W, e 18 m altitude).

O estudo foi estruturado em duas etapas sucessivas. Na primeira, projetou-se a seleção de duas cultivares, uma tolerante e outra sensível ao déficit hídrico, dentre as cinco testadas no experimento. Paralelamente, também foi verificado o nível de déficit hídrico a ser utilizado na segunda etapa. Nesta, por sua vez, foi analisada a atividade do sistema antioxidante enzimático da espécie, bem como o efeito da utilização de tratamentos pré-germinativos com atenuadores nas sementes e posterior exposição ao déficit hídrico.

2.2.1 Etapa I

Na primeira etapa o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com quatro repetições de 50 sementes, sendo o primeiro fator constituído por três níveis de déficit hídrico (0,0; -0,15; -0,3 MPa) e o segundo formado pelas cinco cultivares de meloeiro: Dali, Supreme e Premier (grupo Amarelo); Asturia (grupo Pele de Sapo) e Imperial 45 (grupo Cantaloupe).

As sementes foram disponibilizadas pelas empresas Sakata Seed Sudamerica e Isla Sementes para a realização dos trabalhos. No momento do recebimento das sementes, determinou-se o grau de umidade pelo método da estufa, a uma temperatura de 105 ± 3 °C por 24 horas (Brasil, 2025). Para isso, utilizou-se duas repetições de 25 sementes para cada cultivar. Após esse período foram pesadas e os resultados expressos em porcentagem (base úmida).

As sementes das cinco cultivares foram distribuídas em folhas de papel toalha para germinação, umedecidos com água destilada (0,0 MPa - controle) e soluções de PEG 6000 e água destilada, com os potenciais osmóticos de -0,15 e -0,3 MPa (Villela; Doni Filho; Sequeira, 1991), na proporção de duas vezes o peso seco dos papeis (Brasil, 2025). Em seguida, as folhas de papel foram organizadas em rolos e acondicionados em germinador *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a 25 °C, com fotoperíodo de 8 horas. Ao final do teste, foram avaliadas as seguintes variáveis:

a) Germinação (G): obtida pela porcentagem de plântulas normais produzidas ao final do oitavo dia após a semeadura (Brasil, 2025).

b) Índice de velocidade de germinação (IVG): foram realizadas contagens diárias do número de plântulas normais e o cálculo seguiu-se as recomendações de Maguire, (1962).

c) Comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA) das plântulas: ao final do teste de germinação, foram medidos com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo utilizadas aleatoriamente 10 plântulas normais por repetição. Os resultados foram expressos em cm.plântula^{-1}

d) Massa seca de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA): as plântulas usadas para a determinação dos comprimentos foram seccionadas na raiz e parte aérea e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel kraft para secar em estufa de circulação de ar forçada, a 65 °C. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão (0,0001g) e os resultados expressos em mg.plântula^{-1} .

Determinações bioquímicas

O restante do material fresco foi armazenado em ultrafreezer (-80 °C) para posterior obtenção do extrato bruto. O material vegetal passou por maceração manual em nitrogênio líquido (-196 °C), sendo, em seguida, separado em triplicatas contendo aproximadamente 0,2 g do material macerado. Cada uma das amostras foi acondicionada em tubo plástico hermético e diluída em 1 mL de etanol a 60% (v/v), seguido de aquecimento em banho-maria a 60 °C por 20 minutos. Transcorrido esse tempo, os tubos foram centrifugados (4 °C, 10.000 RPM) por 10 minutos. Em seguida, o sobrenadante foi coletado e o resíduo utilizado em mais duas extrações, totalizando 3 mL de extrato.

O sobrenadante foi utilizado para a determinação das seguintes variáveis:

a) Açúcares solúveis totais (AST): determinado pelo método da antrona (Yemm; Willis, 1954), tendo a glicose como substância padrão e os resultados expressos em $\mu\text{mol de GLU g}^{-1}$ de massa fresca.

b) Aminoácidos livres totais (AALT): obtido pelo método da ninhidrina ácida (Yemm; Cocking; Ricketts, 1955), tendo como base a curva padrão da glicina e os resultados expressos em $\mu\text{mol de GLY g}^{-1}$ de massa fresca.

c) Prolina livre (PRO): seguiu-se a metodologia proposta por Bates; Waldren; Teare, (1973) e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol PRO g}^{-1}$ de massa fresca.

Os dados da Etapa I foram analisados por meio de análise de agrupamentos para determinar qual cultivar é mais tolerante e qual é mais sensível ao déficit hídrico. Ademais, a análise possibilitou a determinação do nível de déficit hídrico empregado na segunda etapa do

experimento. Apesar de a configuração ideal dos grupos ter sido alcançada com o potencial de -0,3 MPa, para a etapa II usou-se o potencial (-0,15 MPa), pois este também teve uma influência significativa nas variáveis testadas, e ainda assim permitiu a coleta de material vegetal para as análises subsequentes.

2.2.2 Etapa II

Nesta etapa, o arranjo experimental foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 7 com quatro repetições de 50 sementes. O primeiro fator corresponde às duas cultivares (uma sensível e outra tolerante) provenientes do primeiro experimento, e o segundo, à combinação entre os atenuadores e déficit hídrico: T1 = 0,0 MPa (controle); T2 = -0,15 MPa + sementes não tratadas (déficit hídrico); T3 = -0,15 MPa + hidrocondicionamento (12h); T4 = -0,15 MPa + ácido giberélico (50 mg/L⁻¹); T5 = -0,15 MPa + ácido salicílico (50 mg/L⁻¹); T6 = -0,15 MPa + ácido ascórbico (50 mg/L⁻¹); T7 = -0,15 MPa + peróxido de hidrogênio (15 mM). Os tipos de atenuadores bem como as concentrações utilizadas foram determinados após consultas prévias à literatura e por meio de testes preliminares.

Para o pré-tratamento, as sementes foram dispostas em rolos de papel umedecido com cada uma das soluções contendo os atenuadores, na proporção de duas vezes a massa seca. Em seguida, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes e colocados em germinador a 25 °C, no escuro, por 12 horas, período determinado após a determinação da curva de embebição (Figura S1). Posteriormente as sementes foram semeadas em substrato entre papel, com as sementes dispostas sobre duas folhas e cobertas por uma terceira, organizado na forma de rolo, previamente umedecidos na proporção de duas vezes o seu peso seco com solução de polietilenoglicol (PEG 6000) na concentração de -0,15 MPa. Os rolos de papel foram acondicionados em saco de plástico transparente e colocados em germinador *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a 25°C com fotoperíodo de 8 horas (Brasil, 2019).

As análises realizadas na segunda etapa foram as mesmas da primeira, porém acrescidas da quantificação de citrulina, além disso, foram realizadas a avaliação da atividade das enzimas do metabolismo antioxidativo e determinação dos marcadores de estresse oxidativo (peróxido de hidrogênio e malondialdeído). Para tanto, o material vegetal necessário para a produção do extrato foi coletado após as avaliações biométricas, utilizando-se plântulas normais provenientes de cada repetição.

Para a extração da citrulina (CIT), 0,5 g de matéria fresca foi macerada em 1,5 mL de etanol 96% (v/v). Os extratos foram transferidos para frascos e aquecidos a 100°C até completa evaporação do etanol. Os resíduos foram dissolvidos em 1,5 mL de água destilada, agitados e

em seguida centrifugados. Após a centrifugação (10 min, 5000 g, 24 °C), o sobrenadante foi removido e armazenado a -20 °C até a quantificação. A quantificação da citrulina foi realizada a partir da proposta por Knipp e Vašák, (2000), baseada em curva padrão obtida para a L-citrulina e absorbâncias medidas em 540 nm. Os resultados expressos em $\mu\text{mol CIT g}^{-1}$ de massa fresca.

A atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase foram avaliadas nas plântulas. Para a obtenção do conteúdo proteico, utilizou-se a metodologia proposta por Azevedo et al. (1998), com algumas modificações. O material vegetal colhido foi macerado juntamente com nitrogênio líquido e 20% (m/v) de polivinilpolipirrolidona (PVPP) até a formação de um pó fino homogêneo. Em seguida, amostras com aproximadamente 0,5 g foram solubilizadas em 3 mL de solução tampão de fosfato de potássio (100 mM, pH 7,5), suplementado com 1 mM de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e 3 mM de DDT (ditiotreitól). Alíquotas foram retiradas, separadas em frascos e centrifugadas a 10.000 RPM e 4 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado a frio (mantido em banho de gelo) e armazenado em tubos Eppendorf sob resfriamento (-35 °C) até a realização dos ensaios enzimáticos.

A partir do extrato proteico coletado, foram determinados o teor de proteínas totais, e a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX).

A quantificação das proteínas totais foi realizada conforme a metodologia de Bradford (1976), utilizando a curva padrão da albumina sérica bovina (BSA) como referência. Após a construção da curva, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 595 nm, e os resultados expressos em mg de proteína por grama de massa fresca.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi mensurada a partir de uma adaptação da metodologia proposta por Giannopolitis e Ries, (1977). Após a exposição à luz, as amostras foram analisadas por espectrofotometria no comprimento de onda de 560 nm. A marcha analítica para cada uma das amostras foi realizada em triplicata e os resultados expressos em U SOD.mg proteína⁻¹, em que uma unidade foi definida como a quantidade de enzima que inibe em 50% a formação de formazana por grama de proteína.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada utilizando o protocolo adaptado por Azevedo et al. (1998) a partir do trabalho realizado por Havir e McHale, (1987). A reação foi monitorada em espectrofotômetro ajustado para 240 nm e 25 °C, sendo marcadas as absorbâncias no tempo inicial 0 e após 60 segundos. Os resultados foram expressos em μmol

min. mg proteína^{-1} , considerando que uma unidade de catalase 1 μmol de H_2O_2 por mg de proteína em 1 minuto a pH 7,5.

Para a atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX), adotou-se a metodologia proposta por Nakano e Asada Kozi, (1981), modificada por Koshiba, (1993). A atividade da APX foi determinada pela oxidação do ascorbato medida em espectrofotômetro ajustado para 290 nm e 30 °C, no tempo de 60 segundos. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol min. proteína}^{-1}$, considerando que uma unidade da atividade da APX foi definida como a conversão de 1 μM de ácido ascórbico em monodehidroascorbato durante um minuto.

Para a determinação do teor de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e malondialdeído (MDA), foi obtido o extrato bruto pesando-se aproximadamente 0,2 g material vegetal, o qual foi sendo imediatamente congelado em nitrogênio líquido (-196 °C) e macerado juntamente com 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) (0,1%, m/v) e 20% (m/m) de PVPP por 1 minuto. Após homogeneização, as amostras passaram por centrifugação a 10.000 g a 4 °C por 5 minutos.

A quantificação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi realizada seguindo o método de Alexieva et al. (2001) por meio do emprego de iodeto de potássio. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 390 nm e os resultados expressos em μmol de H_2O_2 por grama de massa fresca.

A peroxidação lipídica foi determinada seguindo o método de Heath; Packer, (1968), com base na produção de malondialdeído (MDA), um metabólito que reage com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 535 e 600 nm e os resultados expressos em μmol de MDA por grama de matéria fresca.

2.2.3 Análise estatística

Os dados obtidos na etapa I foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Os efeitos isolados, bem como as interações, foram avaliados pelo teste de agrupamento de médias de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). A análise de agrupamentos deu-se pelo método de Ward, considerando-se a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Para isso, utilizou-se o software PAleontological STatistics – PAST 4 (Hammer; Harper; Ryan, 2001). Os dados da etapa II passaram por análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), sendo as médias agrupadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de significância. As análises dos dados das etapas I e II foram realizadas com auxílio do SISVAR (Ferreira, 2019).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Etapa I

Grau de umidade

Os resultados obtidos para o grau de umidade das sementes de meloeiro são apresentados na tabela 1. O grau de umidade inicial das sementes das cinco cultivares variou entre 6,0 e 7,6 %; essa diferença está dentro dos limites considerados favoráveis, já que diferenças de até 2% não são comprometedoras (Marcos-Filho, 2005).

Tabela 1. Grau de umidade (U) de sementes de cinco cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.)

Cultivares	U (%)
Premier	7,5
Asturia	6,5
Supreme	7,6
Dali	6,0
Imperial 45	6,6

Após análise de variância, verifica-se a ocorrência de interação significativa ($p \leq 0,01$) entre as cultivares de meloeiro e os níveis de déficit hídrico para germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea, massa seca da raiz e massa seca da parte aérea. Efeito isolado dos potenciais osmóticos ocorreu para comprimento de raiz ($p \leq 0,01$) (Tabela 2). Esses resultados indicam um comportamento diferenciado das cultivares frente aos diferentes níveis de déficit hídrico.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função do déficit hídrico.

Fontes de variação	Quadrado médio					
	G	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
	(%)		cm.plântula ⁻¹		mg.plântula ⁻¹	
Cultivares (Cult.)	1792,26**	22,72 **	1,79ns	1,10**	0,48*	9,08**
Déficit hídrico (DH)	32833,26**	452,25 **	149,57**	102,53**	17,35**	1,28**
Cult. X DH	711,26**	5,25 **	4,02ns	2,29**	1,94**	0,38**
CV (%)	14,73	13,06	16,07	13,88	13,38	7,99

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

Nas condições de déficit hídrico verificou-se a redução da germinação (G) e do índice de velocidade de germinação (IVG) para todas as cultivares. Contudo, no nível de -0,15 Mpa, as cultivares Premier e Dali obtiveram maiores percentuais de sementes germinadas (89% e

77%, respectivamente), seguidas da cv. Supreme com 61% (Tabela 3). Para o mesmo nível de déficit hídrico a cultivar Premier apresentou maior índice de velocidade de germinação (7,40). A cv. Imperial 45 apresentou os piores valores de germinação (22%) e IVG (1,67) mesmo quando exposta ao menor nível de déficit hídrico (-0,15 MPa).

Tabela 3. Médias da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes potenciais osmóticos.

Cultivares	G (%)			IVG		
	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa
Dali	92 aA	77 bB	18 aC	11,41 aA	6,89 aB	1,33 aC
Supreme	94 aA	61 cB	19 aC	9,29 bA	5,45 bB	1,33 aC
Imperial 45	85 aA	22 eB	1 bC	7,95 cA	1,67 dB	0,04 bC
Asturia	87 aA	43 dB	4 bC	10,71 aA	3,81 cB	0,27 bC
Premier	94 aA	89 aA	8 bC	11,66 aA	7,40 aB	0,58 bC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

As cultivares Dali e Supreme expressaram os maiores valores de germinação dentre as cultivares testadas no potencial de -0,3 MPa, embora nessas condições, houve redução de aproximadamente 80% no potencial germinativo (Tabela 3). Nas demais cultivares, o nível de -0,3 MPa reduziu ainda mais a capacidade germinativa, resultado refletido também no IVG.

Ao analisar os efeitos isolados do déficit hídrico sobre o comprimento da raiz, verificase que, no potencial osmótico de -0,15 MPa, houve um maior crescimento (75%) em comparação ao controle (Figura 1). Além disso, sob o déficit hídrico mais intenso (-0,3 MPa) foi verificado também um crescimento radicular superior ao controle, porém menor que no nível -0,15 MPa. No entanto, não foi observada variação significativa desta variável em relação as cultivares. Esses resultados indicam que o tamanho das raízes do meloeiro é influenciado pelos diferentes níveis de limitação hídrica, independentemente da cultivar.

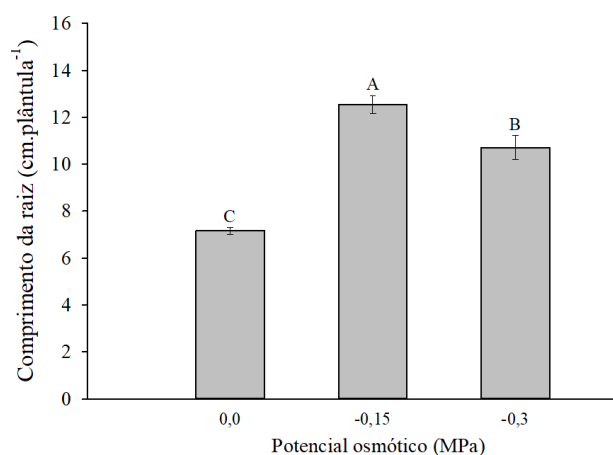


Figura 1. Comprimento de raiz de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função de diferentes potenciais osmóticos.

Os níveis de déficit hídrico diminuíram o comprimento da parte aérea (CPA) em relação aos valores obtidos para o tratamento controle para todas as cultivares (Tabela 4). Em relação ao CPA, observa-se que, no nível -0,15 MPa, houve redução significativa na cultivar Premier em relação ao controle, correspondendo a 81,2%. No nível de -0,3 MPa, a cultivar Imperial 45 apresentou o maior decréscimo (92%) da parte aérea dentre todas as cultivares. Portanto, o aumento da intensidade da restrição de água impactou negativamente o CPA das cultivares de meloeiro.

Tabela 4. Médias do comprimento da parte aérea (CPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes potenciais osmóticos.

Cultivares	CPA (cm.plântula ⁻¹)		
	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa
Dali	5,04 cA	2,24 aB	1,41 aC
Supreme	5,73 bA	1,94 aB	1,17 aC
Imperial 45	4,07 dA	2,48 aB	0,33 bC
Asturia	4,95 cA	2,20 aB	0,90 aC
Premier	6,82 aA	1,28 bB	1,09 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Com a exposição ao nível de -0,15 MPa, houve acréscimo da massa seca das raízes em todas as cultivares, com exceção das cultivares Imperial 45 e Premier, que mantiveram a MSR semelhante ao tratamento controle (Tabela 5). No nível mais elevado de déficit hídrico (-0,3 MPa), a cultivares Dali acumulou 30,2% mais massa seca nas raízes (MSR) em relação ao grupo de controle.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), observou-se que as cultivares Dali e Supreme conseguiram manter o crescimento da parte aérea semelhante ao controle, mesmo quando submetidas aos níveis de restrição hídrica (-0,30 MPa). A cv. Asturia apresenta incremento de 27% na MSPA em relação ao controle no potencial de -0,30 MPa.

Tabela 5. Médias das massas secas da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes potenciais osmóticos.

Cultivares	MSR (mg.plântula ⁻¹)			MSPA (mg.plântula ⁻¹)		
	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa
Dali	2,42 cC	4,10 aA	3,15 aB	4,97 aA	5,21 aA	4,74 aA
Supreme	3,50 bB	4,50 aA	2,79 aC	4,70 aA	4,79 aA	5,12 aA
Imperial 45	4,45 aA	3,95 aA	1,50 bB	2,29 cB	2,74 cB	3,36 cA
Asturia	3,45 bB	4,32 aA	1,75 bC	3,89 bB	4,34 bB	4,94 aA
Premier	3,25 bA	3,75 aA	2,19 bB	4,11 bA	4,52 bA	4,32 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Conforme a análise de variância, constatou-se interação ($p < 0,01$) entre os fatores cultivares e níveis de déficit hídrico para as variáveis açúcares solúveis totais, aminoácidos livres totais e prolina livre (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do déficit hídrico.

Fontes de variação	Quadrado médio		
	AST	AALT	PRO
	(mg.g ⁻¹ MF)	(μmol.g ⁻¹ MF)	
Cultivares (Cult.)	402,91**	3635,25**	41,74**
Déficit hídrico (DH)	1361,68**	33340,35**	187,08**
Cult. X DH	279,71**	5725,11**	20,03**
CV (%)	36,52	5,42	19,10

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

As análises bioquímicas mostraram que a quantidade de açúcares aumentou conforme níveis de déficit hídrico. No menor potencial (-0,30 MPa), observou-se um crescimento significativo de 134%, 180% e 68,4% no teor de açúcares para as cultivares Dali, Supreme e Imperial 45, em comparação com o controle, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Médias de açúcares solúveis totais (AST) e aminoácidos livres totais (ALT) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes potenciais osmóticos.

Cultivares	AST (mg.g ⁻¹ MF)			AALT (μmol.g ⁻¹ MF)		
	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa
Dali	5,55 aB	4,00 cB	12,98 aA	83,83 aA	83,15 eA	79,22 bA
Supreme	5,84 aC	44,59 aA	16,33 aB	80,99 aB	220,07 aA	84,84 bB
Imperial 45	11,25 aB	22,97 aA	18,94 aA	66,31 bC	101,46 dB	120,43 aA
Asturia	5,54 aB	16,82 bA	9,61 aB	69,54 bB	183,99 bA	66,41 cB
Premier	4,22 aB	26,39 aA	11,73 aB	60,65 bC	152,84 cA	71,60 cB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

No que diz respeito aos aminoácidos, as maiores concentrações foram alcançadas pela cv. Supreme (171%) no nível de -0,15 MPa, seguida pela Asturia (164,6%), em relação ao controle (Tabela 7). O teor de prolina, um relevante sinalizador de resposta ao déficit hídrico, foi mais elevado no nível de -0,15 MPa na cultivar Supreme (Tabela 8). Nas demais cultivares, a síntese de prolina é mantida semelhante ao controle, exceto na cv. Premier, que reduz. Os resultados indicam que a prolina pode não ser o principal aminoácido acumulado sob restrição hídrica e confirma a diferença nas respostas de defesa intraespecífica.

Tabela 8. Médias de prolina livre (PRO) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob diferentes potenciais osmóticos.

Cultivares	PRO ($\mu\text{mol.g}^{-1}\text{ MF}$)		
	0,0 MPa	-0,15 MPa	-0,30 MPa
Dali	9,60 aA	10,13 bA	2,10 aB
Supreme	9,33 aB	12,30 aA	2,58 aC
Imperial 45	7,35 bA	2,22 dB	2,62 aB
Asturia	7,78 bA	6,97 cA	2,67 aB
Premier	6,66 bA	3,25 cB	1,83 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Os dados passaram por análise de agrupamentos, sendo considerada a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Para isso, adotou-se o valor de 1,5 como referência para a formação de quatro grupos provenientes das combinações entre as cultivares (C) e os níveis de restrição hídrica (H).

No dendrograma (Figura 2), os grupos I e II foram constituídos pelas cinco cultivares semeadas na ausência de déficit hídrico (0,0 MPa), sendo tratadas como grupo controle, sugerindo que, nessas condições, as cinco cultivares apresentaram respostas fisiológicas e bioquímicas semelhantes. Já os grupos III e IV incluem as cultivares analisadas em condições de restrição hídrica (-0,30 MPa). Nesse contexto, a cultivar Dali obteve as melhores respostas quando submetida ao déficit hídrico, podendo ser posicionada próxima ao grupo I do controle.

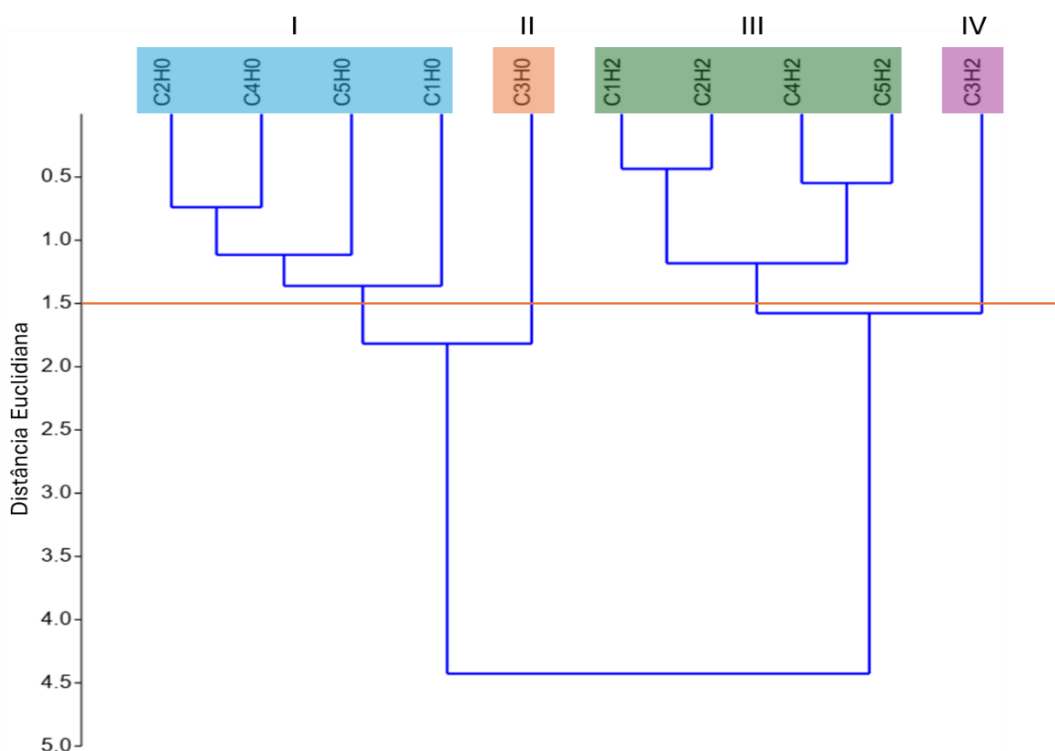


Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação dos níveis de déficit hídrico (H) e cultivares (C) de meloeiro (*Cucumis melo* L.). Sendo, H0 = 0,0 MPa; H2 = -0,3 MPa; C1 = Dali; C2 = Supreme; C3 = Imperial 45; C4 = Asturia e C5 = Premier.

O grupo formado pela cultivar Imperial 45 (grupo IV) foi posicionada mais à direita do grupo I, indicando maior sensibilidade à restrição hídrica. Em função desses resultados, para a segunda etapa do experimento foram selecionadas as cultivares Dali e Imperial 45 como tolerante e sensível ao déficit hídrico respectivamente. O nível selecionado para simulação da restrição hídrica foi o de -0,15 MPa por este potencial ser suficiente para reduzir a germinação e o crescimento, mas ainda permitir a produção de material vegetal utilizadas nas análises de crescimento, bioquímicas e enzimáticas.

2.3.2 Etapa II

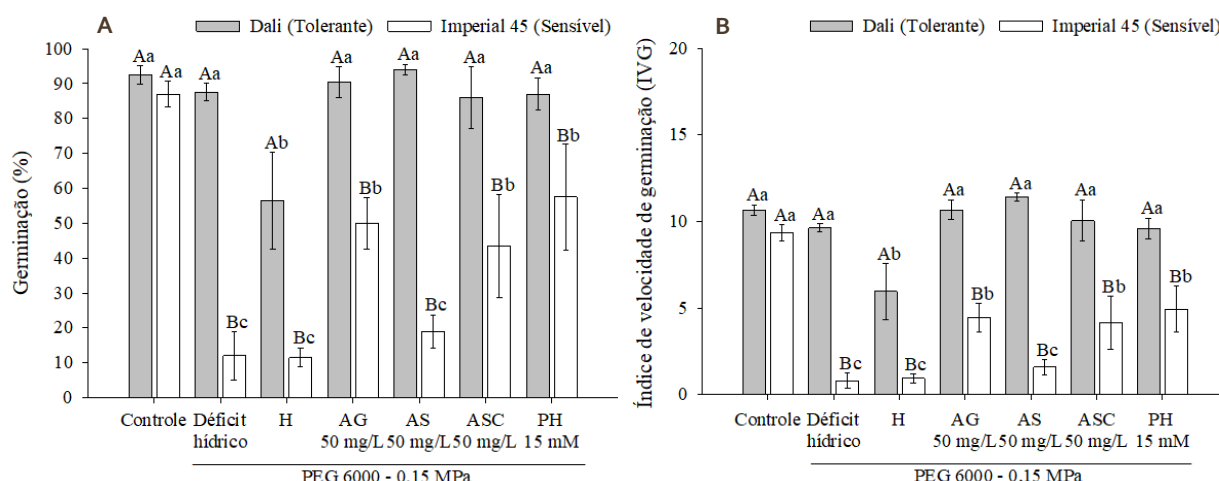
Após a análise de variância foi verificada interação significativa ($p \leq 0,01$) para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis Melo* L.) em função do tratamento com atenuadores.

Fontes de variação	Quadrado médio					
	G (%)	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
			cm.plântula ⁻¹		mg.plântula ⁻¹	
Cultivares (Cult.)	28080,64**	498,25**	15,02**	12,68**	8,39**	27,03**
Tratamento atenuadores (TA)	2551,40**	33,02**	13,61**	4,40**	1,09**	2,65**
Cult. X TA	1218,97**	15,83**	5,97**	1,07**	1,91**	0,71**
CV (%)	25,95	25,50	13,69	21,43	15,90	18,90

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

A redução da disponibilidade hídrica afetou a germinação da cultivar Imperial 45. Nota-se um decréscimo de 86% na obtenção de plântulas normais (Figura 3A). Em contrapartida, a aplicação dos ácidos giberélico (AG) e ascórbico (ASC), juntamente com o peróxido de hidrogênio (PH), mostrou-se eficaz em atenuar os efeitos do déficit hídrico, sem diferenças estatísticas significativas entre eles. A cultivar Dali não apresentou impacto em relação à restrição hídrica, nem aos atenuadores, exceto quando tratado com o hidrocondicionamento, que resultou em diminuição da germinação.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

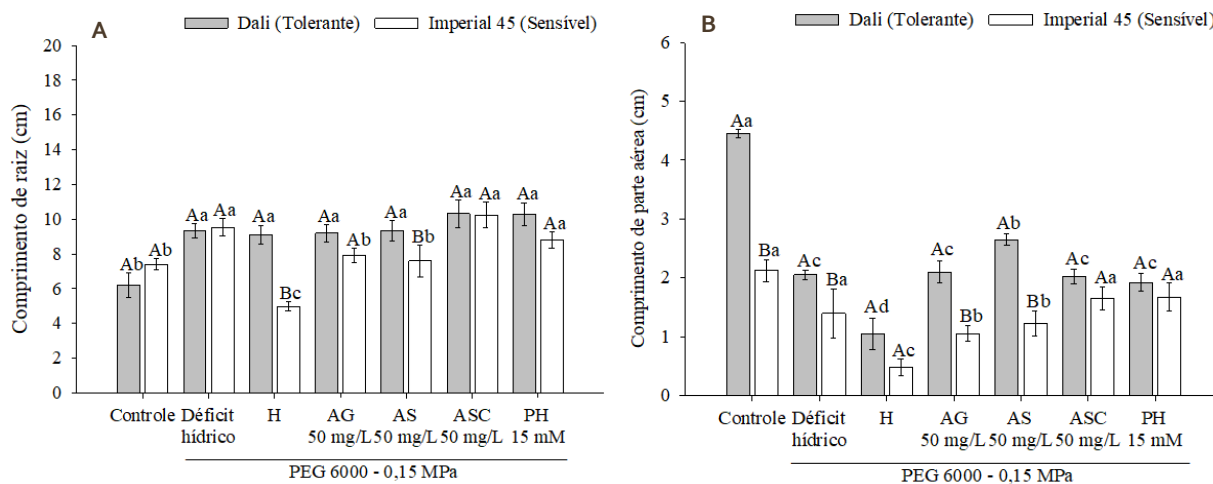
Figura 3: Germinação (A) e índice de velocidade de germinação – IVG (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

Reposta semelhante foi verificada em relação ao índice de velocidade de germinação, sendo o déficit hídrico responsável pela redução em 91% para a cultivar Imperial 45 em relação ao controle (Figura 3B). Nessa cultivar, os tratamentos utilizados aumentaram a velocidade da germinação quando comparados às condições de déficit hídrico, sendo os ácidos giberélico (344%), ascórbico (314%) e o peróxido de hidrogênio (393%) os mais eficientes sem diferirem estatisticamente entre si.

Em relação à raiz (Figura 4A), houve aumento do comprimento em condições de déficit hídrico para ambas as cultivares. Para essa variável, a aplicação dos atenuadores não proporcionou incremento significativo no comprimento radicular para as duas cultivares testadas. Para a cv. sensível, as sementes tratadas com H houve redução do CR e CPA. Essa resposta coincide com queda nos percentuais de G e IVG.

O comprimento da parte aérea foi reduzido pelo déficit hídrico (Figura 4B), tendo a cv. Dali sofrido redução de 54% quando comparado ao tratamento controle. Entretanto, o uso de ácido salicílico resultou em um crescimento de 30% em comparação ao tratamento que empregou apenas o déficit hídrico. Na cultivar sensível, o déficit hídrico não teve um efeito negativo significativo no comprimento da parte aérea. O uso de atenuadores como ASC e PH não foi suficiente para reverter os efeitos do déficit hídrico. Por outro lado, o hidrocondicionamento e os ácidos giberélico e salicílico mostraram-se ainda mais prejudiciais

ao crescimento da parte aérea do meloeiro em relação ao déficit hídrico sem o pré-tratamento das sementes.

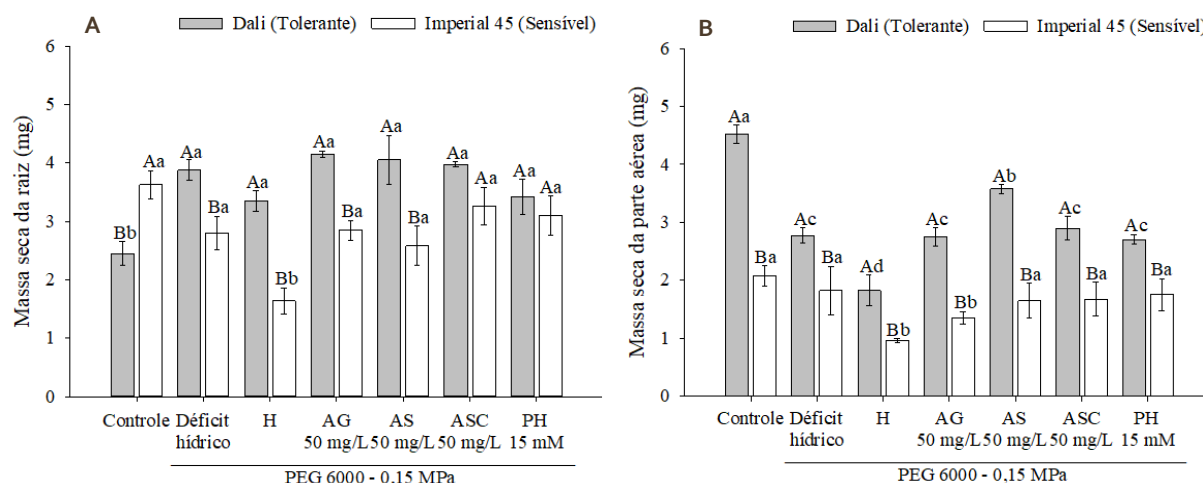


Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 4: Comprimento de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

A massa seca da raiz não foi afetada significativamente na cv. Imperial 45, apontada como sensível ao déficit hídrico, exceto quando submetida ao hidrocondicionamento, onde observa-se redução de 41,8% no desenvolvimento radicular (Figura 5A). Para a cultivar Dali houve acúmulo de 58% a mais na biomassa radicular, em condições de déficit hídrico, quando comparada ao controle. Verificou-se ainda que os tratamentos pré-germinativos não foram capazes de alterar significativamente a massa seca radicular sob déficit hídrico, embora haja diferenças significativas em relação ao controle.

Em contrapartida, a massa seca da parte aérea, na cultivar Dali foi reduzida em 40% quando submetida ao potencial osmótico de -0,15 MPa em comparação ao controle (Figura 5B). No entanto, o pré-tratamento com ácido salicílico promoveu incremento de 29% na MSPA da cultivar Dali em comparação à restrição hídrica. Na cultivar Imperial 45, o déficit hídrico não promoveu declínio no acúmulo de MSPA, no entanto, quando as sementes foram hidrocondicionadas e pré-tratadas com ácido giberélico houve redução de 47,2% e 25% quando comparado ao déficit hídrico. Para a cultivar sensível nenhum dos tratamentos foi eficiente para elevar o ganho de MSPA (Figura 5B).



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5: Massa seca de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

Conforme a análise de variância, constatou-se interação ($p \leq 0,01$) entre os fatores cultivares e tratamentos com atenuadores para as variáveis açúcares solúveis totais, aminoácidos livres totais, prolina livre e citrulina (Tabela 10).

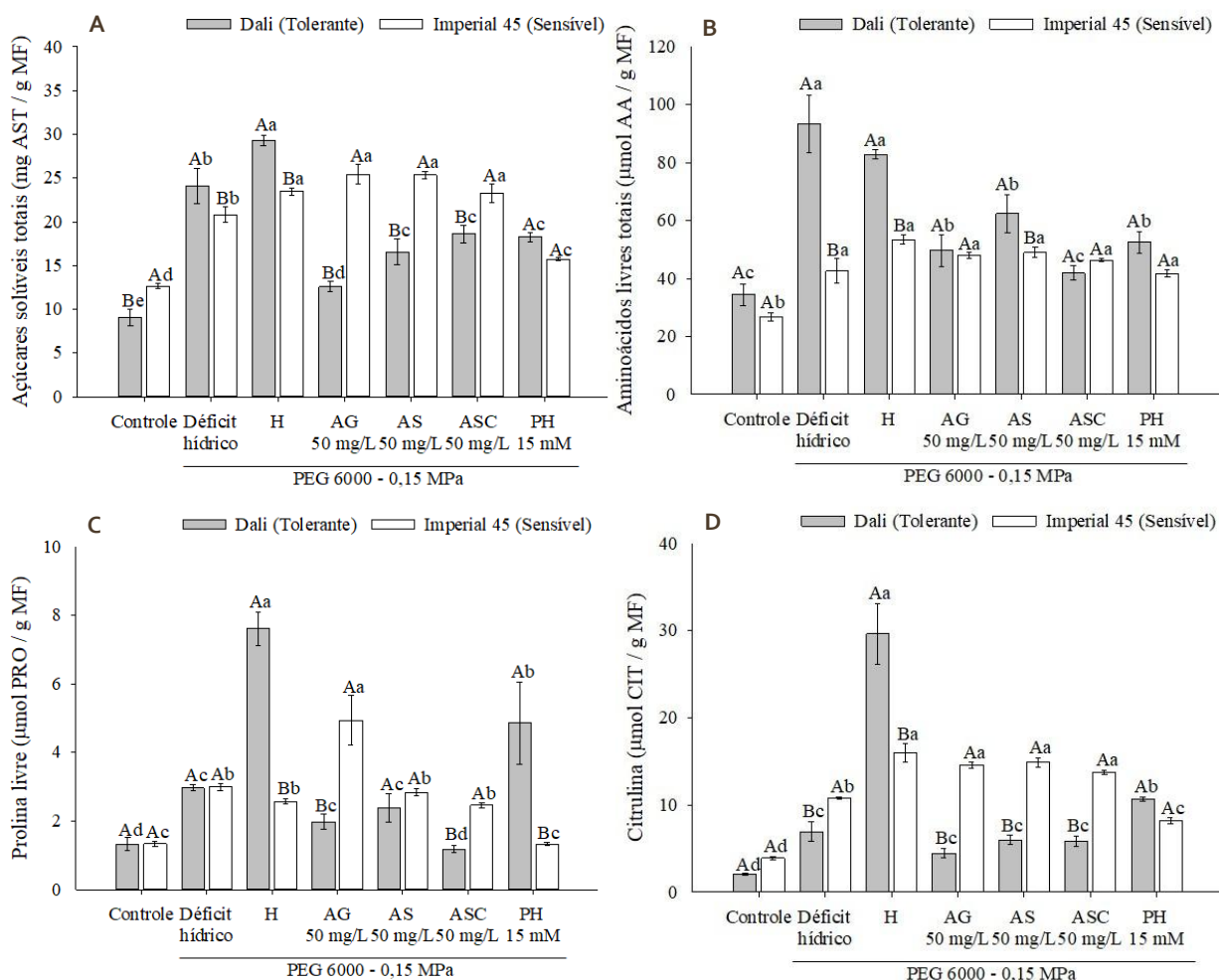
Tabela 10. Resumo da análise de variância para açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT), prolina livre (PRO) e citrulina (CIT) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do tratamento com atenuadores.

Fontes de variação	Quadrado médio			
	AST (mg/g MF)	AALT	PRO (μ mol/g MF)	CIT
Cultivares (Cult.)	94,94**	3425,56**	4,21**	78,03**
Tratamento atenuadores (TA)	188,51**	1445,11**	11,81**	284,41**
Cult. X TA	94,17**	706,68**	15,48**	138,78**
CV (%)	9,68	15,81	29,05	20,30

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

O conteúdo de açúcares solúveis aumentou em função da exposição ao déficit hídrico nas cultivares Dali e Imperial 45, com incremento de 166% e 64%, respectivamente, em comparação ao controle (Figura 6A). Para a cultivar tolerante (Dali), apenas o tratamento com hidrocondicionamento proporcionou maior acúmulo de açúcares solúveis, com 21% a mais em comparação ao déficit hídrico. Já os demais tratamentos, os resultados foram inferiores àqueles

verificados nas condições de menor disponibilidade hídrica. Em relação à cv. Imperial 45, o uso dos ácidos giberélico (22,9%), salicílico (22,5%) e ascórbico (12,6%), além do hidrocondicionamento (13,4%), proporcionaram acúmulos maiores de açúcares em relação ao tratamento que utilizou apenas o déficit hídrico.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 6. Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres totais (B), prolina livre (C) e citrulina (D) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador (-0,15 MPa); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

A quantidade de aminoácidos livres (Figura 6B) aumentou em razão da diminuição da disponibilidade de água em ambas as cultivares, sobretudo na mais tolerante, que apresentou incremento de 171%. O uso dos atenuadores contribuiu para o acúmulo de aminoácidos na cv. Imperial 45, porém sem diferença entre si e em relação ao tratamento com déficit hídrico. O

hidrocondicionamento (H) destacou-se como um indutor da acumulação de aminoácidos na cv. Dali, porém com desempenho 11% inferior quando comparado à situação de escassez hídrica.

Em condições ideais, as cultivares exibem níveis semelhantes de prolina (Figura 6C) e citrulina (Figura 6D). Contudo, em condições de déficit hídrico, observa-se um incremento de 124% na produção de prolina nas duas cultivares, em relação ao grupo controle. Além disso, na cultivar sensível, verifica-se maior produção de citrulina (correspondendo a 156%), quando submetidas ao déficit hídrico. Verificou-se ainda que a utilização do hidrocondicionamento possibilitou aumento substancial na quantidade de prolina (157%) e citrulina (326%), em relação ao déficit hídrico para cultivar Dali. Na Imperial 45, o tratamento com ácido giberélico proporcionou um acúmulo de prolina 65% superior, ao passo que o H conseguiu elevar em 48% o teor de citrulina em relação ao déficit hídrico, embora sem diferir estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 6D).

A análise de variância demonstrou efeitos altamente significativos ($p \leq 0,01$) para interação dos fatores, cultivares e os tratamentos atenuadores para a atividade das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, conteúdo de peróxido de hidrogênio e malondialdeído. Houve efeito isolado de ambos os fatores para catalase, demonstrando o impacto dos atenuadores na resposta antioxidante e no déficit hídrico (Tabela 11).

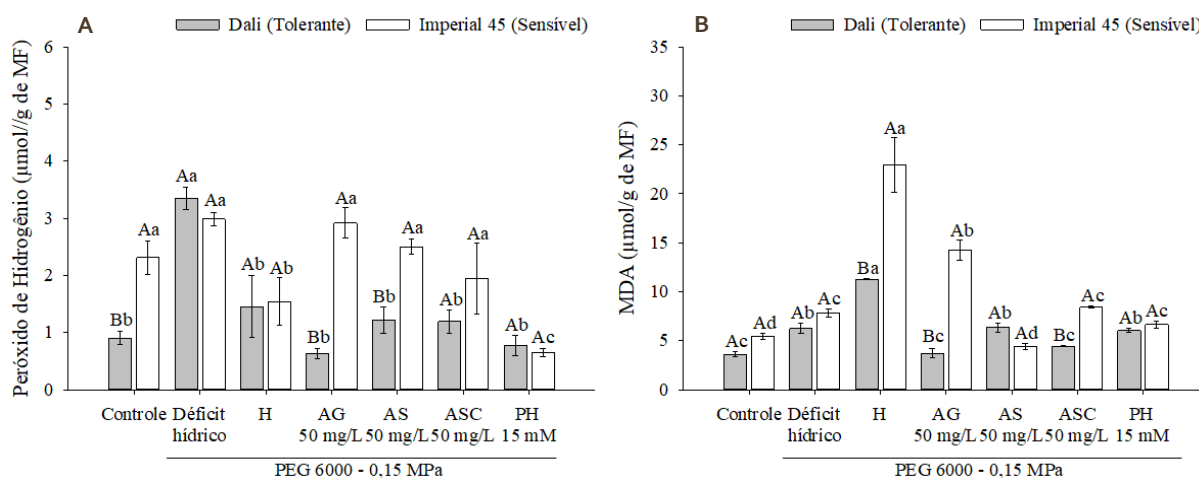
Tabela 11. Resumo da análise de variância para peróxido de hidrogênio (PH), malondialdeído (MDA), superóxido dismutase (SOD) catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do tratamento com atenuadores.

Fontes de variação	Quadrado médio				
	PH	MDA	SOD	CAT	APX
	($\mu\text{mol/g MF}$)		(U SOD/mg de proteína)	($\mu\text{mol/min/mg de proteína}$)	
Cultivares (Cult.)	8,10**	227,07**	19,46*	212,59**	4506,33ns
Tratamento atenuadores (TA)	4,27**	145,44**	78,96**	16,23**	9276,72**
Cult. X TA	1,83**	53,18**	154,99**	4,43ns	20740,04**
CV (%)	34,08	21,46	31,00%	30,29	36,96

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

Em condições de déficit hídrico, houve incremento dos níveis de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), sendo 272% superiores aos encontrados no controle na cultivares Dali (Figura 7 A). Mesmo não havendo diferenças significativas na quantificação de H_2O_2 para a cv. Imperial 45, a tendência verificada pode ser atribuída ao de estresse oxidativo. Contudo, resultados satisfatórios foram obtidos com a aplicação de todos os atenuadores testados na cultivar

tolerante em comparação ao déficit hídrico. Já na cv. sensível, o uso do PH foi mais eficiente, sendo constatado redução de 78% na produção deste agente oxidante.



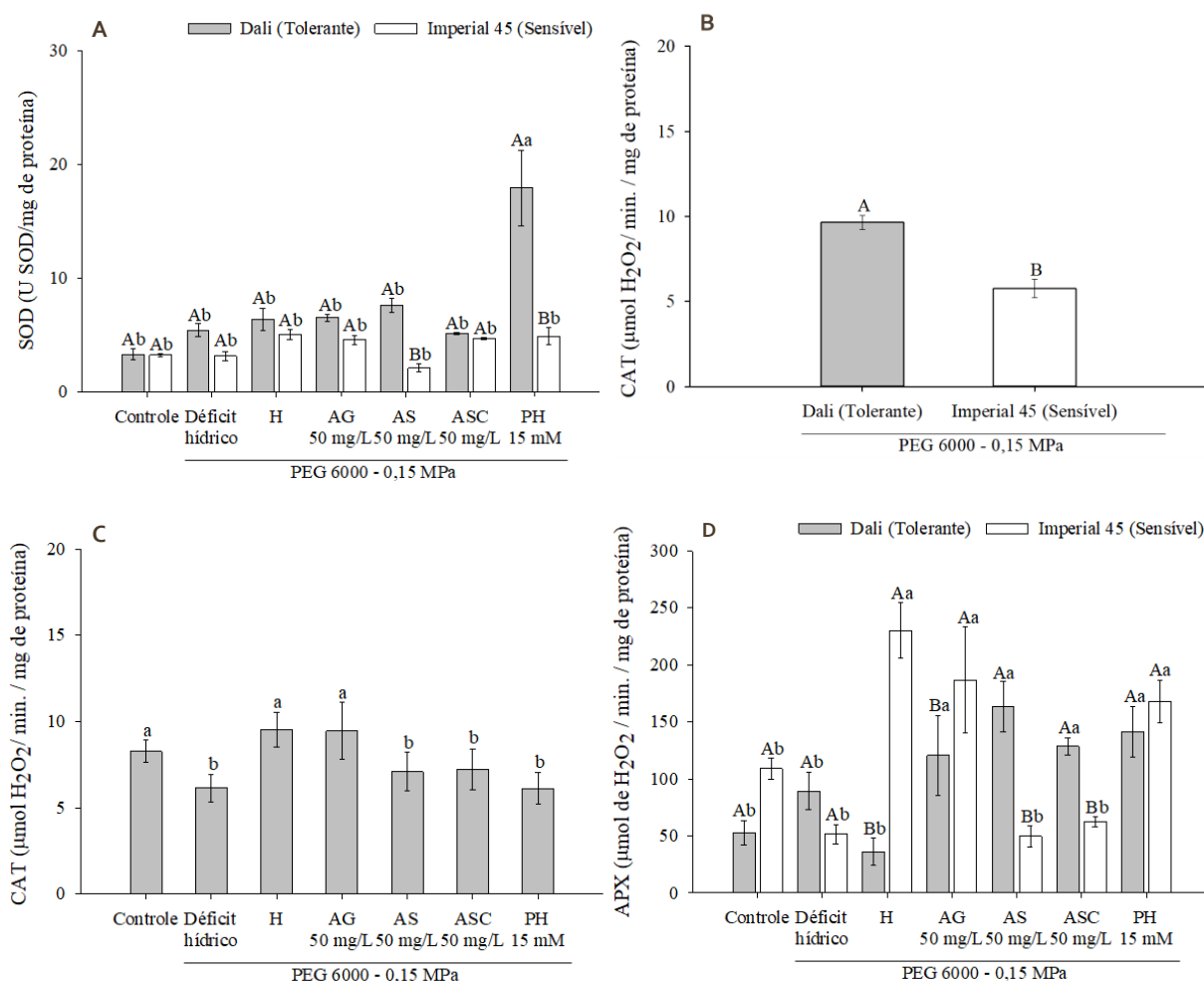
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7. Peróxido de hidrogênio (A) e peroxidação lipídica expressa pelo teor de malondialdeído (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador; déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ácido ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

A diminuição da oferta hídrica resultou em acúmulo de malondialdeído (MDA) nas duas cultivares testadas (Figura 7 B). Para a Imperial 45, o AS foi responsável por manter o conteúdo de MDA próximo aos valores encontrados no tratamento controle. Já na cv. Dali, a aplicação do AG e do ASC provocou decréscimo de 40% e 28% na produção de MDA em relação ao déficit hídrico nas sementes sem tratamento.

O ácido giberélico (AG) na cultivar Dali e o ácido salicílico (AS) na cultivar Imperial 45, proporcionaram grande capacidade de reduzir a produção de MDA, com diminuição de 40% e 45% em relação ao déficit hídrico, respectivamente (Figura 7B).

De um modo geral, a atividade das principais enzimas do sistema antioxidativo foi significativamente afetada pela restrição hídrica e pela ação dos tratamentos com atenuadores em ambas as cultivares testadas, com exceção da catalase (CAT), na qual não houve interação entre os fatores, apenas efeito isolado das cultivares (Figura 8).



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 8. Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase – CAT (B e C) e ascorbato peroxidase – APX (D) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e déficit hídrico. Controle (0,0 MPa); déficit hídrico sem atenuador; déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + ác. ascórbico (ASC); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

Para a cv. Imperial 45, os tratamentos mantiveram a atividade da superóxido dismutase (SOD) em níveis basais, não havendo diferença estatística entre estes (Figura 7A). Na cv. tolerante a atividade da SOD foi fortemente influenciada pelo peróxido de hidrogênio (PH), ocorrendo incremento de 231% em relação ao déficit hídrico.

Diferenças foram evidenciadas na atividade da enzima CAT entre as cultivares, sendo 19% menor para a cultivar sensível (Figura 7B). Por outro lado, nota-se maior efeito isolado no hidrocondicionamento (55%) e ácido giberélico (54%) em ambas as cultivares, quando comparado ao déficit hídrico (Figura 7C).

A enzima ascorbato peroxidase (APX) proporcionou aumento de 348% em sua atividade sob condições de estresse, após o hidrocondicionamento por 12 h na cultivar Imperial 45 (Figura 7C). Tendência semelhante também foi evidenciada quando as sementes foram pré-tratadas com AG (264%) e PH (227%). A cultivar tolerante, por sua vez, obteve aumento médio de 137% na atividade da APX quando as sementes foram tratadas com AG, ASC, AS e PH, em relação as não tratadas.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1 Etapa I

Os dados obtidos na Etapa I evidenciaram que o déficit hídrico exerceu influência significativa sobre os parâmetros fisiológicos e bioquímicos das cultivares de meloeiro avaliadas, revelando distinções marcantes entre genótipos com maior tolerância e aqueles com maior sensibilidade.

A redução da germinação e do índice de velocidade de germinação para a maioria das cultivares de meloeiro submetidas ao déficit hídrico são consequências da limitação da oferta hídrica e consequente retardo da retomada do metabolismo, processo essencial no estabelecimento das plântulas (Seleiman et al., 2021). Contudo, a cultivar Premier obteve maior percentual de sementes germinadas (superior a 82%) e IVG em condições moderadas de estresse. No entanto, em condições mais severas houve queda brusca na germinação, dificultando a produção de plântulas nessas condições.

Neste sentido, a plasticidade observada pela cultivar Dali em situações de estresse moderado, exibindo médias superiores de germinação, índice de velocidade de germinação e preservando o crescimento radicular mesmo no menor potencial osmótico, leva a indicação desta cultivar como tolerante à falta de água. Por outro lado, a cultivar Imperial 45 mostrou-se a mais sensível, apresentando quedas significativas nos índices de germinação.

Ademais, a tentativa de regulação osmótica foi observada nas duas cultivares que apresentaram resultados positivos para o nível moderado de déficit hídrico. Observou-se um aumento na quantidade de açúcares solúveis e prolina, o que indica uma tentativa de aprimorar os mecanismos de ajuste osmótico e resistência ao estresse, embora essa tendência não seja observada para níveis maiores de restrição hídrica.

Em situações de déficit hídrico, os solutos compatíveis são essenciais para ajudar no ajuste osmótico e proteger a integridade do maquinário celular contra danos causados pelo estresse. A rápida acumulação de osmólitos, como prolina e açúcares solúveis, ajuda a manter a homeostase celular, mantendo a hidratação das células e garantindo a continuidade dos

processos fisiológicos fundamentais para a sobrevivência das plantas em condições desfavoráveis (Wang et al., 2019).

2.4.2 Etapa II

O emprego de técnicas pré-germinativas promove melhorias na capacidade germinativa e de resiliência aos estresses ambientais, uma vez que favorece a retomada do metabolismo e reparo do DNA, aumento da atividade mitocondrial e mobilização das reservas nutritivas (Nurrahma et al., 2024). Desta maneira, a utilização dessas técnicas desponta como alternativa viável para diminuição dos efeitos causados pelos estresses abióticos, sobretudo nos estádios iniciais de desenvolvimento.

A diminuição da velocidade de germinação frente a escassez hídrica deve-se principalmente a dificuldade na reidratação dos tecidos e consequente atraso nos processos fisiológicos que desencadeiam o início da germinação (Nóbrega et al., 2024). Neste sentido, a utilização de substâncias que atenuam os efeitos do estresse e melhorar a capacidade germinativa são extremamente relevantes. Dentre os principais atenuadores, o ácido ascórbico (ASC) e o peróxido de hidrogênio (PH), em doses apropriadas, têm efeito protetivo frente aos produtos do estresse oxidativo (Gammoudi et al., 2020; Lima Nunes et al., 2020).

O aumento do comprimento da raiz em condições de déficit hídrico em ambas as cultivares de meloeiro decorre da translocação de solutos da parte aérea para as raízes, possibilitando o acúmulo desses componentes e favorecendo o crescimento radicular (Marthandan et al., 2020). O presente estudo demonstrou que houve distinção na suscetibilidade ao déficit hídrico entre as partes das plântulas de meloeiro, sendo o comprimento da raiz menos afetado quando comparado à parte aérea. Em tais condições experimentais, geralmente acontece decréscimo da parte aérea e das raízes, embora, na maioria dos casos, ocorra maior particionamento para o crescimento das raízes em detrimento da parte aérea (Guasconi; Manzoni; Hugelius, 2023).

A atuação dos atenuadores sobre o acúmulo de massa seca das plântulas em condições de estresse está relacionado a diferentes mecanismos fisiológicos. O ácido salicílico, por exemplo, atua regulando indiretamente o sistema antioxidante, além de exercer função direta na preservação da integridade das membranas celulares, fato que permite um melhor funcionamento celular e, consequentemente, maior crescimento, (Liu, J. et al., 2022), principalmente da raiz, como observado na cv. Dali.

Por outro lado, a rápida ativação metabólica em decorrência do hidrocondicionamento pode resultar no esgotamento antecipado dos tecidos de reserva, além de aumentar a sensibilidade ao estresse abiótico quando as sementes são expostas a condições desfavoráveis

(Hasanović; Durmić-Pašić; Karalija, 2025). Em condições normais, a liberação de açúcares simples oriundos das reservas proveria o desenvolvimento do embrião, porém, quando expostas ao estresse, a planta pode acumular tais moléculas visando à osmorregulação, o que acaba reduzindo seu crescimento (Gul et al., 2022). Esses fatos podem explicar o decréscimo no crescimento e na massa seca da parte aérea na cultivar Imperial 45, quando expostas ao déficit hídrico após o hidrocondicionamento das sementes.

Os efeitos da aplicação exógena do ácido giberélico sobre a massa seca da parte aérea podem variar significativamente entre as dosagens, espécies e variedades. Em cultivares sensíveis, a aplicação de GA₃ resultou em diminuição na biomassa seca da parte aérea quando expostas ao estresse salino, indicando que a reação ao GA₃ pode diferir de acordo com a tolerância da cultivar também para o estresse hídrico (Chauhan et al., 2019). A concentração de AG aplicada é um fator crítico que pode determinar se haverá aumento ou diminuição na biomassa seca da parte aérea. Doses elevadas (>100 mg/L) de AG causam danos irreversíveis em sementes de cultivares potencialmente sensíveis a aplicação do ácido giberélico (Iradukunda et al., 2024).

O acúmulo de moléculas osmoprotetoras destaca-se como mecanismo essencial para a manutenção da capacidade de ajustamento osmótico, bem como a sustentação da absorção e retenção da água em plantas sob déficit hídrico (Feng et al., 2024; Ozturk et al., 2021). Nesta perspectiva, Chaudhry e Sidhu (2022) relataram que níveis celulares aumentados de solutos orgânicos inertes como sacarose e prolina, promovem efeitos protetivos para macromoléculas como proteínas, e sobre estruturas, a exemplo as membranas.

A técnica de hidrocondicionamento de sementes tem se mostrado eficiente no aumento do acúmulo de osmólitos, pois possibilita a ativação precoce da maquinaria metabólica antes que as sementes sejam expostas a condições de estresse (Saha et al., 2022). Entretanto, a síntese e o acúmulo de grandes quantidades de solutos compatíveis são extremamente dispendiosos do ponto de vista energético (Franzisky et al., 2025). Nesta abordagem, os recursos são alocados principalmente para o ajuste metabólico da planta, ao invés de destinados ao crescimento (Haghpanah et al., 2024). Portanto, o menor alongamento e acúmulo de massa seca da parte aérea observado nas cultivares de meloeiro se justifica, uma vez que, há menos fotoassimilados disponíveis para a síntese da parede celular, atividade meristemática e expansão celular.

A citrulina é um aminoácido não-proteico que se acumula rapidamente em cucurbitáceas como o meloeiro em resposta ao estresse osmótico, sendo primariamente utilizada em detrimento a outros osmoprotetores como a prolina e a glicina-betaína (Malambane et al., 2023). Em plantas de melancia submetidas ao déficit hídrico, verificou-se que cerca de 21%

da quantidade total de aminoácidos nos tecidos corresponde à citrulina. Tais resultados estão associados à maior capacidade de proteção dos tecidos verdes contra os efeitos danosos do estresse oxidativo induzidos do déficit hídrico (Song et al., 2020).

Injúrias por embebição são comuns em sementes que apresentam baixo grau de umidade, ocasionando queda na germinação, menor acúmulo de biomassa nas raízes e parte aérea (Han; Sung; Hsueh, 2023). O aumento do dano à membrana nas sementes tratadas com o hidrocondicionamento pode ser produto da rápida taxa de absorção de água, visto que alguns tipos de pré-tratamentos, incluindo o hidrocondicionamento, induzem a produção de espécies reativas de oxigênio, sendo potencialmente estressores para as sementes (Mir; Yadav; Yadav, 2021).

O sistema antioxidante é o mecanismo de defesa que atua na manutenção do equilíbrio entre a produção e a degradação de EROs nas plantas em ambiente propício. Porém, sob déficit hídrico a produção das EROs torna-se excessiva e o acúmulo desses radicais livres de oxigênio leva a danos às membranas, proteínas e outras moléculas, que culminam na destruição celular (Yang et al., 2021). Neste estudo, as duas cultivares tiveram a produção de peróxido aumentada em função do déficit hídrico. Esses resultados coincidem com diversos estudos conduzidos com genótipos de meloeiro sob restrição hídrica, os quais afirmam aumentos similares na produção de peróxido, e o apontam como importante indicador no balanço oxidativo e, consequentemente, na habilidade de amenizar os impactos desse estresse (Ansari et al., 2024; Das et al., 2024; Rehman et al., 2023).

Entre os atenuadores avaliados, o PH e o AG induziram um menor acúmulo de H_2O_2 na cultivar Dali, embora não se diferenciem dos demais tratamentos. Além disso, os tratamentos com AG e ASC foram capazes de diminuir o acúmulo de MDA nesta cultivar. Isso pode ser interpretado como possível contribuição destes mitigadores na redução do estresse oxidativo, induzido pelo déficit hídrico nessa variedade. O tratamento das sementes com PH e AS demonstraram ser eficazes na diminuição dos níveis de H_2O_2 e MDA, respectivamente, na cv. sensível, conforme demonstrado também em outros estudos com pepino (Souza Neta et al., 2024; Sun et al., 2016).

O peróxido de hidrogênio atua como transmissor e sinalizador do estresse devido a sua maior estabilidade (quando comparada a outros EROs) e facilidade de difusão entre os diferentes compartimentos celulares, exercendo múltiplas funções em diversos níveis nas plantas (Valizade et al., 2022). Essa molécula, juntamente com os hormônios e outras moléculas de comunicação, ativa o sistema antioxidante enzimático e não enzimático, facilitando a adaptação e sobrevivência em situações desfavoráveis (Rao et al., 2025).

O déficit hídrico foi responsável pelo aumento significativo dos níveis de malondialdeído (MDA) nas duas cultivares. Analisando 58 genótipos de meloeiro, Rehman et al. (2024) notaram correlação positiva entre déficit hídrico induzido por PEG 6000 (-0,25 MPa) e a concentração de MDA, o que correspondeu ao acúmulo médio de 68,8% em comparação ao controle. Estes achados destacam que a deterioração das membranas devido ao déficit hídrico afeta diretamente o funcionamento celular, evidenciado pela redução do comprimento e da massa seca das plântulas das cultivares Dali e Imperial 45.

A redução do MDA induzido pelos atenuadores AG, ASC na cv. Dali e AS na cv. Imperial 45, indicou melhorias no desempenho agrônômico das duas cultivares, favorecendo incremento na massa seca das raízes da cv. Dali e da parte aérea da Imperial 45. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2023), em experimentos realizados com mudas de melancia submetidas ao déficit hídrico, onde houve incremento de 9% na matéria seca da parte aérea ao utilizar o AS ($1,0 \mu\text{mol. L}^{-1}$).

Entre os componentes antioxidantes, a SOD é uma das primeiras enzimas a reagir à deficiência hídrica, convertendo o superóxido (O_2^-) extremamente reativo em H_2O_2 , que é menos reativo. A utilização exógena de PH também potencializou a atividade da SOD em outras espécies vegetais em condições de seca (Sehar et al., 2021; Skowron; Trojak, 2021). Em função disso, a SOD atua a montante do metabolismo do H_2O_2 , não elevando de forma significativa o seu nível sob irrigação contínua. Contudo, condições de déficit hídrico e elevados níveis de O_2^- , resultam em maior atividade da SOD (Rahman et al., 2021).

Diante do exposto, vale ressaltar que o nível de atividade da SOD em plantas é frequentemente associado à tolerância ao estresse e a capacidade de defesa antioxidante, embora, seu comportamento seja absolutamente complexo (Yang et al., 2021). Os mesmos autores apontam que conforme aumenta a intensidade do estresse, a atividade da SOD pode diminuir, aumentar ou permanecer inalterada nas plantas, podendo ser afetada não apenas pela exposição ao déficit hídrico em si, mas pelo nível deste estresse na planta.

O hidrocondicionamento e a aplicação do AG agem mediando os sistemas enzimáticos antioxidantes e são eficazes na desintoxicação das EROs sob escassez hídrica (Zhang et al., 2024). Esta ação pode ser induzida tanto pelo estresse oxidativo, promovendo maior ativação de enzimas, como a CAT, responsável direta pela eliminação de H_2O_2 , quanto pelo incremento da capacidade de ajustamento osmótico

A APX é considerada uma enzima chave na remoção do H_2O_2 em diferentes espécies, participando diretamente do processo ou sendo parte do ciclo do acorbato-glutationa,

mecanismo não enzimático importante no metabolismo das espécies reativas de oxigênio (Foyer; Kunert, 2024; Hou et al., 2021).

A utilização de técnicas como o pré-tratamento de sementes com atenuadores tem sido uma estratégia promissora para melhorar a capacidade das plantas de enfrentarem estresses abióticos (Souza Neta et al., 2024). No presente estudo, foi possível verificar que o emprego dessas técnicas possibilitou a readequação dos mecanismos responsivos das plântulas de meloeiro ao déficit hídrico, resultando em maior expressão dos sistemas de defesa.

A ação coordenada de diferentes mecanismos de defesa enzimáticos e não enzimáticos são responsáveis pela manutenção do equilíbrio da produção das EROs nas plantas, sendo que a sua eficácia apresenta dependência multifatorial (Sachdev et al., 2021). Neste sentido, a diferença verificada no presente estudo com relação a expressão da tolerância ao estresse hídrico nas cultivares em estudo, pode ter relação à maior capacidade de modulação da atividade enzimática e acúmulo de solutos compatíveis na cv. Dali.

Além de demonstrar que a ocorrência de diferentes níveis e capacidades de enfrentamento ao déficit hídrico estão relacionadas às estratégias lançadas por cada cultivar, verificou-se que esses mecanismos podem ser otimizados pelos tratamentos pré-germinativos do presente estudo. Desta forma, recomenda-se a aplicação dos estudos relacionados ao tratamento de sementes de meloeiro com potenciais atenuadores do estresse, visando proporcionar vantagens aos agricultores no cultivo em regiões que enfrentam escassez hídrica.

2.5 CONCLUSÕES

A germinação e o crescimento inicial das plântulas de meloeiro são prejudicados pelo déficit hídrico de -0,15 MPa, sendo as cultivares Dali e Imperial 45, classificadas como tolerante e sensível a este estresse respectivamente.

A utilização do ácido salicílico atenua o efeito do déficit hídrico sobre a germinação, o comprimento e a massa seca das plântulas da cv. Dali.

O pré-tratamento de sementes de meloeiro com peróxido de hidrogênio diminui a produção e acúmulo do H_2O_2 , principalmente pela ação do sistema antioxidante enzimático nas células, possibilitando melhor capacidade germinativa durante o déficit hídrico na cultivar sensível (Imperial 45).

2.6 REFERÊNCIAS

- ALEXIEVA, V. et al. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>.
- ALI, Q. et al. Role of amino acids in improving abiotic stress tolerance to plants. *In: PLANT TOLERANCE TO ENVIRONMENTAL STRESS*. [S. l.]: CRC Press, 2019. p. 175–204. <https://doi.org/10.1201/9780203705315-12>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ANSARI, W. A. et al. Alteration in physio-chemical properties and gene expression pattern of snapmelon (*Cucumis melo* var. momordica) genotypes against drought stress. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, v. 22, n. 2, p. 87–96, 2024. <https://doi.org/10.1017/S1479262124000066>.
- AZEVEDO, R. A. et al. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280–292, 1998. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205–207, 1973. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
- BHUTTO, L. A.; OSBORNE, C. P.; QUICK, W. P. Osmotic adjustment and metabolic changes under drought stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pakistan Journal of Botany**, v. 55, n. 3, p. 915–923, 2023. [https://doi.org/10.30848/PJB2023-3\(22\)](https://doi.org/10.30848/PJB2023-3(22)).
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, 1976. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025/cap_4_Germinacao_rev_1. Acesso em: 20 nov. 2024.
- CARVALHO, S. M. C. et al. Pre-germination treatments in pitaya (*Hylocereus* spp.) seeds for water stress mitigation. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 1, p. 80–86, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n109rc>.
- CHAUDHRY, S.; SIDHU, G. P. S. Climate change regulated abiotic stress mechanisms in plants: a comprehensive review. **Plant Cell Reports**, v. 41, n. 1, p. 1–31, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00299-021-02759-5>.
- CHAUHAN, A. et al. Influence of gibberellic acid and different salt concentrations on germination percentage and physiological parameters of oat cultivars. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 6, p. 1298, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2019.04.014>.

DAS, A. et al. Physio-chemical and molecular modulation reveals underlying drought resilience mechanisms in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 328, p. 112855, 2024. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2024.112855>.

FARIAS, R. M. de et al. Physiology, biochemistry and yield of melon in a semi-arid region with the application of biostimulants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 29, n. 1, p. e283055, 2025. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v29n1e283055>.

FENG, D. et al. Exogenous substances used to relieve plants from drought stress and their associated underlying mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 17, p. 9249, 2024. <https://doi.org/10.3390/ijms25179249>.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. <https://doi.org/10.28951/RBB.V37I4.450>.

FOYER, C. H.; KUNERT, K. The ascorbate–glutathione cycle coming of age. **Journal of Experimental Botany**, v. 75, n. 9, p. 2682–2699, 2024. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERA023>.

FRANZISKY, B. L. et al. Date palm diverts organic solutes for root osmotic adjustment and protects leaves from oxidative damage in early drought acclimation. **Journal of Experimental Botany**, v. 76, n. 4, p. 1244–1265, 2025. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERA0456>.

GAMMOUDI, N. et al. Efficiency of pepper seed invigoration through hydrogen peroxide priming to improve in vitro salt and drought stress tolerance. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 61, n. 4, p. 703–714, 2020. <https://doi.org/10.1007/S13580-020-00260-8/FIGURES/5>.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977. <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>.

GUASCONI, D.; MANZONI, S.; HUGELIUS, G. Climate-dependent responses of root and shoot biomass to drought duration and intensity in grasslands—a meta-analysis. **Science of The Total Environment**, v. 903, p. 166209, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166209>.

GUL, S. et al. Hydropriming and osmotic priming induce resistance against aspergillus niger in wheat (*triticum aestivum* l.) by activating β -1, 3-glucanase, chitinase, and thaumatin-like protein genes. **Life**, v. 12, n. 12, p. 2061, 2022. <https://doi.org/10.3390/life12122061>.

HAGHPANAH, M. et al. Drought tolerance in plants: physiological and molecular responses. **Plants** 2024, Vol. 13, Page 2962, v. 13, n. 21, p. 2962, 2024. <https://doi.org/10.3390/PLANTS13212962>.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T. ; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronic**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

HAN, C. T.; SUNG, Y.; HSUEH, M. T. Imbibition treatments on the germination of white winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) seeds. **The Horticulture Journal**, v. 92, n. 2, p. 162–170, 2023. <https://doi.org/10.2503/HORTJ.UTD-387>.

HASANOVIĆ, M.; DURMIĆ-PAŠIĆ, A.; KARALIJA, E. Seed priming beyond stress adaptation: broadening the agronomic horizon. **Agronomy**, v. 15, n. 8, p. 1829, 2025. <https://doi.org/10.3390/agronomy15081829>.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450–455, 1987. <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189–198, 1968. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

HOU, P. et al. Antioxidant enzymatic activity and osmotic adjustment as components of the drought tolerance mechanism in *Carex duriuscula*. **Plants** 2021, Vol. 10, Page 436, v. 10, n. 3, p. 436, 2021. <https://doi.org/10.3390/PLANTS10030436>.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 5 jun. 2025.

IRADUKUNDA, M. et al. Automated imaging to evaluate the exogenous gibberellin (ga3) impact on seedlings from salt-stressed lettuce seeds. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 24, n. 13, p. 4228, 2024. <https://doi.org/10.3390/S24134228>.

KNIPP, M.; VAŠÁK, M. A colorimetric 96-well microtiter plate assay for the determination of enzymatically formed citrulline. **Analytical Biochemistry**, v. 286, n. 2, p. 257–264, 2000. <https://doi.org/10.1006/abio.2000.4805>.

KOSHIBA, T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*). **Plant and Cell Physiology**, v. 34, n. 5, p. 713–721, 1993. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.PCP.A078474>.

LAXA, M. et al. The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. **Antioxidants**, v. 8, n. 4, p. 94, 2019. <https://doi.org/10.3390/antiox8040094>.

LIMA NUNES, L. R. de et al. Effects of ascorbic acid on the germination and vigour of cowpea seeds under water stress. **REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA**, v. 51, n. 2, p. e20196629, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200030>.

LIU, X. et al. Global agricultural water scarcity assessment incorporating blue and green water availability under future climate change. **Earth's Future**, v. 10, n. 4, p. e2021EF002567, 2022. <https://doi.org/10.1029/2021EF002567>.

LIU, J. et al. Salicylic acid, a multifaceted hormone, combats abiotic stresses in plants. **Life** 2022, Vol. 12, Page 886, v. 12, n. 6, p. 886, 2022. <https://doi.org/10.3390/LIFE12060886>.

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

MALAMBANE, G. et al. Drought stress tolerance mechanisms and their potential common indicators to salinity, insights from the wild watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1074395, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1074395>.

MANSOOR, S. et al. Reactive oxygen species in plants: from source to sink. **Antioxidants**, v. 11, n. 2, p. 225, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11020225>.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTHANDAN, V. et al. Seed priming: a feasible strategy to enhance drought tolerance in crop plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 21, p. 8258, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21218258>.

MIR, H. R.; YADAV, S; YADAV, S. Hydropriming associated physiological and biochemical changes responsible for the enhanced planting value of maize hybrid and its parental line seeds. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 45, n. 3, p. 335–348, 2021. <https://doi.org/10.3906/tar-2006-77>.

NAKANO, Y.; ASADA K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>.

NÓBREGA, J. S. et al. Seed osmopriming with salicylic acid on induction of tolerance of *Cenostigma pyramidale* to water deficit. **Revista Árvore**, v. 48, p. 1–11, 2024. <https://doi.org/10.53661/1806-9088202448263630>.

NOGUEIRA, G. de A. **Agressividade de espécies de Fusarium causadoras de podridão em melões no Brasil**. 2021. 39 f. - Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró - RN, 2021.

NURRAHMA, A. H. I. et al. The application of seed priming agents in enhancing drought resilience of rice: a comprehensive review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1377, n. 1, p. 012013, 2024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1377/1/012013>.

OZTURK, M. et al. Osmoregulation and its actions during the drought stress in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 1321–1335, 2021. <https://doi.org/10.1111/ppl.13297>.

RAHMAN, M. A. et al. Physiological and proteomic analyses reveal the protective roles of exogenous hydrogen peroxide in alleviating drought stress in soybean plants. **Plant Biotechnology Reports**, v. 15, n. 6, p. 805–818, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11816-021-00719-9>.

RAO, M. J. et al. Antioxidant defense system in plants: reactive oxygen species production, signaling, and scavenging during abiotic stress-induced oxidative damage. **Horticulturae**, v. 11, n. 5, p. 477, 2025. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11050477>.

REED, R. C.; BRADFORD, K. J.; KHANDAY, I. Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. **Heredity** 2022 128:6, v. 128, n. 6, p. 450–459, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>.

REHMAN, A. et al. Differential response of two contrasting melon (*Cucumis melo* L.) genotypes to drought stress. **Journal of Plant Biology**, v. 66, n. 6, p. 519–534, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12374-023-09398-1>.

REHMAN, A. et al. Exploring drought tolerance in melon germplasm through physiochemical and photosynthetic traits. **Plant Growth Regulation**, v. 102, n. 3, p. 603–618, 2024. <https://doi.org/10.1007/S10725-023-01080-3/FIGURES/5>.

SACHDEV, S. et al. Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms. **Antioxidants**, v. 10, n. 2, p. 277, 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10020277>.

SAHA, D. et al. Drought stress responses and inducing tolerance by seed priming approach in plants. **Plant Stress**, v. 4, p. 100066, 2022. <https://doi.org/10.1016/J.STRESS.2022.100066>.

SEHAR, Z. et al. Hydrogen peroxide potentiates defense system in presence of sulfur to protect chloroplast damage and photosynthesis of wheat under drought stress. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 922–934, 2021. <https://doi.org/10.1111/PPL.13225>.

SELEIMAN, M. F. et al. Drought Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 259, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10020259>.

SEYMEN, M. et al. Drought tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) genotypes using evapotranspiration and yield components in a semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v. 317, p. 109642, 2025. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2025.109642>.

SHARMA, P. et al. Reactive oxygen species (ROS)-mediated oxidative stress in chronic liver diseases and its mitigation by medicinal plants. **American journal of translational research**, v. 15, n. 11, p. 6321–6341, 2023.

SILVA, J. M. et al. Exogenous salicylic acid alleviates water stress in watermelon plants. **Annals of Applied Biology**, v. 182, n. 1, p. 121–130, 2023. <https://doi.org/10.1111/AAB.12802>.

SKOWRON, E.; TROJAK, M. Effect of exogenously-applied abscisic acid, putrescine and hydrogen peroxide on drought tolerance of barley. **Biologia**, v. 76, n. 2, p. 453–468, 2021. <https://doi.org/10.2478/S11756-020-00644-2/FIGURES/5>.

SONG, Q. et al. Functional Relevance of Citrulline in the Vegetative Tissues of Watermelon During Abiotic Stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 531739, 2020. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.00512/BIBTEX>.

SOUZA NETA, M. L. de et al. Osmotic Adjustment and Antioxidant Activity of Cucumber Seeds Pre-treated with Stress Attenuators and Subjected to Drought Stress During Germination. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 43, n. 6, p. 1919–1933, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11231-5>.

SUN, Y. et al. Exogenous application of hydrogen peroxide alleviates drought stress in cucumber seedlings. **South African Journal of Botany**, v. 106, p. 23–28, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.05.008>.

VALIZADE, H. et al. Exogenous hydrogen peroxide enhances the response of corn (*Zea mays* L.) plants to drought stress. **Journal of Plant Molecular Breeding**, v. 10, n. 1, p. 60–73, 2022. <https://doi.org/10.22058/jpmb.2023.1987678.1269>.

VALNIR JÚNIOR, M. et al. Qualidade e vida útil pós-colheita dos frutos de melão submetidos a diferentes lâminas de irrigação. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e1211225091, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25091>.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 1957–1968, 1991. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/106202>. Acesso em: 1 abr. 2025.

WANG, X. et al. Osmolyte accumulation plays important roles in the drought priming induced tolerance to post-anthesis drought stress in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 166, p. 103804, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2019.103804>.

YANG, X. et al. Response mechanism of plants to drought stress. **Horticulturae**, v. 7, n. 3, p. 50, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **The Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209, 1955. <https://doi.org/10.1039/an9558000209>.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508–514, 1954. <https://doi.org/10.1042/bj0570508>.

ZHANG, K. et al. Seed priming with gibberellic acid and ethephon improved rice germination under drought stress via reducing oxidative and cellular damage. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 2679–2693, 2024. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01691-3>.

3 TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE MELOEIROS SOB ATENUADORES DE ESTRESSE SALINO

RESUMO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) está entre as cucurbitáceas com maior valor alimentício e econômico do mundo, sendo amplamente cultivada em locais de clima quente, com elevada evaporação, o que favorece a concentração de sais nas camadas superficiais do solo e na água de irrigação. O aperfeiçoamento de técnicas que permitem conhecer aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas e os mecanismos de tolerância ao excesso de sais no solo são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes. Assim, o objetivo foi analisar a tolerância, a atividade antioxidante e sugerir táticas de seleção baseadas em características para diferentes cultivares de meloeiro, empregando tratamento de sementes para atenuar os impactos da salinidade. O experimento foi conduzido em duas etapas, em ambas utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. Na primeira etapa, adotou-se o esquema fatorial 3×5 , combinando três níveis de estresse salino (0,0; -0,3 e -0,6 MPa) induzidos por cloreto de sódio (NaCl) e cinco cultivares de meloeiro: Dali, Supreme e Premier (grupo Amarelo); Asturia (grupo Pele de Sapo) e Imperial 45 (grupo cantaloupe). Nesta etapa foram obtidos os valores para germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea, conteúdo de açúcares solúveis totais, aminoácidos livres totais, e prolina. Os dados morfológicos e bioquímicos obtidos na primeira etapa foram categorizados após análise de cluster para a seleção de duas cultivares, uma sensível (Imperial 45) e outra tolerante (Asturia) ao estresse salino. A segunda etapa foi constituída pelas duas cultivares selecionadas anteriormente, submetidas à combinação entre a salinidade e os atenuadores: T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,3 MPa (salinidade), T3 = -0,3 MPa + hidrocondicionamento (12 horas), T4 = -0,3 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,3 MPa + ácido ascórbico e T6 = -0,3 MPa + ácido salicílico e T7 = -0,3 MPa + peróxido de hidrogênio. Além das variáveis analisadas na primeira etapa, também foram avaliadas o teor de citrulina e a atividade antioxidante por meio da quantificação dos níveis de peróxido de hidrogênio, malondialdeído e atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. Em geral, a aplicação de ácido giberélico e ácido ascórbico nas sementes mostrou-se eficaz para estimular tanto o aumento da atividade das enzimas do metabolismo antioxidante quanto a redução dos níveis de malondialdeído na cultivar Imperial 45. Na cultivar tolerante (Asturia), o ácido giberélico e o ácido ascórbico potencializaram o mecanismo de osmorregulação e a resposta antioxidante das plântulas quando expostas à salinidade.

Palavras-chave: *Cucumis melo*; salinidade; pré-germinativos; estresse oxidativo.

3 TOLERANCE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MELON PLANTS UNDER SALINE STRESS MITUITORS

ABSTRACT

Melon (*Cucumis melo* L.) is among the cucurbits with the highest nutritional and economic value worldwide. It is widely cultivated in hot climates with high evaporation, which favors the concentration of salts in the surface layers of the soil and in irrigation water. Improving techniques that allow us to understand the physiological and biochemical aspects of plants and the mechanisms of tolerance to excess salts in the soil are fundamental for the development of more efficient management strategies. Therefore, the objective was to analyze tolerance and antioxidant activity and suggest trait-based selection tactics for different melon cultivars, employing seed treatments to mitigate the impacts of salinity. The experiment was conducted in two stages, both using a completely randomized design, with four replicates of 50 seeds. In the first stage, a 3×5 factorial design was adopted, combining three levels of salt stress (0.0, -0.3, and -0.6 MPa) induced by sodium chloride (NaCl) and five melon cultivars: Dali, Supreme, and Premier (Yellow group); Asturia (Pele de Sapo group), and Imperial 45 (cantaloupe group). In this stage, values for germination, germination speed index, root and shoot length, root and shoot dry weight, total soluble sugar content, total free amino acids, and proline were obtained. The morphological and biochemical data obtained in the first stage were categorized after cluster analysis to select two cultivars, one sensitive (Imperial 45) and the other tolerant (Asturia) to salt stress. The second stage consisted of the two previously selected cultivars, subjected to the combination of salinity and attenuators: T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.3 MPa (salinity), T3 = -0.3 MPa + hydroconditioning (12 hours), T4 = -0.3 MPa + gibberellic acid, T5 = -0.3 MPa + ascorbic acid and T6 = -0.3 MPa + salicylic acid and T7 = -0.3 MPa + hydrogen peroxide. In addition to the variables analyzed in the first stage, the citrulline content and antioxidant activity were also evaluated by quantifying the levels of hydrogen peroxide, malondialdehyde and the activity of the enzymes superoxide dismutase, catalase and ascorbate peroxidase. In general, seed application of gibberellic acid and ascorbic acid proved effective in stimulating both increased activity of antioxidant metabolism enzymes and reduced malondialdehyde levels in the Imperial 45 cultivar. In the tolerant cultivar (Asturia), gibberellic acid and ascorbic acid enhanced the osmoregulation mechanism and antioxidant response of seedlings when exposed to salinity.

Keywords: *Cucumis melo* L.; salinity; pre-germination; oxidative stress.

3.1 INTRODUÇÃO

A queda da produtividade das lavouras em decorrência da salinização dos solos vem sendo motivo de preocupação no mundo todo, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, onde a baixa precipitação anual, alta evaporação e uso de água salobra na irrigação aumentam o risco de salinidade em ambientes agrícolas. (Funga; Pinar; Uzun, 2022; Machado; Serralheiro, 2017).

A salinidade leva a diminuição do potencial osmótico do solo, causando desidratação dos tecidos da planta, limitação de processos fisiológicos devido a toxicidade dos íons sódio (Na^+) e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), que em grandes concentrações, são responsáveis pela oxidação de macromoléculas como lipídios, proteínas e DNA (Kavian; Safarzadeh; Yasrebi, 2022; Yang et al. 2023). A combinação desses distúrbios afeta o crescimento das plantas ao longo de seu ciclo, sobretudo nas fases iniciais, como a germinação e emergência, que são consideradas críticas para sobrevivência das plântulas em campo (Khan et al. 2022).

O meloeiro (*Cucumis melo L.*) está entre as cucurbitáceas com maior valor alimentício e econômico no mundo. Essa hortaliça-fruto é amplamente cultivada em locais de clima quente, principalmente em regiões tropicais e subtropicais do planeta (Costa et al. 2023; Shahwar; Khan; Park, 2023). Algumas hortícolas, como o meloeiro, são consideradas moderadamente sensíveis à salinidade, uma vez que níveis intermediários de sais podem levar a redução da germinação, do crescimento e da produção de frutos (Castañares; Bouzo, 2020; Liu et al. 2025).

A resistência à salinidade está relacionada à constituição genética de cada genótipo (Li et al. 2023). Essa diversidade pode ser explicada por diversos elementos, que vão desde mecanismos fisiológicos específicos, como ajuste osmótico, até expressão genética exclusiva e padrões regulatórios, estruturas morfológicas diferenciadas (Chen et al. 2024). Em cucurbitáceas, tais estratégias incluem modificações no crescimento radicular e da parte aérea, acúmulo de osmólitos compatíveis, regulação estomática, compartimentalização de íons, ativação de sistemas antioxidantes e a modulação da expressão gênica, as quais desempenham papel fundamental nos mecanismos de tolerância à salinidade (Ulas; Hama Ameen; Ulas, 2024). No entanto, esses mecanismos podem não ser os únicos responsáveis pela tolerância no meloeiro.

O aperfeiçoamento de técnicas que permitem modular aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas é a base dos estudos que buscam melhorar os mecanismos de tolerância ao excesso de sais no solo (Zhou et al. 2024). Dentre as mais investigadas, o tratamento pré-

germinativo de sementes com atenuadores de estresse tem se mostrado eficaz nas diferentes culturas, promovendo melhoria de aspectos fisiológicos das plantas (Zulfiqar, 2021).

Estudos têm demonstrado que o uso de substâncias como os ácidos ascórbico (ASC), giberélico (AG) e salicílico (AS), aumentam a tolerância de plantas quando semeadas em condições de salinidade (Guirra et al. 2022; Maach et al. 2021; Silva et al. 2023). Outros agentes como o peróxido de hidrogênio, quando usado em doses baixas, no tratamento de sementes de meloeiro é capaz de melhorar a capacidade germinativa e o crescimento plântulas (Limão et al. 2022a). O hidrocondicionamento configura-se como alternativa de baixo custo para o pré-tratamento de sementes, uma vez que estudos realizados em cucurbitáceas, têm demonstrado respostas satisfatórias sobre a germinação e crescimento das plântulas (Ermiş et al. 2021).

O aumento da tolerância ao estresse salino estimulada pelo uso de atenuadores abrange o acúmulo de substâncias osmoprotetoras, a absorção seletiva de íons e a compartimentação e o estímulo o aprimoramento da capacidade de remoção de EROs através regulação do sistema enzimático antioxidante (Alves et al. 2022; Kaur et al. 2024). Este sistema é vital para a proteção das plantas, sendo encarregado do equilíbrio das EROs e assegurando o desenvolvimento normal das plantas quando expostas ao estresse salino (Nadarajah, 2020).

Com base no exposto, sugere-se que a aplicação de tratamentos pré-germinativos em sementes de meloeiro, aliada à identificação de aspectos bioquímicos da resistência ao estresse salino, possa favorecer a aclimação das plantas, minimizando os efeitos prejudiciais da salinidade.

A hipótese investigada é que o uso de sementes tratadas com atenuadores ameniza os efeitos prejudiciais dos sais ao estimular o sistema antioxidante de defesa da espécie, sendo a intensidade da resposta afetada pelo grau de tolerância da cultivar à salinidade. Assim, objetivou-se analisar a tolerância, a atividade antioxidante e sugerir táticas de seleção baseadas em características para diferentes cultivares de meloeiro, empregando o tratamento de sementes para atenuar os impactos da salinidade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas dependências do Laboratório de Análise de Sementes (LAS) pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró/RN, Brasil.

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a etapa I destinada a seleção de duas cultivares de meloeiro, uma sensível e outra tolerante, e o nível de salinidade a ser utilizado na

etapa II. A segunda etapa consistiu na avaliação do efeito de tratamentos pré-germinativos sobre o sistema de defesa enzimático de plântulas de meloeiro.

3.2.1 Etapa I

Nesta etapa o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5 com quatro repetições de 50 sementes. O primeiro fator foi constituído por três níveis de salinidade (0,0; -0,3 e -0,6 MPa) e o segundo formado pelas cinco cultivares de meloeiro: Dalí; Premier e Supreme (grupo Amarelo), Imperial 45 (grupo Cantaloupe) e Asturia (grupo Pele-de-Sapo).

Para a execução do experimento, as sementes das cinco cultivares foram distribuídas em rolos de papel toalha umedecidos, na quantidade equivalente a duas vezes o peso do papel seco, com soluções de cloreto de sódio (NaCl) nos potenciais osmóticos: 0,0; -0,3 e -0,6 MPa (Oliveira et al. 2019). Os rolos de papel foram acondicionados em saco de plástico transparente e colocados em germinador *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a 25°C com fotoperíodo de 8 horas (Brasil, 2019).

Durante o teste de germinação foram realizadas avaliações diárias até o oitavo dia após a semeadura, sendo consideradas germinadas as sementes que produziram plântulas normais, ou seja, com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas (Brasil, 2019). Ao final do teste, foram avaliadas as seguintes variáveis:

Germinação (G): a germinação das sementes foi obtida pela porcentagem de plântulas normais produzidas ao final do oitavo dia após a semeadura (Brasil, 2019).

Índice de velocidade de germinação (IVG): contagens diárias do número de plântulas normais foram realizadas e o cálculo seguiu as recomendações de Maguire (1962).

Crescimento de plântulas: ao final do teste de germinação, mensurou-se o comprimento da raiz (CR) e parte aérea (CPA) com auxílio de uma régua graduada em milímetros, 10 plântulas normais aleatorizadas por repetição. As plântulas foram seccionadas em raiz e parte aérea, secas em estufa de circulação de ar, ajustada a 65 °C, e pesadas em balança de precisão (0,0001g) para obtenção dos valores de massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA).

O material vegetal remanescente em cada repetição foi colhido, congelado em nitrogênio líquido (-196 °C) e armazenado em ultrafreezer (-80 °C) para posterior obtenção do extrato bruto. Essa biomassa vegetal passou por maceração manual em nitrogênio líquido, sendo em seguida, separado em triplicatas contendo aproximadamente 0,2 g do material macerado. Cada uma das amostras foi acondicionada em tubo plástico hermético e diluída em 1 mL de etanol a 80% (v/v), passando em seguida, por aquecimento em banho-maria a 60 °C por 20 minutos. Transcorrido esse tempo, os tubos foram centrifugados (4 °C, 10.000 RPM) por 10 minutos.

Em seguida, o sobrenadante foi coletado e o resíduo utilizado em mais duas extrações, totalizando 3 mL de extrato.

Determinações bioquímicas: a dosagem de açúcares solúveis totais (AST) foi determinada pelo método da antrona (Yemm; Willis, 1954), tendo a glicose como substância padrão e os resultados expressos em μmol de GLU g^{-1} de massa fresca. A quantificação de aminoácidos livres totais (AALT) foi obtida pelo método da ninhidrina ácida (Yemm; Cocking; Ricketts, 1955), tendo como base a curva padrão da glicina e os resultados expressos em μmol de GLY g^{-1} de massa fresca. Para a determinação da prolina livre (PRO) foi seguida a metodologia proposta por Bates; Waldren; Teare, (1973) e os resultados expressos em μmol PRO g^{-1} de massa fresca.

3.2.2 Etapa II

Esta etapa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2×7 com quatro repetições de 50 sementes. O primeiro fator correspondeu as duas cultivares (uma sensível e outra tolerante) provenientes do primeiro experimento, e o segundo pela combinação entre os atenuadores e a salinidade: T1 = 0,0 MPa (controle); T2 = - 0,30 MPa + sementes não tratadas (salinidade); T3 = - 0,30 MPa + hidrocondicionamento (12h); T4 = - 0,30 MPa + ácido giberélico (50 mg/L^{-1}); T5 = - 0,30 MPa + ácido Salicílico (50 mg/L^{-1}); T6 = - 0,30 MPa + ácido Ascórbico (50 mg/L^{-1}); T7 = - 0,30 MPa + peróxido de hidrogênio (15 mM). Os tipos de atenuadores bem como as concentrações utilizadas foram determinados após consultas prévias à literatura e por meio de testes preliminares.

As sementes foram dispostas em rolos de papel umedecido com cada uma das soluções contendo os atenuadores na proporção de duas vezes a massa do papel. Em seguida, os rolos foram acondicionados em saco plástico transparente e colocados em germinador a 25°C, por 12 horas no escuro, período determinado após a construção da curva de embebição (Figura S1). Em seguida as sementes foram semeadas em substrato de papel toalha, no sistema de rolos, umedecido na proporção de duas vezes o seu peso seco com solução de cloreto de sódio (NaCl) na concentração de -0,3 MPa. Os rolos de papel foram acondicionados em saco de plástico transparente e colocados em germinador *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a 25°C com fotoperíodo de 8 horas (Brasil, 2019).

Nesta etapa II foram executadas as mesmas análises da primeira, acrescidas da quantificação de citrulina, da avaliação da atividade das enzimas do metabolismo antioxidativo, teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica, determinada indiretamente pelo conteúdo de malondialdeído (MDA). Para tanto, o material vegetal necessário para a obtenção

do extrato foi coletado após as determinações biométricas, sendo utilizadas plântulas normais oriundas de cada uma das repetições.

Para a extração da citrulina 0,5 g de matéria fresca foi macerada em 1,5 mL de etanol 96% (v/v). Os extratos foram transferidos para frascos e aquecidos a 100 °C até completa evaporação do etanol. Os resíduos foram dissolvidos em 1,5 mL de água destilada, agitados vigorosamente e, em seguida, centrifugados. Após centrifugação (10 min, 5000 g, 24° C), o sobrenadante foi removido e armazenado a -20 °C até a quantificação. A quantificação da citrulina (CIT) foi adaptada a partir da proposta por Knipp e Vašák (2000) e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol CIT g}^{-1}$ de massa fresca.

Para a determinação do teor de peróxido de hidrogênio e MDA, obteve-se o extrato pesando-se aproximadamente 0,2 g de material vegetal que foi fixado com nitrogênio líquido e macerado juntamente com 2 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 0,1% (m/v) e polivinilpirrolidona (PVPP) a 20% (m/m) durante 1 minuto. Após homogeneização, as amostras passaram por centrifugação a 10.000g e 4 °C durante 5 minutos.

A atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase nas plântulas foi determinada após obtenção do extrato bruto. Para a extração do conteúdo proteico, seguiu-se a metodologia estabelecida por Azevedo et al. (1998) com modificações. O material vegetal colhido foi congelado com adição de nitrogênio líquido e macerado com 20% (m/v) de PVPP até a formação de pó homogêneo. Em seguida, as amostras com aproximadamente 0,5 g foram solubilizadas em 3 mL de solução tampão de fosfato de potássio (100 mM, pH 7,5), suplementado com 1 mM de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e 3 mM de DDT (Ditiotreitol). Aliquotas foram retiradas e separadas em frascos e centrifugadas a 10.000 RPM a 4 °C por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado a frio (mantidos em banho de gelo) e armazenados em tubos Eppendorf sob resfriamento.

O teor de peróxido de hidrogênio (PH) foi mensurado com a utilização da metodologia estabelecida por Alexieva et al. (2001), que utiliza iodeto de potássio. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 390 nm, com valores expressos em $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ g de massa fresca}^{-1}$.

A peroxidação lipídica foi determinada de acordo com Heath e Packer, (1968) com modificações. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 535 e 600 nm, sendo os valores expressos em $\mu\text{mol de MDA g massa fresca}^{-1}$.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi mensurada utilizando o ajuste da metodologia proposta por Giannopolitis e Ries, (1977). Após a exposição à luz, as amostras foram analisadas por espectrofotometria no comprimento de onda de 560 nm. A marcha

analítica para cada uma das amostras foi realizada em triplicata e os resultados expressos em U.mg proteína⁻¹.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada por meio do protocolo adaptado por Azevedo et al. (1998) do trabalho realizado por Havir e McHale, (1987). A reação foi monitorada em espectrofotômetro ajustado para 240 nm a 25 °C, sendo marcadas as absorbâncias no tempo inicial 0 e após 60 segundos. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol min. mg proteína}^{-1}$.

Para a atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX) foi seguida a metodologia proposta por Nakano e Asada Kozi (1981) com algumas adaptações. A atividade da APX foi determinada pela oxidação do ascorbato medida em espectrofotômetro ajustado para 290 nm a 30 °C, por 60 segundos. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol min. proteína}^{-1}$.

3.2.3 Análise estatística

Os dados obtidos na etapa I foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Os efeitos isolados, bem como as interações, foram avaliados pelo teste de agrupamento de médias de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). Os mesmos dados foram submetidos à análise de cluster pelo método de Ward, levando em consideração a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Para tal, foi utilizado o software PAleontological STatistics – PAST 4 (Hammer; Harper; Ryan, 2001). Os dados da etapa II passaram por análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$), sendo as cultivares comparadas pelo teste t e as médias dos atenuadores agrupadas pelo teste de Skott-Knott, ambos a 5% de significância. As análises dos dados das etapas I e II foram realizadas com auxílio do SISVAR (Ferreira, 2019).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Etapa I

Após a análise de variância, observa-se uma interação significativa ($p \leq 0,01$) entre as cultivares de meloeiro e os níveis de déficit hídrico em relação à germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da raiz e parte aérea, massa seca da raiz e parte aérea. (Tabela 1). Isso sugere que as cultivares apresentam respostas distintas aos variados níveis de salinidade.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do estresse salino.

Fontes de variação	Quadrado médio					
	G	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
	(%)		cm/plântula		mg/plântula	
Cultivares (Cult.)	1456,33**	24,02**	24,38**	9,15**	1,92**	27,43**
Estresse salino (ES)	32767,26**	403,49**	163,46**	93,33**	21,08**	0,57**
Cult. X ES	1367,68**	11,01**	14,28**	1,11**	4,41**	3,28**
CV (%)	4,98	5,48	9,17	12,04	13,16	8,21

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

Observou-se uma diminuição tanto da germinação (G) quanto do índice de velocidade de germinação (IVG) para todas as cultivares sob condições severas (-0,6 MPa) de estresse salino. No entanto, a cultivar Asturia apresentou a maior porcentagem de sementes germinadas, atingindo 70%, seguida da cv. Dali com 27% (Tabela 2). Para o mesmo nível de déficit hídrico, a cultivar Asturia exibiu uma velocidade de germinação maior (6,40). A cv. Imperial 45 exibiu os menores índices de germinação (74%) e IVG (6,72), mesmo quando submetida ao nível mais baixo de estresse salino (-0,3 MPa).

Tabela 2. Médias da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função do estresse salino.

Cultivares	G (%)			IVG		
	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa
Dali	92 aA	92 bA	27 bB	11,42 aA	9,12 aB	2,50 bC
Supreme	94 aA	97 aA	0 cB	9,30 cA	9,52 aA	0,00 cB
Imperial 45	84 bA	74 cB	0 cC	7,97 dA	6,72 bB	0,00 cC
Asturia	87 bA	90 bA	70 aB	10,75 bA	8,75 aB	6,40 aC
Premier	94 aA	93 bA	0 cB	11,67 aA	9,15 aB	0,00 cC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

As cultivares Asturia e Dali demonstraram maior resistência ao estresse salino (-0,6 MPa), embora com reduções significativas no potencial germinativo, com quedas de 19,5% e 70%, respectivamente. Em relação às cultivares Supreme, Imperial 45 e Premier, a redução da capacidade germinativa foi extremamente acentuada no nível de -0,6 MPa, o que também se refletiu no IVG.

Ao examinar os efeitos sobre o comprimento da raiz, nota-se que, com um potencial osmótico de -0,3 MPa, ocorreu um crescimento da raiz em relação ao controle para as cultivares

Dali (65,5%), Imperial 45 (23,8%), Asturia (58,5%) e Premier (24,7%). Ao mesmo tempo, a cultivar Supreme apresentou redução no comprimento da raiz para o mesmo nível de estresse (Tabela 3). Adicionalmente, sob a condição de estresse mais severa (-0,6 MPa), observou-se uma redução do CR em todas as cultivares. Contudo, as cultivares Asturia e Dali exibiram maior capacidade de crescimento radicular em relação as demais cultivares.

Tabela 3. Médias dos comprimentos de raiz (CR) e parte aérea (CPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função do estresse salino.

Cultivares	CR (cm/plântula)			CPA (cm/plântula)		
	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa
Dali	6,72 aB	11,12 aA	5,59 aC	5,04 cA	5,31 bA	1,72 aB
Supreme	7,23 aA	4,52 cB	2,53 cC	5,73 bA	4,20 cB	1,61 aC
Imperial 45	7,35 aB	9,10 bA	0,00 dC	4,07 dA	3,58 cA	0,00 bB
Asturia	6,96 aB	11,03 aA	5,79 aC	4,95 cA	5,25 bA	1,91 aB
Premier	7,90 aB	9,85 bA	3,61 bC	6,82 aA	6,37 aA	1,79 aB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

O nível de estresse salino moderado (-0,3 MPa) reduziu o comprimento da parte aérea (CPA) na maioria das cultivares em comparação aos valores registrados para o tratamento controle, as exceções foram as cvs. Dali e Asturia que apresentaram um tamanho médio maior, porém sem diferir estatisticamente do tratamento sem estresse salino (Tabela 3). No que diz respeito ao CPA, nota-se que a cultivar Premier apresentou redução acentuada no CPA para o nível de -0,6 MPa, atingindo 73,8%. A cultivar supreme exibiu a maior redução (26,7%) da parte aérea dentre as outras cultivares para o nível de -0,3 MPa. Assim, o aumento da severidade do estresse salino teve um efeito negativo no CPA das cultivares de meloeiro.

Ao serem expostas ao nível de -0,3 MPa, houve um aumento na massa seca das raízes nas cultivares Dali, Asturia e Premier (Tabela 4). Nessas cultivares, o crescimento radicular apresentou aumento de 107,4%, 37,7% e 16%, respectivamente, em decorrência da salinidade, embora não tenha havido diferença estatística na cv. Premier em comparação ao controle. No estágio mais crítico de estresse salino (-0,6 MPa), a cultivar Dali registrou um aumento de 18,3% na massa seca das raízes (MSR) comparado ao grupo de controle.

Tabela 4. Médias das Massas secas de raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função do estresse salino.

Cultivares	MSR (mg/plântula)			MSPA (mg/plântula)		
	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa
Dali	2,42 cB	5,02 aA	2,87 aB	4,97 aB	4,67 bB	6,16 aA
Supreme	3,50 bA	2,92 cA	2,10 bB	4,7 aB	5,16 aB	6,11 aA
Imperial 45	4,45 aA	3,92 bA	0,00 cB	2,29 cA	2,54 dA	0,00 cB
Asturia	3,45 bB	4,75 aA	3,00 aB	3,89 bC	4,21 cB	4,87 bA
Premier	3,25 bA	3,77 bA	2,35 bB	4,11 bB	4,04 cB	4,59 bA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

No que diz respeito à massa seca da parte aérea (MSPA), constatou-se um crescimento significativo (8,2%) para a cultivar Asturia no nível de -0,3 Mpa (Tabela 4). Por outro lado, as cultivares Dali (23,9%), Supreme (30%), Asturia (25,2%) e Premier (11,7%) exibiram um crescimento maior da parte aérea em relação ao controle, mesmo sob a condição de maior estresse (-0,6 MPa).

A análise de variância para a quantificação de açúcares solúveis totais, aminoácidos livres totais e prolina livre, determinou interação ($p \leq 0,01$) para as cultivares e os potenciais osmóticos para o estresse salino (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do estresse salino.

Fontes de variação	Quadrado médio		
	AST	AALT	PRO
	mg/g MF	μmol/g MF	
Cultivares (Cult.)	59,39**	10,71**	5786,66**
Estresse salino (ES)	160,36**	253,82**	57,86ns
Cult. x ES.	113,58**	4,63**	2080,32**
CV (%)	8,82	16,10	7,11

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

As análises bioquímicas indicaram que a quantidade de açúcares variou de acordo com os tratamentos aplicados às diferentes cultivares e os níveis de estresse salino (Tabela 6). No nível mais alto (-0,6 MPa), registrou-se um aumento de 14,69%, 6,05%, 10,69%, 2,88% no teor de açúcares para as cultivares Dali, Supreme, Asturia e Premier, em relação ao controle, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6. Médias da quantificação de açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres totais (AALT) e prolina livre (PRO) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em função do estresse salino.

Cultivares	AST (mg/g MF)			AALT (μmol/g MF)			PRO (μmol/g MF)		
	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa	0,0 MPa	-0,3 MPa	-0,6 MPa
Dali	5,55 bC	13,08 aB	20,24 aA	9,60 aA	1,25 aC	4,81 aB	83,83 aB	76,20 bC	124,97 aA
Supreme	5,84 bB	12,28 aA	11,89 cA	9,33 aA	1,37 aC	3,47 bB	80,99 aC	89,35 aB	98,81 bA
Imperial 45	11,25 aA	11,56 aA	0,00 eB	7,35 bA	1,50 aB	0,00 dC	66,31 bA	56,24 cB	0,00 eC
Asturia	5,54 bC	9,57 bB	16,23 bA	7,78 bA	2,15 aB	2,46 cB	69,54 bA	61,47 cB	75,37 cA
Premier	4,22 cC	11,67 aA	7,10 dB	6,66 bA	1,46 aB	1,86 cB	60,65 bA	62,88 cA	61,23 dA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação aos aminoácidos, houve uma redução na dosagem em detrimento do nível de estresse, sobretudo no nível -0,3 Mpa (Tabela 6). As maiores concentrações foram obtidas

para o tratamento controle. No nível de -0,6 MPa, o teor de prolina aumentou nas cultivares Dali (41,1%) e Supreme (17,8%), porém não houve diferença em comparação ao controle para Astúria e Premier.

A análise dos dados comprovou que para a cultivar Imperial 45 ocorreu o comprometimento da capacidade germinativa, principalmente no nível mais elevado de estresse, sendo considerada sensível. Ao final da etapa I verificou-se que a cultivar Astúria expressou maior resistência à salinidade, sendo considerada tolerante a esta condição.

Os dados passaram por análise de agrupamentos, sendo considerada a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, e adotado o valor de 3,5 como referência para a formação de quatro grupos provenientes das combinações entre as cultivares (C) e os níveis de salinidade (S).

No dendrograma (Figura 1), o grupo I foi constituído pelas cultivares na ausência de estresse (0,0 MPa), sendo este tratado como controle. Já os grupos II, III e IV incluem as cultivares analisadas em condições de salinidade (0,6 MPa). Nesse contexto, o grupo II destaca-se pela maior capacidade de germinação em condições de salinidade, sendo visto que a cultivar Astúria obteve as melhores respostas quando submetida à essas condições. No grupo IV se encontra a cultivar Imperial 45, considerada sensível à salinidade.

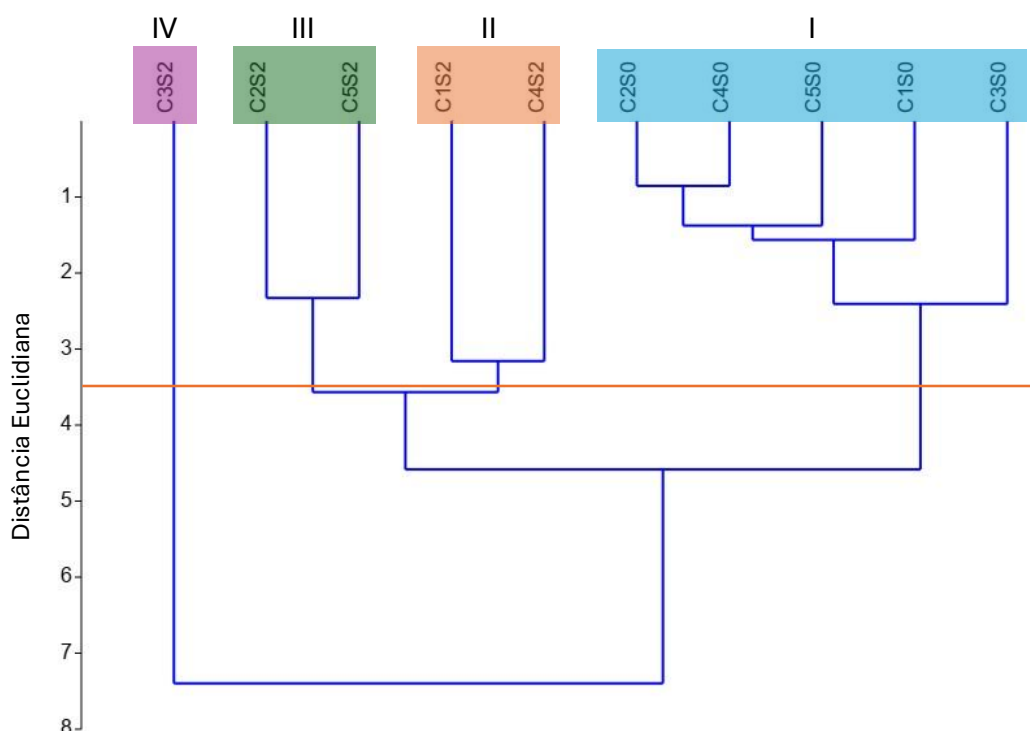


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação dos níveis de salinidade (S) e cultivares (C) de meloeiro (*Cucumis melo* L.). Sendo, N0 = 0,0 MPa; N2 = -0,6 MPa; C1 = Dali; C2 = Supreme; C3 = Imperial 45; C4 = Astúria e C5 = Premier.

Dessa forma, para a segunda etapa do experimento, foram selecionadas as cultivares Astúria e Imperial 45 como tolerante e sensível ao estresse salino, respectivamente. O nível selecionado para simulação da salinidade foi o de -0,3 MPa, por este potencial ser suficiente para reduzir a germinação e o crescimento, mas ainda permitir a produção de material vegetal utilizadas nos experimentos seguintes.

3.3.2 Etapa II

A análise de variância mostrou uma interação altamente significativa ($p < 0,01$) entre cultivares e atenuadores do estresse salino em relação ao comprimento da raiz e parte aérea, massa seca da raiz e parte aérea (Tabela 7). Além disso, a germinação e o índice de velocidade de germinação apresentaram efeito isolado em relação à cultivar ($p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente) e tratamentos ($p \leq 0,01$).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do tratamento com atenuadores.

Fontes de variação	Quadrado médio					
	G	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
	(%)		cm/plântula		mg/plântula	
Cultivares (Cult.)	457,14*	102,43**	2,64**	41,17**	1,41**	80,64**
Tratamento atenuadores (TA)	439,47**	15,38**	15,91**	7,74**	3,93**	1,53**
Cult. X TA	158,80ns	2,22ns	2,98**	4,82**	0,76**	0,65**
CV (%)	11,89	13,46	11,21	24,78	13,84	13,69

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

A germinação (Figura 2A) e o índice de velocidade de germinação – IVG (Figura 2B) das cvs. Astúria e Imperial 45 tiveram comportamentos diferentes em razão da tolerância à salinidade. Os valores de germinação e IVG da cv. Astúria foram superiores em 8,4 e 31%, respectivamente, em relação à Imperial 45.

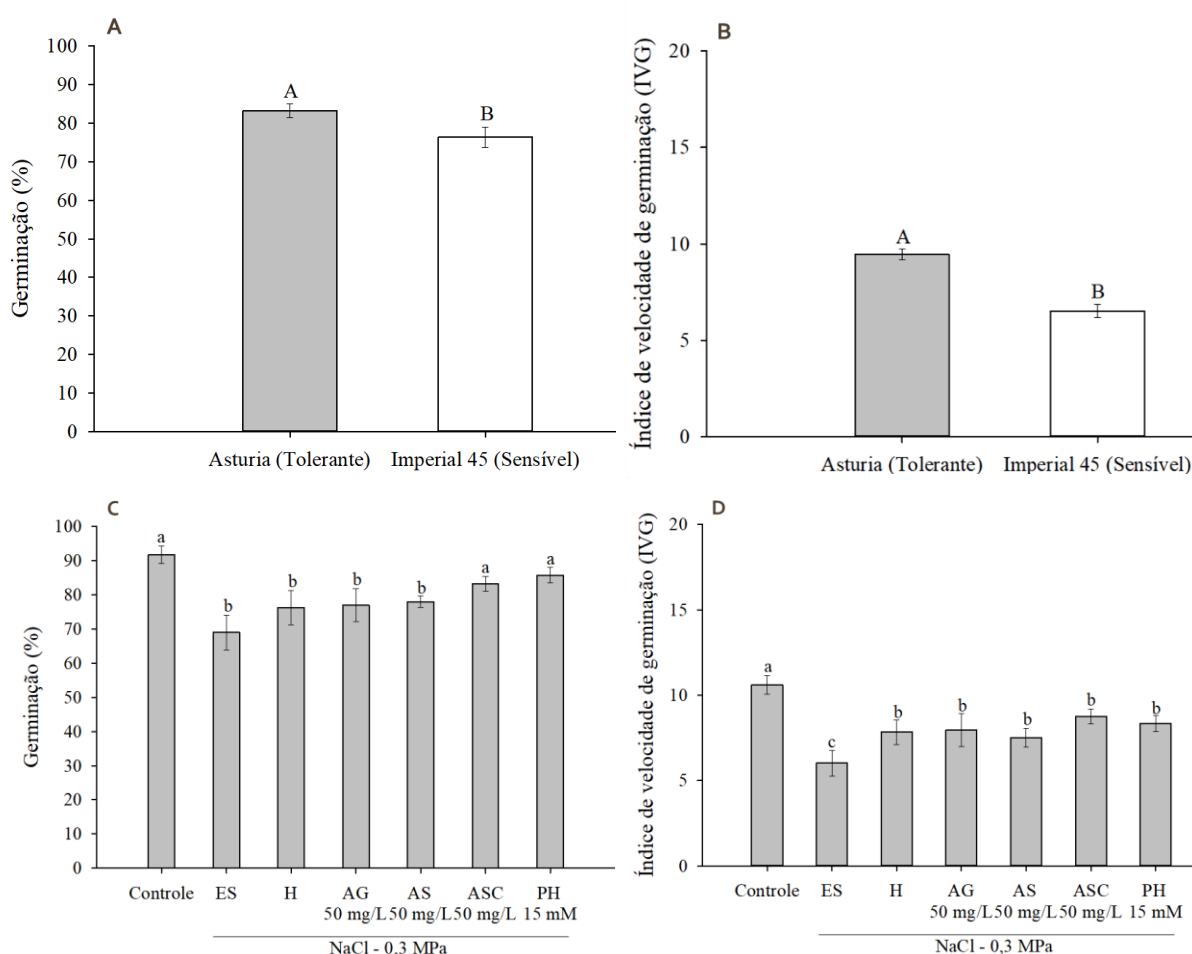


Figura 2. Germinação (A e C) e índice de velocidade de germinação – IVG (B e D) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto às respostas da germinação (Figura 2C) e do índice de velocidade de germinação (Figura 2D) aos tratamentos, verificou-se que a salinidade afetou negativamente estas variáveis, reduzindo em 25% e 43%, respectivamente, em comparação com o tratamento controle. Além disso, a utilização do ácido ascórbico (ASC) e o peróxido de hidrogênio (PH) foram eficazes em proporcionar, para germinação, valores próximos aos do controle. O tratamento pré-germinativo das sementes elevou o IVG em comparação à salinidade, porém não apresentaram diferenças significativas entre estes.

O nível de salinidade de -0,3 MPa impactou negativamente no tamanho das plântulas para Asturia e Imperial 45, sendo verificadas reduções de 48,4% e 26%, respectivamente, no comprimento da raiz (Figura 3A). O comprimento da parte aérea também foi prejudicado pelo

estresse, principalmente na cultivar Astúria, havendo redução de 68,5% (Figura 3B). No entanto, a utilização do PH proporcionou incremento de 19% e 20% da raiz nas cultivares sensível e tolerante, em relação às sementes submetidas apenas ao estresse salino. Adicionalmente, a utilização de ASC na cv. Imperial 45 acarretou resultados semelhantes ao verificado para o peróxido de hidrogênio. No que diz respeito ao comprimento da parte aérea, os demais tratamentos pré-germinativos não diferiram estatisticamente dos obtidos pelo tratamento salinidade para ambas as cultivares (Figura 3B).

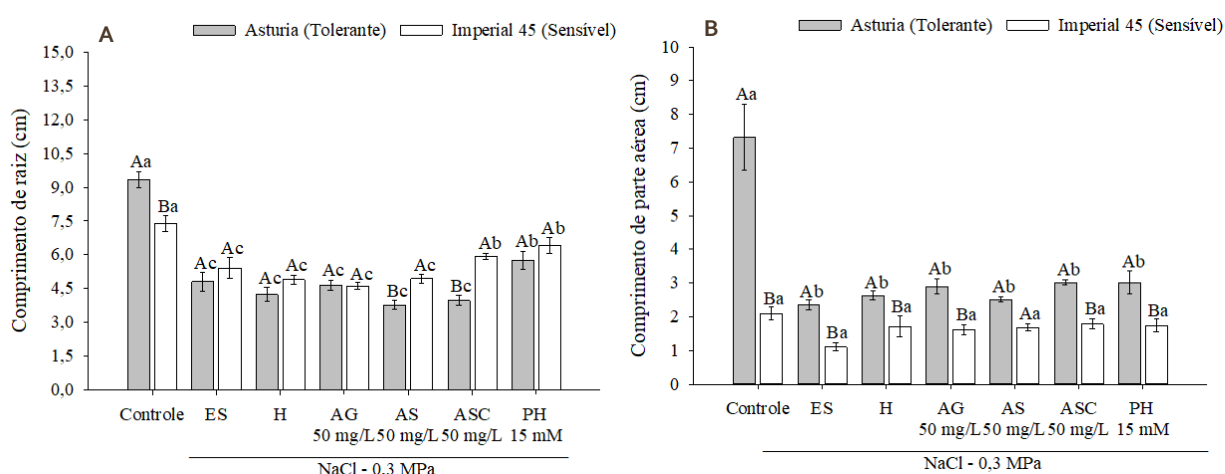


Figura 3. Comprimento de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A massa seca da raiz decresceu 44,8% e 37,5%, respectivamente, para as cultivares Astúria e Imperial 45 (Figura 4A) quando submetidas ao estresse salino. Já o crescimento da parte aérea foi reduzido em 32,1% e 35% para Astúria e Imperial 45 (Figura 4B). Entretanto, para a cv. Astúria os resultados da MSR indicaram que o PH melhorou o desenvolvimento radicular em 35% quando comparado ao ES. Tanto o ASC quanto o PH proporcionaram incrementos de 26% de matéria seca radicular para a cultivar Imperial 45. Para a massa seca da parte aérea, não foi observada diferenças significativas na ação dos atenuadores em comparação ao estresse salino.

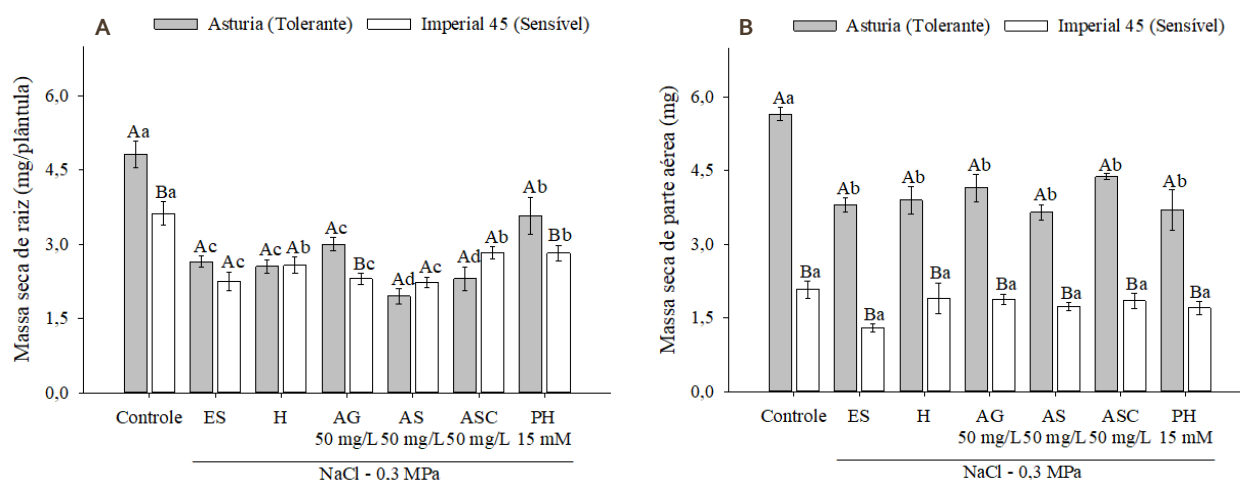


Figura 4. Massa seca de raiz (A) e parte aérea (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao conteúdo de açúcares solúveis totais (AST), o tratamento salino aumentou 29,4% o conteúdo de AST na cultivar sensível, em comparação ao controle (Figura 6A). O hidrocondicionamento das sementes se destacou nesta cultivar, aumentando em 82,5% o teor de AST em comparação às ao tratamento sem estresse. Na cv. Asturia, não houve variação na quantificação de AST entre o controle e o tratamento ES, entretanto, a embebição das sementes em AG promoveu acúmulo 57,9% maior em relação as sementes não tratadas e submetidas ao estresse salino (Figura 6A).

Para os aminoácidos livres Totais (Figura 6B), o estresse salino também resultou em um aumento significativo em comparação ao controle na cv. Imperial 45, com variação de 59,2%. O tratamento com hidrocondicionamento (H) aumentou 100,0% o teor de AALT em comparação ao estresse isolado na cultivar sensível. A utilização dos ácidos giberélico (AG), salicílico (AS) e ascórbico (ASC), tiveram resultados semelhantes e não diferiram estatisticamente do hidrocondicionamento. Para Asturia, os tratamentos com AG e AS resultaram em maior acúmulo de AALT, um aumento de 27,9% e 24%, respectivamente (Figura 6B).

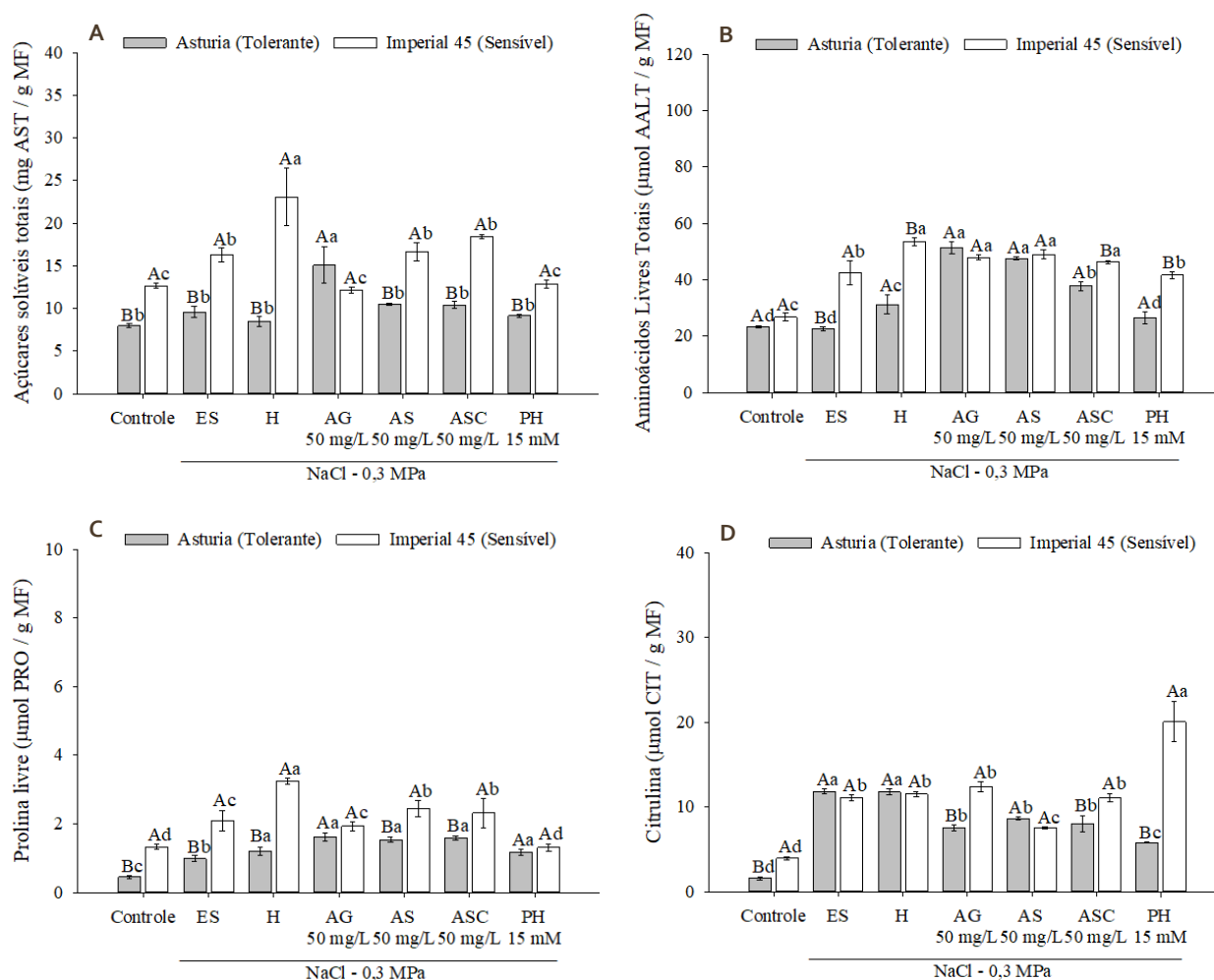


Figura 5. Açúcares solúveis totais (A), Aminoácidos livres totais (B), Prolina livre (C) e Citrulina (D) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Além disso, os níveis de prolina foram mais elevados sob estresse salino em relação ao controle, com aumentos de 120,0% e 57,1% para as cvs. Asturia e Imperial 45, na ordem (Figura 6C). Dentre os atenuadores, o hidrocondicionamento elevou em 140,6% o nível de prolina em relação ao registrado sob estresse salino para a cv. Imperial 45. Na cv. Asturia (Figura 6C), não houve diferenças entre os atenuadores testados, embora o tratamento com ácido giberélico (AG), tenha aumentado em 260,0% o teor de prolina em relação ao controle.

Em comparação ao controle, o estresse salino aumentou os níveis de citrulina nas cvs. Asturia e imperial 45, em 650,0% e 184,6%, respectivamente (Figura 6D). O tratamento que mais promoveu o acúmulo de citrulina foi o peróxido de hidrogênio (PH), com um aumento de

80,2% em comparação ao estresse isolado para Imperial 45. O hidrocondicionamento (H) das sementes foi o que melhor atuou no acúmulo de citrulina na cultivar tolerante, embora sem diferença estatística para o ES (Figura 6D).

A análise de variância revelou interação altamente significativa ($p \leq 0,01$) entre cultivares e atenuadores do estresse salino para o teor de malondialdeído, catalase e ascorbato peroxidase (Tabela 8). A atividade da SOD apresentou efeito isolados das cultivares ($p \leq 0,01$) e dos tratamentos ($p \leq 0,01$). O teor de peróxido de não obteve efeito significativo para nenhuma das fontes de variação ($p > 0,05$).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para peróxido de hidrogênio (PH), malondialdeído (MDA), superóxido dismutase (SOD) catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) de cultivares de *Cucumis Melo* L. em função do tratamento com atenuadores.

Fontes de variação	Quadrado médio				
	PH	MDA	SOD	CAT	APX
	($\mu\text{mol/g MF}$)		(U SOD/mg de proteína)	($\mu\text{mol/min/mg de proteína}$)	
Cultivares (Cult.)	0,52ns	12,93**	91,13**	18,36*	5945,79*
Tratamento atenuadores (TA)	1,49ns	2,87**	20,85**	21,85**	5943,17**
Cult. X TA	1,47ns	1,02**	2,83ns	38,63**	5109,31**
CV (%)	53,00	20,92	32,18	23,40	34,79

ns Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variação.

Os resultados para o teor de peróxido de hidrogênio (Figura 6A) em função das cultivares, apontam para a maior presença deste composto na cv. Astúria, sendo 9,5% superior aos valores obtidos na Imperial 45. No entanto, não foram constatados efeitos significativos das cultivares, tampouco da aplicação dos tratamentos pré-germinativos em relação ao estresse salino.

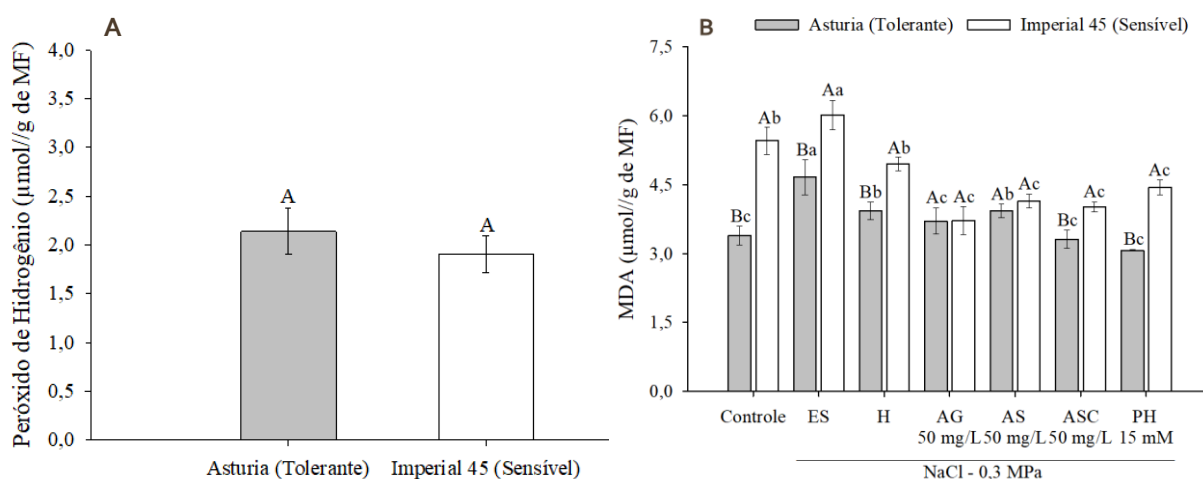


Figura 6. Peróxido de hidrogênio (A e C) e peroxidação lipídica expressa pelo teor de malondialdeído (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

O estresse salino resultou em um aumento de 37,5% e 10,3% nos níveis de malondialdeído (MDA) em comparação ao controle para Astúria e Imperial 45, respectivamente (Figura 7B). Dentre os tratamentos atenuadores, os ácidos giberélico (AG), salicílico (AS) e ascórbico (ASC), além do peróxido de hidrogênio (PH) mostraram-se eficazes na diminuição dos níveis de MDA, reduzindo-os em cerca de 38,1%, 31,3%, 33,3% e 26,1% em comparação ao estresse isolado para Imperial 45, respectivamente. Os atenuadores AG, ASC e PH causaram reduções menores para Astúria, correspondendo a 20,6%, 29,0% e 34,1%, respectivamente (Figura 7B).

A ação da enzima superóxido dismutase (SOD) foi influenciada isoladamente pelas cultivares e tratamentos. Na cultivar Imperial 45 a atividade da SOD foi 67,8% superior quando comparada a cultivar Astúria (Figura 7A). O estresse salino foi responsável por elevar a atividade dessa enzima em 171,1% em relação ao controle (Figura 7B). A utilização do ácido giberélico (AG) promoveu uma maior ativação da SOD (142,5%) em comparação ao controle, no entanto, os valores não diferem estatisticamente do tratamento estresse salino (ES). Os ácidos, salicílico (AS) e ascórbico (ASC), além do peróxido de hidrogênio (PH), incrementaram a ação da SOD em comparação ao controle, no entanto, seus valores ficaram abaixo do tratamento isolado para o estresse salino.

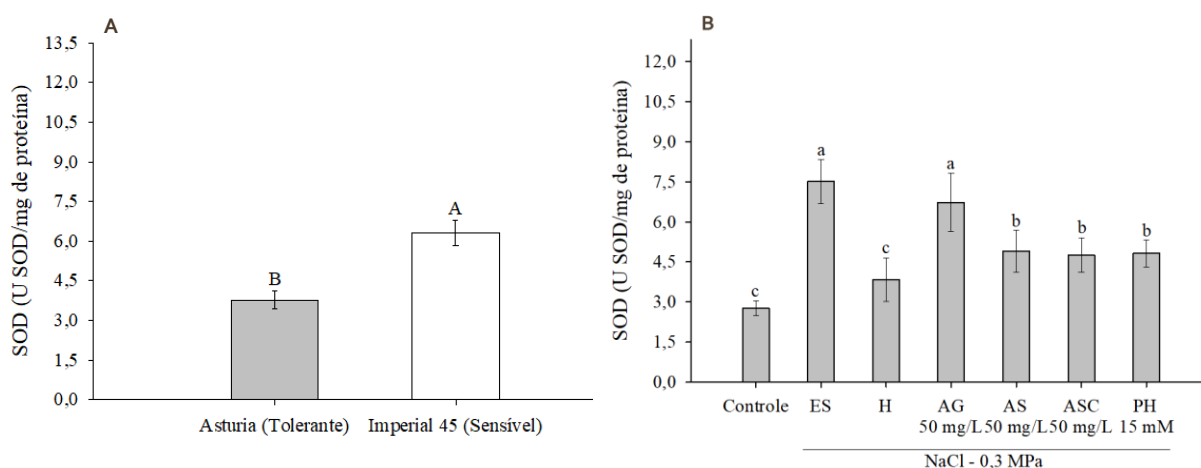


Figura 7. Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A e B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As atividades das enzimas antioxidantes catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) demonstraram resultados distintos entre as cultivares de meloeiro e os tratamentos com pré-germinativos com atenuadores. A CAT (Figura 8A), na cultivar tolerante, aumentou 80,3% nas plântulas submetidas ao estresse salino. Enquanto na cultivar sensível, o estresse causou uma menor (32,5%) atividade desta enzima. A utilização dos ácidos, giberélico e ascórbico, além do peróxido de hidrogênio mantiveram a atividade da CAT em níveis iguais estatisticamente aos do estresse isolado. Apesar do estresse não induzir uma maior atividade da CAT na cv. sensível, o efeito contrário foi observado com a utilização dos atenuadores AG, AS e PH, sendo o ASC mais efetivo em elevar a atividade desta enzima (Figura 8A).

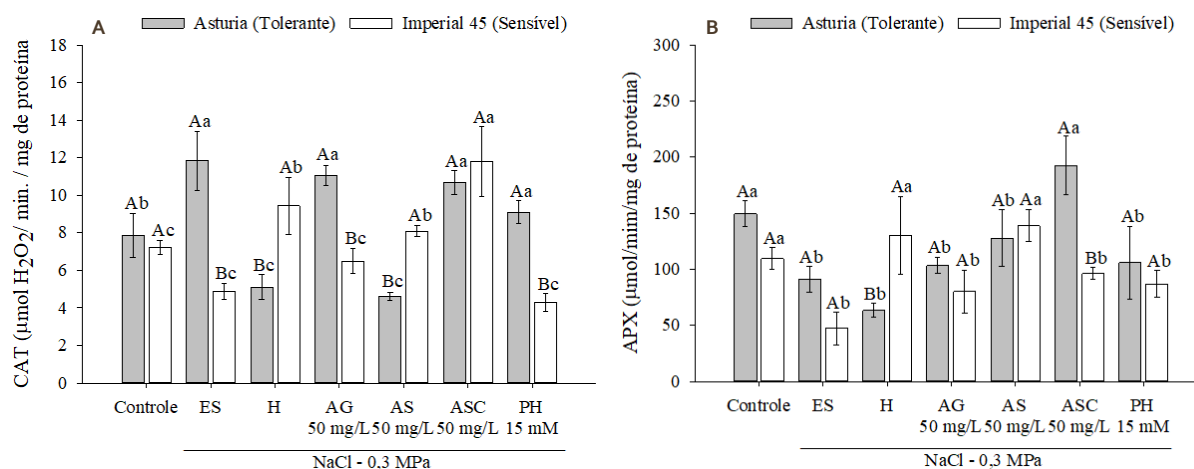


Figura 8. Atividade das enzimas catalase – CAT (A) e ascorbato peroxidase - APX (B) de cultivares de meloeiro (*Cucumis melo* L.) em resposta a pré-tratamentos e estresse salino. Controle (0,0 MPa); estresse salino sem atenuador (ES); estresse salino + hidrocondicionamento (H); estresse salino + ácido giberélico (AG); estresse salino + ácido salicílico (AS); estresse salino + ácido ascórbico (ASC); estresse salino + peróxido de hidrogênio (PH). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para a atividade da ascorbato peroxidase (APX) foi verificada queda acentuada sob condições de estresse em comparação com o controle, com redução de aproximadamente 39,2% e 56,9% para Asturia e Imperial 45, respectivamente (Figura 8B). Dentre os atenuadores do estresse, o ácido ascórbico (ASC) conseguiu recuperar a atividade de APX para cv. Asturia, aumentando-a em 111,4% em relação ao estresse salino isolado, porém estes valores não diferem do controle. Na cv. Imperial 45, o hidrocondicionamento (H) e o ácido salicílico (AS) conseguiram em manter a atividade da APX em níveis próximos aos do controle mesmo em condições de estresse (Figura 8 B).

3.4 DISCUSSÃO

3.4.1 Etapa I

A avaliação dos resultados possibilitou a identificação de variações no rendimento das cultivares sob condição de estresse salino. A cv. Asturia apresentou resultados elevados nas variáveis de germinação, índice de velocidade de germinação e AST, mesmo no menor potencial osmótico (-0,6 MPa). Esse desempenho sugere a presença de mecanismos de adaptação eficazes, que envolvem a manutenção do equilíbrio osmótico e a proteção celular por meio de substâncias osmoprotetoras.

A aclimação das plantas à salinidade pode envolver uma variedade de mecanismos adaptativos, entre os quais alterações morfológicas nas raízes, como o aumento radicular, que facilita a absorção de água e nutrientes em condições moderadas de estresse salino (Chen et al. 2024). Somado a isso, adaptações fisiológicas, como acúmulo de açúcares solúveis, podem estabilizar a membrana além de atuarem com moléculas osmorreguladoras (Liu et al. 2025; Toscano; Romano; Ferrante, 2023). Esses mecanismos provavelmente colaboraram para o processo de germinação e crescimento inicial da cv. Asturia.

Em contrapartida, a cultivar Imperial 45 apresentou maior sensibilidade ao estresse salino, com reduções na germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e biomassa radicular. Esses acontecimentos reforçam a percepção de que essa cultivar é vulnerável em ambientes salinos. A salinidade causou reduções no crescimento de plantas de meloeiros do grupo *Cantaloupensis* consideradas sensíveis (Silva et al. 2021). Embora a cultivar Imperial 45 tenha apresentado acúmulo de osmólitos, essa resposta fisiológica revelou-se insuficiente para mitigar os efeitos adversos do estresse, indicando limitações na eficiência de seus mecanismos adaptativos.

Considerando os resultados apresentados, verificou-se a distinção entre os genótipos quanto à resposta ao estresse salino, sendo a cultivar Asturia caracterizada como tolerante e a cultivar Imperial 45 como sensível. Tal diferenciação viabiliza a sua utilização na etapa subsequente da pesquisa, possibilitando uma análise mais aprofundada dos efeitos de agentes atenuadores do estresse salino em genótipos contrastantes quanto ao nível de tolerância.

3.4.2 Etapa II

A germinação é o estágio de desenvolvimento da planta mais susceptível aos efeitos osmóticos e iônicos da salinidade (Hao et al. 2021; Li et al. 2020). Neste sentido, genótipos que resultam em maiores valores de germinação provavelmente dispõem de mecanismos que potencializam a capacidade de absorção e retenção hídrica (Zhou et al. 2023).

A aplicação exógena de reguladores de crescimento ativa processos metabólicos pré-germinativos que favorecem as sementes durante a germinação e o estabelecimento de plântulas em condições de estresse salino (Ibrahim, 2016). Avaliando o efeito da aplicação do peróxido de hidrogênio sobre a germinação de meloeiro, Limão et al. (2022) constataram redução dos efeitos negativos causados pelo estresse salino quando utilizaram doses baixas. Concentrações extremamente baixas de PH atuam como mensageiro celular promovendo, entre outras características, a germinação (Nazir; Fariduddin; Khan, 2020).

Resultados positivos da utilização do PH no tratamento de sementes de meloeiro em condições de salinidade também foram informados por Santos et al. (2019). Estes autores constataram que a utilização de 15 mM de H_2O_2 durante a embebição das sementes mitigou os efeitos do sal sobre o acúmulo de massa seca nas raízes e massa seca total. Esse efeito mitigador do H_2O_2 é esperado por conta de sua atuação como molécula de sinalização em plantas expostas ao estresse, estimulando o sistema de defesa da planta e favorecendo a ativação de enzimas antioxidantes reduzindo os impactos causados pelos sais (Qureshi et al. 2022).

O período inicial do ciclo de vida das plantas, que compreende desde a germinação até o final do estágio de plântula, é comprovadamente o mais susceptível as diferentes implicações decorrentes dos estresses abióticos (Biswas et al. 2023). Plantas respondem diferentemente aos efeitos causados pelo estresse salino, assim, tais respostas envolvem diferentes características fisiológicas e vias metabólicas complexas (Arif et al. 2020). Segundo Pan et al. (2020), a forma como as plantas respondem à salinidade, serve para distingui-las em tolerantes ou sensíveis ao sal, dependendo de suas diferentes adaptações de crescimento.

O meloeiro é considerado sensível ou moderadamente sensível à salinidade, embora haja significativa variação genotípica na reação das plantas de melão ao estresse salino (Sarabi et al. 2017). Desse modo, a existência de cultivares mais tolerantes à salinidade está relacionada, entre outras características, a maior eficiência no uso da água nas fases iniciais de desenvolvimento (Sarabi et al. 2016)

Moléculas osmoprotetoras desempenham papel chave no ajustamento e regulação de vários processos, atuando na sinalização e resposta aos danos causados pelos estresses abióticos (Khan et al. 2020). Osmólitos compatíveis acumulam-se em condições de estresse e participam do balanço hídrico, diminuindo o potencial osmótico intracelular (Zhao et al. 2020). A citrulina destaca-se como principal metabólito relacionado ao ajuste osmótico em plantas de *citrullus*, sendo fortemente produzida, o que sugere papel ativo na tolerância ao estresse salino em cucurbitáceas (Kusvuran; Dasgan; Abak, 2013; Liu et al. 2020; Sewelo et al. 2024).

Além de contribuírem para o ajuste osmótico, os solutos compatíveis podem atuar como sequestradores de radicais livres e promover a estabilização direta de membranas e proteínas (Alagoz; Lajayer; Ghorbanpour, 2023). A citrulina em um aminoácido não proteico sintetizado a partir da arginina e encontrada em várias espécies de plantas especialmente em cucurbitáceas. Acumula-se precocemente em resposta aos estresses abióticos, sendo mais acumulada em genótipos tolerantes do que em sensíveis (Malambane et al. 2023). Em comparação à prolina, a citrulina foi relatada como mais eficiente eliminador de radicais hidroxila e um forte

antioxidante protege eficazmente o DNA e as enzimas metabólicas de lesões oxidativas (Farooq; Ashraf; Rasheed, 2025; Malambane et al. 2023).

A peroxidação lipídica, mensurada indiretamente pela quantificação do MDA, aumentou significativamente em função da salinidade, sendo relacionada o estresse oriundo da presença de sais. O malondialdeído permite a avaliação da integridade das membranas, apresentando relação com a duração do estresse bem como a tolerância expressa por alguns genótipos (Yang et al. 2023). Todos os atenuadores do estresse foram eficazes na manutenção da integridade das membranas em ambas as cultivares testadas, sendo a redução induzida pelo PH proeminente na cultivar tolerante e o AG diminuiu em 38% a formação de MDA na cv. sensível à salinidade.

Radicais de oxigênio e suas derivações ou simplesmente espécies reativas de oxigênio (ERO's), são produzidas em diferentes eventos metabólicos e em vários compartimentos celulares. Embora geradas sob condições fisiológicas normais, plantas submetidas aos estresses abióticos produzem as ERO's em excesso, sendo altamente reativas e exercendo efeito tóxico nas diferentes moléculas, organelas e tecidos vegetais (Hasanuzzaman et al. 2021). Tais desencadeamentos podem ser minimizados pela ação do sistema de defesa antioxidante das plantas, principalmente pela ação do componente enzimático (Sachdev et al. 2021).

A utilização do ASC e AS no pré-tratamento das sementes da cv. Imperial 45 ocasionou maior ativação das enzimas CAT e APX em comparação ao estresse salino isolado. Esse aumento do poder antioxidante pode estar associado a uma maior capacidade germinativa e crescimento radicular após tratamento com ácido ascórbico. O uso de doses adequadas de ASC no tratamento de sementes consegue aumentar a atividade e o crescimento das raízes, refletindo em uma melhora da função radicular mesmo em ambientes desfavoráveis (Khadka et al. 2025).

Para a SOD, o tratamento com AG resultou em aumento da atividade desta enzima, no entanto, os valores não diferiram estatisticamente daqueles obtidos para a salinidade. Em condições de estresse salino o aumento isolado da atividade da SOD não é suficiente para evitar o efeito tóxico do oxigênio, uma vez que outras enzimas como a CAT e APX trabalham em sincronia com a SOD na eliminação do H_2O_2 (Kavian; Safarzadeh; Yasrebi, 2022; Rajput et al. 2021).

O AS possui múltiplas valências nas plantas sob condições ótimas ou de estresse salino. Juntamente com outras moléculas sinalizadoras, participa de processos fisiológicos e bioquímicos essenciais, incluindo sinalização, defesa e resposta aos estresses abióticos (Sharma et al. 2023). O uso de substâncias exógenas na mitigação do estresse salino pode ser direcionado de acordo com os mecanismos funcionais aos quais estas podem estar envolvidas (Feng et al.

2023). Neste sentido, a aplicação exógena de AS pode estimular a tolerância de plantas de meloeiro ao estresse salino, sendo já validado em outras hortaliças como tomate (Boorboori; Li, 2025; Silva et al. 2022), pepino (Chen et al. 2023), melancia (Ayyub et al. 2015; Silva, J. M. et al. 2023) e abóbora (Mousavizadeh-Fashian; Rahimi; Hosseinifarahi, 2024).

O ácido ascórbico é considerado um antioxidante essencial, sendo seu uso externo capaz de minimizar os efeitos do estresse salino, ao eliminar diretamente as ERO's e impulsionar a atividade das principais enzimas envolvidas no metabolismo antioxidante (Celi et al. 2023). Assim como demonstrado nesta pesquisa para cultivares de meloeiro, o potencial efeito benéfico do ASC como pré-tratamento de sementes também foi verificado por Rafique et al. (2011) em plântulas de abóbora, obtendo resultados satisfatórios para o crescimento.

Certos fitormônios, particularmente o ácido giberélico, quando administrados de maneira exógena, conseguem minimizar os impactos negativos do estresse salino em diversas culturas vegetais, preservando a estabilidade da membrana celular, gerenciando a atividade das enzimas antioxidantes e a disponibilidade de solutos compatíveis (Shah et al. 2023). No presente estudo, a atividade da SOD foi intensificada pelo AG, sendo importante para manter o balanço das ERO's em plântulas de meloeiro.

A utilização do AG exógeno como elicitor da tolerância à salinidade tem se mostrado eficiente nas mais diferentes culturas. Estudos realizados com sementes de abóbora (Al-Harathi; Bafeel; El-Zohri, 2021) e pepino (Iqbal et al. 2021) tratadas com AG e cultivadas sob estresse salino, revelaram maior ativação das enzimas do sistema antioxidante incluindo SOD, CAT e APX, resultando em menor taxa de peroxidação lipídica e consequentemente maior crescimento de plântulas.

A ação integrada de diversos mecanismos de defesa, tanto enzimáticos quanto não enzimáticos, é responsável por manter o equilíbrio da produção de EROs nas plantas, sendo que sua eficácia depende de múltiplos fatores (Sachdev et al. 2021). Nesse contexto, a variação observada neste estudo em relação à expressão da tolerância ao estresse salino nas cultivares analisadas pode estar relacionada à maior habilidade de ajustar a atividade enzimática e acumular solutos compatíveis na cv. Asturia.

Diante do atual quadro de aumento da deterioração das áreas utilizáveis pela agricultura em decorrência do processo de salinização dos solos, surge a necessidade de esforço científico na elaboração de estratégias que permitam o aumento da tolerância à salinidade nas principais culturas. Neste cenário, o tratamento de sementes de meloeiro com atenuadores tem potencializado o desenvolvimento das plântulas por meio do estímulo aos mecanismos de defesa antioxidante da espécie. Portanto, a utilização dessas técnicas conseguiu minimizar os

efeitos adversos da salinidade na cultura do meloeiro, particularmente nos estágios iniciais de desenvolvimento.

3.5 CONCLUSÕES

A germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas de meloeiro são afetados pela salinidade, sendo as cultivares Asturia e Imperial 45, respectivamente mais tolerante e sensível ao sal.

Os tratamentos das sementes com os ácidos giberélico e ascórbico são eficientes em promoverem o aumento da atividade das enzimas do metabolismo antioxidativo e diminuir os níveis de malondialdeído da cultivar Imperial 45.

Os ácidos giberélico e ascórbico aumentam a resposta antioxidativa das plântulas de meloeiro da cultivar Asturia submetidas à salinidade.

3.6 REFERÊNCIAS

- ALAGOZ, S. M.; LAJAYER, B. A.; GHORBANPOUR, M. Proline and soluble carbohydrates biosynthesis and their roles in plants under abiotic stresses. *In: PLANT STRESS MITIGATORS*. [S. l.]: Elsevier, 2023. p. 169–185. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323898713000276>.
- ALEXIEVA, V. et al. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>.
- AL-HARTHI, M. M.; BAFEEL, S. O.; EL-ZOHRI, M. Gibberellic acid and jasmonic acid improve salt tolerance in summer squash by modulating some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition. **Plants**, v. 10, n. 12, p. 2768, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10122768>.
- ALVES, R. de C. et al. Exogenous foliar ascorbic acid applications enhance salt-stress tolerance in peanut plants through increase in the activity of major antioxidant enzymes. **South African Journal of Botany**, v. 150, p. 759–767, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.08.007>.
- ARIF, Y. et al. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 64–77, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>.
- AYYUB, C. M. et al. Enhancing the Salt Tolerance Potential of Watermelon (*Citrullus lanatus*) by Exogenous Application of Salicylic Acid. **American Journal of Plant Sciences**, v. 06, n. 19, p. 3267–3271, 2015. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.619318>.
- AZEVEDO, R. A. et al. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and a catalase-deficient

mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 2, p. 280–292, 1998. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>.

BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, n. 1, p. 205–207, 1973. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.

BISWAS, S. et al. Efficacy of seed priming strategies for enhancing salinity tolerance in plants: An overview of the progress and achievements. **Plant Stress**, v. 9, p. 100186, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100186>.

BOORBOORI, M. R.; LI, J. The effect of salinity stress on tomato defense mechanisms and exogenous application of salicylic acid, abscisic acid, and melatonin to reduce salinity stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 71, n. 1, p. 93–110, 2025. <https://doi.org/10.1080/00380768.2024.2405834>.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. [S. l.]: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 20 nov. 2024.

CASTAÑARES, J. L.; BOUZO, C. A. Seed priming induces biochemical changes in melon plants and increase salt tolerance. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, v. 46, n. 2, p. 208–217, 2020.

CELLI, G. E. A. et al. Physiological and biochemical roles of ascorbic acid on mitigation of abiotic stresses in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 202, p. 107970, 2023. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2023.107970>.

CHEN, C. et al. Research Advancements in Salt Tolerance of Cucurbitaceae: From Salt Response to Molecular Mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 16, p. 9051, 2024. <https://doi.org/10.3390/ijms25169051>.

CHEN, S. et al. Salicylic acid had the potential to enhance tolerance in horticultural crops against abiotic stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1141918, 2023. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1141918/BIBTEX>.

COSTA, J. C. D. de O. et al. Viability of melon seeds using the pH testing of exudate. **Journal of Seed Science**, v. 45, p. e202345040, 2023. <https://doi.org/10.1590/2317-1545V45279294>.

ERMIŞ, S. et al. Effect of Hydro-Priming on Seed Germination and Early Seedling Growth in Three Cucurbit Rootstock Cultivars under Salt and Osmotic Stresses. **Journal of Agricultural Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 1–5, 2021.

FAROOQ, U.; ASHRAF, M. A.; RASHEED, R. Citrulline enhances salinity tolerance via photosynthesis, redox balance, osmotic and hormonal regulation, and nutrient assimilation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 31, n. 6, p. 1027–1052, 2025. <https://doi.org/10.1007/s12298-025-01626-x>.

FENG, D. et al. Categories of exogenous substances and their effect on alleviation of plant salt stress. **European Journal of Agronomy**, v. 142, p. 126656, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126656>. Acesso em: 19 fev. 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019. <https://doi.org/10.28951/RBB.V37I4.450>.

FUNGA, U.; PINAR, H.; UZUN, A. Assessment of the response of some melon genotypes (cucumis melo. L) to different doses of sodium chloride (NaCl). **Current Trends in Natural Sciences**, v. 11, n. 21, p. 381–389, 2022. <https://doi.org/10.47068/ctns.2022.v11i21.042>.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309–314, 1977. <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>.

GUIRRA, K. S. et al. Pretreatment of seeds with plant regulators attenuates salt stress in pumpkin: effects on germination and initial seedling development. **REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA**, v. 53, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220011>.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T. ; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronic**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001. Disponível em: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

HAO, S. et al. A Review on Plant Responses to Salt Stress and Their Mechanisms of Salt Resistance. **Horticulturae**, v. 7, n. 6, p. 132, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060132>.

HASANUZZAMAN, M. et al. Regulation of Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Salinity. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 17, p. 9326, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22179326>.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco Leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450–455, 1987. <https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189–198, 1968. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

IBRAHIM, E. A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, p. 38–46, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>.

IQBAL, P. et al. Exogenous application of glutamic acid promotes cucumber (Cucumis sativus L.) growth under salt stress conditions. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 33, p. 407, 2021. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i5.2699>.

KAUR, G. et al. Role of osmolytes dynamics in plant metabolism to cope with salinity induced osmotic stress. **Discover Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 59, 2024. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00070-x>.

KAVIAN, S.; SAFARZADEH, S.; YASREBI, J. Zinc improves growth and antioxidant enzyme activity in Aloe vera plant under salt stress. **South African Journal of Botany**, v. 147, p. 1221–1229, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.011>.

KHADKA, S. et al. Effect of Seed Priming by Ascorbic Acid on Seed Germination and Seedling Growth of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Global Journal of Agricultural and Allied Sciences**, v. 6, n. 1, p. 18–21, 2025. <https://doi.org/10.35251/gjaas.2025.010>.

KHAN, M. O. et al. A practical and economical strategy to mitigate salinity stress through seed priming. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 991977, 2022. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.991977>.

KHAN, N. et al. Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. **Pakistan Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 355–363, 2020. [https://doi.org/10.30848/PJB2020-2\(24\)](https://doi.org/10.30848/PJB2020-2(24)).

KNIPP, M.; VAŠÁK, M. A Colorimetric 96-Well Microtiter Plate Assay for the Determination of Enzymatically Formed Citrulline. **Analytical Biochemistry**, v. 286, n. 2, p. 257–264, 2000. <https://doi.org/10.1006/abio.2000.4805>.

KUSVURAN, S.; DASGAN, H. Y.; ABAK, K. Citrulline Is an Important Biochemical Indicator in Tolerance to Saline and Drought Stresses in Melon. **The Scientific World Journal**, v. 2013, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/253414>.

LI, W. et al. A Salt Tolerance Evaluation Method for Sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the Seed Germination Stage. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 10626, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67210-3>.

LI, L. et al. Salt Tolerance Evaluation of Cucumber Germplasm under Sodium Chloride Stress. **Plants**, v. 12, n. 16, p. 2927, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12162927>.

LIMÃO, M. A. R. et al. Hydrogen peroxide as a mitigator of salt stress for melon seed germination. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. e3798, 2022a. <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3798>.

LIMÃO, M. A. R. et al. Hydrogen peroxide as a mitigator of salt stress for melon seed germination. **Comunicata Scientiae**, v. 13, p. e3798–e3798, 2022b. <https://doi.org/10.14295/CS.V13.3798>.

LIU, B. et al. Effects of Exogenous Spermidine on Root Metabolism of Cucumber Seedlings under Salt Stress by GC-MS. **Agronomy** 2020, Vol. 10, Page 459, v. 10, n. 4, p. 459, 2020. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10040459>.

LIU, P. et al. Investigating Salt Tolerance in Melon During Germination and Early Seedling Stages. **Horticulturae**, v. 11, n. 4, p. 397, 2025. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE11040397/S1>.

MAACH, M. et al. Bio-regulators: Silicon, Salicylic Acid, Ascorbic Acid Improve Salt Tolerance in Cucumber. **American Journal of Bio Science**, v. 9, n. 6, p. 210–216, 2021. Disponível em: <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/reviews>. Acesso em: 2 nov. 2021.

MACHADO, R.; SERRALHEIRO, R. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, p. 30, 2017. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>.

MAGUIRE, J. D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MALAMBANE, G. et al. Drought stress tolerance mechanisms and their potential common indicators to salinity, insights from the wild watermelon (*Citrullus lanatus*): A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1074395, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1074395>.

MOUSAVIZADEH-FASHIAN, A.; RAHIMI, M. M.; HOSSEINIFARAH, M. Alleviating the Adverse Effects of Drought Stress on Physiological Characters of Field Pumpkin by Salicylic Acid and Selenium. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 71, n. 6, p. 1–12, 2024. <https://doi.org/10.1134/S1021443724608486/FIGURES/9>.

NADARAJAH, K. K. ROS Homeostasis in Abiotic Stress Tolerance in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 15, p. 5208, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21155208>.

NAKANO, Y.; ASADA KOZI. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>.

NAZIR, F.; FARIDUDDIN, Q.; KHAN, T. A. Hydrogen peroxide as a signalling molecule in plants and its crosstalk with other plant growth regulators under heavy metal stress. **Chemosphere**, v. 252, 2020. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.126486>.

OLIVEIRA, C. E. da S. et al. Seed priming improves the germination and growth rate of melon seedlings under saline stress. **Ciência Rural**, v. 49, n. 7, p. 1–11, 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180588>.

PAN, J. et al. Do halophytes and glycophytes differ in their interactions with arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress? A meta-analysis. **Botanical Studies**, v. 61, n. 1, p. 1–13, 2020. <https://doi.org/10.1186/S40529-020-00290-6/FIGURES/6>.

QURESHI, M. K. et al. Hydrogen peroxide-induced stress acclimation in plants. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 79, n. 2, p. 129, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00018-022-04156-x>.

RAFIQUE, N. et al. Pre-sowing application of ascorbic acid and salicylic acid to seed of pumpkin and seedling response to salt. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 6, p. 2677–2682, 2011.

RAJPUT, V. D. et al. Recent Developments in Enzymatic Antioxidant Defence Mechanism in Plants with Special Reference to Abiotic Stress. **Biology**, v. 10, n. 4, p. 267, 2021. <https://doi.org/10.3390/biology10040267>.

SACHDEV, S. et al. Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms. **Antioxidants**, v. 10, n. 2, p. 277, 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10020277>.

SANTOS, A. S. et al. The Influence of H₂O₂ Application Methods on Melon Plants Submitted to Saline Stress. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 11, p. 245, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n11p245>.

SARABI, B. et al. Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: Prospects for selection of salt tolerant landraces. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 119, p. 294–311, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2017.09.006>.

SARABI, B. et al. Multivariate Analysis as a Tool for Studying the Effects of Salinity in Different Melon Landraces at Germination Stage. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 44, n. 1, p. 264–271, 2016. <https://doi.org/10.15835/nbha44110234>.

SEWELO, L. T. et al. Potential Use of Compatible Osmolytes as Drought Tolerance Indicator in Local Watermelon (*Citrullus lanatus*) Landraces. **Horticulturae**, v. 10, n. 5, p. 475, 2024. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050475>.

SHAH, S. H. et al. Gibberellic Acid: A Versatile Regulator of Plant Growth, Development and Stress Responses. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 12, p. 7352–7373, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11035-7>.

SHAHWAR, D.; KHAN, Z.; PARK, Y. Molecular Marker-Assisted Mapping, Candidate Gene Identification, and Breeding in Melon (*Cucumis melo* L.): A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 20, p. 15490, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms242015490>.

SHARMA, A. et al. Salicylic Acid: A Phenolic Molecule with Multiple Roles in Salt-Stressed Plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 8, p. 4581–4605, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10902-z>.

SILVA, J. M. et al. Exogenous salicylic acid alleviates water stress in watermelon plants. **Annals of Applied Biology**, v. 182, n. 1, p. 121–130, 2023. <https://doi.org/10.1111/AAB.12802>.

SILVA, A. A. R. et al. Methods of application of salicylic acid as attenuator of salt stress in cherry tomato. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. e265069, 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.265069>.

SILVA, F. H. A. da et al. Physiological Aspects of Melon (*Cucumis melo* L.) as a Function of Salinity. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 3, p. 1298–1314, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10190-5>.

SILVA, J. E. S. B. da et al. Pre-germination treatments with plant growth regulators and bioactivators attenuate salt stress in melon: effects on germination and seedling development. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 45, p. e60516, 2023. <https://doi.org/10.4025/ACTASCIAGRON.V45I1.60516>.

- TOSCANO, S.; ROMANO, D.; FERRANTE, A. Molecular Responses of Vegetable, Ornamental Crops, and Model Plants to Salinity Stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 4, p. 3190, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms24043190>.
- ULAS, F.; HAMA AMEEN, H. H. H. A.; ULAS, A. Salt Stress and its Implications in Vegetable Crops with Special Reference to the Cucurbitaceae Family. **Annals of Arid Zone**, v. 63, n. 4, p. 117–129, 2024. <https://doi.org/10.56093/aaz.v63i4.155494>.
- YANG, W. et al. Screening and Identification of Saline-Tolerant Germplasm in Melon. **Agriculture**, v. 13, n. 11, p. 2051, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112051>.
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C.; RICKETTS, R. E. The determination of amino-acids with ninhydrin. **The Analyst**, v. 80, n. 948, p. 209, 1955. <https://doi.org/10.1039/an9558000209>.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508–514, 1954. <https://doi.org/10.1042/bj0570508>.
- ZHAO, C. et al. Mechanisms of Plant Responses and Adaptation to Soil Salinity. **The Innovation**, v. 1, n. 1, p. 100017, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017>.
- ZHOU, X. et al. Comparing the Salt Tolerance of Different Spring Soybean Varieties at the Germination Stage. **Plants**, v. 12, n. 15, p. 2789, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12152789>.
- ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, v. 51, n. 1, p. 16–34, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2023.08.007>.
- ZULFIQAR, F. Effect of seed priming on horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 286, p. 110197, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2021.110197>.

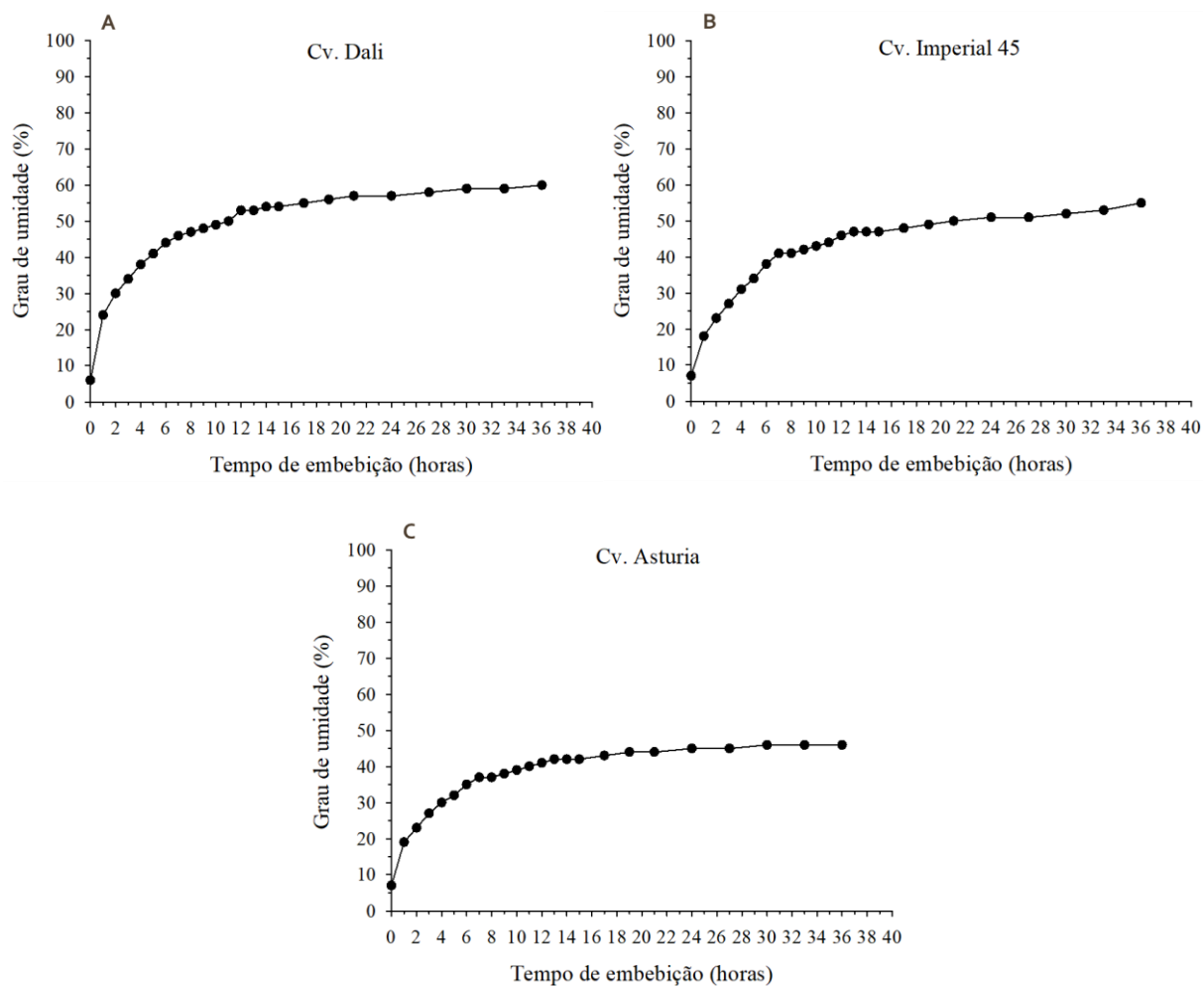
ANEXO – CURVA DE EMBEBIÇÃO

Figura S1. Determinação da curva de embebição em sementes de cultivares de *Cucumis melo* L. à 25 °C.