



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

MOADIR DE SOUSA LEITE

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES E AÇÃO DE ATENUADORES NA FISIOLOGIA
DE SEMENTES DE MELANCIEIRA**

MOSSORÓ-RN

2024

MOADIR DE SOUSA LEITE

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES E AÇÃO DE ATENUADORES NA FISIOLOGIA
DE SEMENTES DE MELANCIEIRA**

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: Prof. Dr. Salvador Barros Torres

Coorientador: Profa. Dra. Emanoela Pereira de Paiva

MOSSORÓ-RN

2024

© 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.

L533t Leite, Moadir de Sousa.
Tolerância de cultivares e ação de atenuadores
na fisiologia de sementes de melancia / Moadir
de Sousa Leite. - 2024.
68 f. : il.

Orientador: Salvador Barros Torres.
Coorientadora: Emanoela Pereira de Paiva.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2024.

1. Citrullus lanatus. 2. Atenuadores de
estresses. 3. Cucurbitaceae. 4. Estresses
abióticos. I. Torres, Salvador Barros, orient.
II. Paiva, Emanoela Pereira de, co-orient. III.
Título.

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

MOADIR DE SOUSA LEITE

**TOLERÂNCIA DE CULTIVARES E AÇÃO DE ATENUADORES NA FISIOLOGIA
DE SEMENTES DE MELANCIEIRA**

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: 29 / 02 / 2024.

Documento assinado digitalmente



SALVADOR BARROS TORRES
Data: 27/05/2024 16:11:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Salvador Barros Torres (FMPARN/UFERSA)

Documento assinado digitalmente



CLARISSE PEREIRA BENEDITO
Data: 27/05/2024 18:29:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Clarisse Pereira Benedito (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



MARCIANA BIZERRA DE MORAIS
Data: 28/05/2024 00:11:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Marciana Bizerra de Moraes (FCRN)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO VANIES DA SILVA SA
Data: 27/05/2024 17:27:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Vanies da Silva Sa (JEPB)

Documento assinado digitalmente



GIVANILDO ZILDO DA SILVA
Data: 27/05/2024 17:42:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Givanildo Zildo da Silva (UniRV)

Membro Examinador

Ao meu pai, Moacir Lima Leite (In Memoriam), que sempre lutou e batalhou para dar educação e uma vida digna aos seus filhos.

A minha mãe, Antonia Ribeiro de Sousa Leite, minha esposa, Ellanny Leite Pereira, e meus filhos Luma Leite de Sousa e Caio Leite de Sousa, que constituem minha base sólida, o motivo da minha felicidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me proteger ao longo de todo o meu caminho, me dando forças nos momentos difíceis, me ajudando a alcançar todos os meus objetivos.

À Escola de Ensino Fundamental Nossa Senhora do Desterro (Jucás-CE), Escola de Ensino Médio Luiza Távora (Jucás-CE), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, responsáveis pela minha formação desde o maternal até o presente momento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o doutorado em um dos melhores programas de Fitotecnia do Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Salvador Barros Torres, pela orientação ao longo de toda a minha caminhada na UFERSA, desde a graduação até o doutorado, nunca esquecerei dos seus ensinamentos.

À minha coorientadora, Dra. Emanoela Pereira de Paiva, por todos os ensinamentos e compreensão.

Aos amigos e companheiros de pesquisa da UFERSA, Sara, Emanoela, Emerson, Giovana, e em especial Roseane, Kleane, e Valdigliezia, que muito me ajudaram na execução desse trabalho.

Ao meu pai, o grande Moacir Lima Leite, por todos os ensinamentos, conselhos e apoio, tendo lutado a vida inteira pelo bem de seus filhos.

À minha mãe, Antonia Ribeiro de Sousa Leite, pela educação, luta e amor, você é a minha guerreira, a melhor mãe do mundo.

À minha esposa, Ellanny Leite Pereira e meus filhos Luma Leite de Sousa e Caio Leite de Sousa, por estarem comigo na tempestade e na bonança, sempre me fazendo sorrir.

Se um problema tem solução, não gaste seu tempo se preocupando, gaste seu tempo buscando resolvê-lo. Se um problema não tem solução, a preocupação será inútil...

Cleyton dos Santos Fernandes

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ação de atenuadores de estresses na tolerância e atividade antioxidante de cultivares de melancia submetidas ao déficit hídrico e salinidade. O trabalho foi constituído de dois experimentos (déficit hídrico e salinidade), para os quais cada experimento foi organizado em duas etapas, ambas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. A primeira etapa dos experimentos foi realizada em esquema fatorial 3 x 6, sendo o primeiro fator referente aos níveis de déficit hídrico (N1 = 0; N2 = -0,1; N3 = -0,2 MPa) e salinidade (N1 = 0; N2 = -0,2; N3 = -0,4 MPa), enquanto o segundo foi composto por seis cultivares de melancia (C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo). A segunda etapa de ambos os experimentos foi conduzida em esquema fatorial 2 x 6, sendo o primeiro fator referente as duas cultivares selecionadas na primeira etapa (uma sensível e outra tolerante ao déficit hídrico e salinidade) e o segundo fator referente às combinações entre o déficit hídrico (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,2 MPa (déficit hídrico), T3 = -0,2 MPa + hidrocondicionamento (H) (8 horas), T4 = -0,2 MPa + ácido giberélico (AG), T5 = -0,2 MPa + ácido salicílico (AS) e T6 = -0,2 MPa + peróxido de hidrogênio (PH)) e salino (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,4 MPa (salinidade), T3 = -0,4 MPa + hidrocondicionamento (H), T4 = -0,4 MPa + ácido giberélico (AG), T5 = -0,4 MPa + ácido salicílico (AS) e T6 = -0,4 MPa + peróxido de hidrogênio (PH)) e o pré-tratamento de sementes com os atenuadores. A simulação do déficit hídrico e salinidade foi realizada por meio de soluções de polietilenoglicol - PEG 6000 e NaCl, respectivamente. A concentração (AG: 0,5 mMol; AS: 0,05 mMol; PH: 10 mMol) e tempo de exposição (8 horas) aos atenuadores utilizados no pré-tratamento das sementes foi determinada por meio de pré-testes. Na primeira etapa dos experimentos, realizou-se a determinação da percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz de plântulas, aminoácidos livres totais, prolina e açúcares livres totais. Na segunda etapa, além das variáveis já citadas, determinou-se também o teor de peróxido de hidrogênio, o conteúdo de malondialdeído como um marcador bioquímico subproduto da peroxidação lipídica, além da atividade antioxidante das cultivares por meio da análise da atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. Os estresses abióticos causam prejuízos à germinação e vigor de plântulas de melancia, sendo, para ambos os experimentos, as cultivares Crimson Sweet e Fairfax as selecionadas como mais sensível e tolerante ao déficit hídrico e salinidade. No experimento I (déficit hídrico), para a cultivar Crimson Sweet, os tratamentos pré-germinativos proporcionaram menores níveis de estresse oxidativo e induziram maior tolerância por meio do estímulo à atividade das enzimas antioxidantes, sendo o ácido giberélico e o peróxido de hidrogênio os atenuadores que proporcionaram os melhores resultados. Para a cultivar Fairfax, verificou-se que sua maior tolerância está ligada a capacidade de investir em regulação osmótica por meio do acúmulo de solutos compatíveis, fato que foi intensificado pelo uso dos atenuadores. Já para o experimento II (salinidade), o tratamento das sementes da cultivar Crimson Sweet com o ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior atividade das enzimas antioxidantes, bem como reduziu os níveis de peróxido de hidrogênio e malondialdeído. Para a cultivar Fairfax, além da importância do ácido giberélico no ajuste osmótico, o tratamento pré-germinativo com ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior expressão de enzimas, contribuindo para redução do estresse oxidativo.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*. Atenuadores de estresses. Cucurbitaceae. Estresses abióticos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the action of stress attenuators on the tolerance and antioxidant activity of watermelon cultivars subjected to water deficit and salinity. The work consisted of two experiments (water deficit and salinity), for which each experiment was organized in two stages, both in a very randomized design, with four replications of 50 seeds. The first stage of the experiments was carried out in a 3 x 6 factorial scheme, with the first factor referring to the levels of water deficit (N1 = 0; N2 = -0.1; N3 = -0.2 MPa) and salinity (N1 = 0; N2 = -0.2; N3 = -0.4 MPa), while the second was composed of six watermelon cultivars (C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo). The second stage of both experiments was conducted in a 2 x 6 factorial scheme, with the first factor referring to the two cultivars selected in the first stage (one sensitive and the other tolerant to water deficit and salinity) and the second factor referring to the two cultivars selected between the water deficit (T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.2 MPa (water deficit), T3 = -0.2 MPa + hydropriming (H) (8 hours), T4 = -0.2 MPa + gibberellic acid (GA), T5 = -0.2 MPa + salicylic acid (SA) and T6 = -0.2 MPa + hydrogen peroxide (PH)) and saline (T1 = 0.0 MPa (control), T2 = -0.4 MPa (salinity), T3 = -0.4 MPa + hydropriming (H), T4 = -0.4 MPa + gibberellic acid (GA), T5 = -0.4 MPa + salicylic acid (AS) and T6 = -0.4 MPa + hydrogen peroxide (PH)) and pre-treatment of seeds with attenuators. The simulation of water deficit and salinity was carried out using polyethylene glycol solutions - PEG 6000 and NaCl, respectively. The concentration (AG: 0.5 mMol; AS: 0.05 mMol; PH: 10 mMol) and exposure time (8 hours) to the attenuators used in seed pretreatment were determined through pre-tests. In the first stage of the experiments, the germination percentage, germination speed index, length and dry mass of shoots and roots of seedlings, total free amino acids, proline and total free sugars were determined. In the second stage, in addition to the variables already mentioned, the hydrogen peroxide content, the malondialdehyde content as a biochemical marker by-product of lipid peroxidation were also determined, in addition to the antioxidant activity of the cultivars through the analysis of the activity of the superoxide dismutase enzymes, catalase and ascorbate peroxidase. Abiotic stresses cause damage to the germination and vigor of watermelon seedlings, and for both experiments, the Crimson Sweet and Fairfax cultivars were selected as the most sensitive and tolerant to water deficit and salinity. In experiment I (water deficit), for the Crimson Sweet cultivar, pre-germination treatments provided lower levels of oxidative stress and induced greater tolerance by stimulating the activity of antioxidant enzymes, with gibberellic acid and hydrogen peroxide being the attenuators. that provided the best results. For the Fairfax cultivar, it was found that its greater tolerance is linked to the ability to invest in osmotic regulation through the accumulation of compatible solutes, a fact that was intensified by the use of attenuators. For experiment II (salinity), the treatment of seeds of the Crimson Sweet cultivar with salicylic acid and hydrogen peroxide provided greater activity of antioxidant enzymes, as well as reducing the levels of hydrogen peroxide and malondialdehyde. For the Fairfax cultivar, in addition to the importance of gibberellic acid in osmotic adjustment, the pre-germination treatment with salicylic acid and hydrogen peroxide provided greater expression of enzymes, contributing to the reduction of oxidative stress.

Keywords: *Citrullus lanatus*. Stress relievers. Cucurbitaceae. Abiotic stress.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de restrição hídrica (N) e cultivares (C) de melancia. N0 = Testemunha; N2 = -0,2 MPa; C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo..... 26
- Figura 2:** Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 28
- Figura 3:** Comprimento de parte aérea (A) e raiz (B) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 29
- Figura 4:** Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B e C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 31
- Figura 5:** Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres (B) e prolina livre (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 33
- Figura 6:** Peroxidação lipídica expressa pelo teor de peróxido de hidrogênio (A e B) e malondialdeído (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 35
- Figura 7:** Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase - CAT (B) e ascorbato peroxidase - APX (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH). 37
- Figura 8:** Comprimento da parte aérea de plântulas de melancia em função de diferentes níveis de salinidade (A) e cultivares (B). C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo..... 52

Figura 9: Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (N) e cultivares (C) de melanciaira. N0 = Testemunha; N2 = -0,4 MPa; C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo.....	52
Figura 10: Germinação (A e C) e índice de velocidade de germinação (B e D) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).	54
Figura 11: Comprimento de parte aérea (A) e comprimento de raiz (B) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).	56
Figura 12: Massa seca da parte aérea (A e C) e massa seca da raiz (B e D) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).	57
Figura 13: Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres (B) e prolina livre (C) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).....	59
Figura 14: Peroxidação lipídica expressa pelo teor de peróxido de hidrogênio (A) e malondialdeído (B) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).....	60
Figura 15: Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase - CAT (B) e ascorbato peroxidase - APX (C) de cultivares de melanciaira submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H ₂ O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).....	61
Figura S1: Curva de embebição de sementes de melanciaira, cultivares Crimson Sweet e Fairfax.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres (AMIN) e prolina livre (PRO) de cultivares de melancia sob diferentes níveis de déficit hídrico.25

Tabela 2: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres (AMIN) e prolina livre (PRO) de cultivares de melancia sob diferentes níveis de salinidade.....50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1 Referências Bibliográficas	16
2. TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE MELANCIEIRA PRÉ-TRATADAS COM ATENUADORES E SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO	18
RESUMO.....	18
2.1 Introdução	18
2.2 Material e Métodos.....	20
2.2.1 Etapa I.....	20
2.2.2 Etapa II	22
2.2.3 Análise estatística	24
2.3 Resultados e Discussão	24
2.3.1 Etapa I.....	24
2.3.2 Etapa II	27
2.4 Conclusões	39
2.5 Referências Bibliográficas	39
3. TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE MELANCIEIRA PRÉ-TRATADAS COM ATENUADORES E SUBMETIDAS À SALINIDADE	44
RESUMO.....	44
3.1 Introdução	45
3.2 Material e Métodos.....	46
3.2.1 Etapa I.....	46
3.2.2 Etapa II	48
3.2.3 Análise estatística	49
3.3 Resultados e Discussão	50
3.3.1 Etapa I.....	50

3.3.2 Etapa II	53
3.4 Conclusões	63
3.5 Referências Bibliográficas	63
MATERIAL SUPLEMENTAR	68

1. INTRODUÇÃO GERAL

A melancieira [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai.] é uma espécie pertencente à família Cucurbitaceae, sendo uma cultura bastante apreciada e cultivada em todo o mundo (SANI et al., 2018). As espécies dessa família, sobretudo a melancieira, tem papel de grande importância na alimentação humana, principalmente nas regiões tropicais, onde o consumo dessa hortaliça é elevado. No mundo inteiro, o consumo da melancia ocorre principalmente de forma in natura (LIU et al., 2024), sendo o tamanho, cor da casca, frescor e doçura os principais atributos que influenciam na comercialização.

A exemplo do que ocorre com a maioria das espécies da família Cucurbitaceae, a melancieira apresenta boa adaptação as zonas quentes e semiáridas, onde a alta luminosidade e temperaturas entre 18 e 30 °C favorecem o rápido e adequado desenvolvimento da cultura (SANTANA et al., 2018), contribuindo assim para que o Brasil seja atualmente o quarto maior produtor mundial de melancia, sendo superado somente pela China, Turquia e Índia (FAO, 2023). A maior região produtora é o Nordeste, com 34% da produção nacional (IBGE, 2020), onde além do Rio Grande do Norte, maior produtor nacional, destacam-se também os estados da Bahia e Pernambuco como maiores produtores dessa região.

Devido a simplicidade de manejo comparada a outras espécies da mesma família, baixo custo de produção e retorno financeiro rápido proporcionado pelo ciclo curto da espécie, sua produção está concentrada na agricultura familiar e pequenos agricultores, tornando-a uma cultura extremamente importante para o Brasil (OLIVEIRA et al., 2018). Muito embora concentre a maior produção nacional e reúna condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da espécie, a região Nordeste é a que possui o menor rendimento médio, com cerca de 19 t.ha⁻¹, pois grande parte dos produtores de melancia dessa região são pequenos e médios proprietários de terra, com pouco acesso a tecnologias e dependentes da chuva como principal fonte de água para suprimento das necessidades da cultura, estando a baixa produtividade na região diretamente relacionada com suas limitações ambientais (NUNES et al., 2017).

Nos últimos anos tem crescido a preocupação com os impactos causados pelas mudanças climáticas, sobretudo devido aos prejuízos gerados por estas à produção agrícola (SHORTRIDGE, 2019), sendo motivo de extensa investigação científica.

Embora a maioria das investigações dos impactos das alterações climáticas na agricultura concentrem-se mais explicitamente nas alterações da temperatura média, amplitude térmica e da precipitação (SCHAUBERGER et al., 2017), as mudanças climáticas alteram as distribuições de um vasto conjunto de variáveis climáticas, onde além da

temperatura e precipitação, interferem diretamente na umidade, velocidade do vento, duração da insolação e evaporação (ZHANG et al., 2017), alterando diretamente a dinâmica de distribuição e rendimento dos vegetais.

Os efeitos adversos ou desvantajosos às culturas causados pelas mudanças climáticas assumem papel ainda mais importante por intensificarem a ocorrência e intensidade dos estresses abióticos (BEZERRA et al., 2020), principalmente os estresses hídrico e salino (FRACASSO et al., 2016), que isolados ou em combinação, representam os fatores mais limitantes para a produtividade agrícola em todo o mundo.

Dentre os principais fatores limitantes para a germinação de sementes e desenvolvimento das plantas, a baixa disponibilidade de água é uma das mais comuns e danosas, especialmente em regiões semiáridas (LEAL et al., 2020). No semiárido brasileiro, a maior demanda por água tem levado ao aproveitamento da maior parte dos mananciais disponíveis na região, obrigando os produtores a utilizarem águas com diferentes níveis de salinidade em todos os estágios de desenvolvimento da cultura (SILVA JUNIOR et al., 2020).

Vários são os estudos que demonstram a interferência dos estresses abióticos na cultura da melancia. Investigando as respostas ao estresse oxidativo causado pelo déficit hídrico em melancia, Hamurcu et al. (2015) verificaram que o déficit hídrico interfere diretamente no funcionamento do sistema antioxidante da espécie, com aumento significativo do conteúdo de malondialdeído, e redução da atividade de superóxido dismutase e catalase. Resultados semelhantes foram verificados por Hamurcu et al. (2020), com redução da atividade de enzimas antioxidantes e aumento do estresse oxidativo.

Em relação à salinidade, em trabalho conduzido visando avaliar os efeitos da salinidade simulada com cloreto de sódio na germinação de sementes de melancia, Taheri et al. (2017) verificaram redução significativa da germinação (28%), índice de vigor das sementes (72%) e comprimento de parte aérea (63%) e raiz (45%) de plântulas, quando comparado o tratamento de maior salinidade (6,0 dS/m) com o tratamento controle.

Dessa forma, faz-se necessário o estudo de tecnologias que mitiguem os efeitos adversos decorrentes dos estresses abióticos na cultura da melancia. Dentre as diversas tecnologias utilizadas visando mitigar os efeitos dos estresses abióticos, o uso de atenuadores de estresses em sementes se destaca como uma alternativa promissora (SILVA et al., 2019; GUIRRA et al., 2020), buscando conferir tolerância das culturas ao déficit hídrico e salinidade nos estágios iniciais de desenvolvimento dos vegetais. Dessa forma, a hipótese do trabalho é que o uso de técnicas como o hidrocondicionamento e a aplicação atenuadores via

sementes de melancia atenuam os efeitos adversos decorrentes do déficit hídrico e salinidade nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas.

Nesse contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar como a aplicação de atenuadores de estresses via sementes pode mitigar os efeitos dos estresses abióticos na cultura da melancia, buscando compreender quais vias bioquímicas de defesa são estimuladas e qual a interferência do nível de tolerância das cultivares na resposta aos estresses.

1.1 Referências Bibliográficas

BEZERRA, F.M.S.; LACERDA, C.F.; RUPPENTHAL, V.; CAVALCANTE, E.S.; OLIVEIRA, A.C. Salt tolerance during the seedling production stage of *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* and *Celosia argentea*. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.3, p.1-9, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200059>

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FRACASSO, A.; TRINDADE, L.; AMADUCCI, S. Drought tolerance strategies highlighted by two *Sorghum bicolor* races in a drydown experiment. **Journal of Plant Physiology**, v.190, n.1, p.1-14, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.10.009>

GUIRRA, K.S.; TORRES, S.B.; LEITE, M.S.; GUIRRA, B.S.; NOGUEIRA NETO, F.A.; REGO, A.L.B. Phytohormones on the germination and initial growth of pumpkin seedlings under different types of water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.12, p.827-833, 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p827-833>

HAMURCU, M.; DEMIRAL, T.; HAKKI, E.E.; TURKMEN, Ö.; GEZGIN, S.; BELL, R.W. Oxidative stress responses in watermelon (*Citrullus lanatus*) as influenced by boron toxicity and drought. **Zemdirbyste-Agriculture**, v.102, n.2, p.209-216, 2015. [DOI:10.13080/z-a.2015.102.027](https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.027)

HAMURCU, M.; KHAN, M.K.; PANDEY, A.; OZDEMIR, C.; AVSAROGLU, Z.Z.; ELBASAN, F.; Omay, A.H.; GEZGIN, S. O óxido nítrico regula as respostas da melancia (*Citrullus lanatus*) ao estresse hídrico. **3 Biotech**, v.10, n.11, p.1-14, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02479-9>

IBGE. SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acessado em: 15 Dez. 2023.

LEAL, C.C.P.; TORRES, S.B.; DANTAS, N.B.L.; AQUINO, G.S.M.; ALVES, T.R.C. Water stress on germination and vigor of ‘mofumbo’ (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.1, p.1-7, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200013>

LIU, Y.; KEEFER, H.; WATSON, M.; DRAKE, M. Consumer perception of whole watermelons. **Journal of Food Science**, v.89, n.1, p.625-639, 2024. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16843>

NUNES, F.C.A.P.; MOUSINHO, F.E.P.; OLIVEIRA, J.R.; LIMA, C.J.G.S.; FERREIRA, V.M. Viabilidade econômica do cultivo irrigado da melancia no estado do piauí. **Irriga**, v.22, n.1, p.101-114, 2017. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p101-114>

OLIVEIRA, R.F.; SILVA, E.S.; SILVA CARMO, I.L.G.; MONTEIRO NETO, J.L.L.; MEDEIROS, R.D.; ABANTO-RODRIGUEZ, C. Plantas de cobertura e doses de nitrogênio no cultivo da melancia na savana de Roraima, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v.9, n.4, p.477-484, 2018. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.02>

SANI, S.; KAISAN, M.U.; KULLA, D.M.; OBI, A.I.; JIBRIN, A.; ASHOK, B. Determination of physico chemical properties of biodiesel from *Citrullus lanatus* seeds oil and diesel blends. **Industrial Crops & Products**, v.122, n.1, p.702-708, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.002>

SANTANA, M.S.; YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; COSTA, N.D.; SALVIANO, A.M. Avaliação de cultivares de melancia nas condições semiáridas do Nordeste brasileiro. In: JORNADA DE INTEGRAÇÃO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 3., 2018, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. 6p.

SCHAUBERGER, B.; ARCHONTOULIS, S.; ARNETH, A.; BALKOVIC, J.; CIAIS, P.; DERYNG, D.; ELLIOTT, J.; FOLBERTH, C.; KHABAROV, N.; MÜLLER, C.; PUGH, T. A. M.; ROLINSKI, S.; SCHAPHOFF, S.; SCHMID, E.; WANG, X.; SCHLENKER, W.; FRIELER, K. Consistent negative response of US crops to high temperatures in observations and crop models. **Nature Communications**, v.8, n.1, p.1-9, 2017. <https://doi.org.ez13.periodicos.capes.gov.br/10.1038/ncomms13931>

SHORTRIDGE, J. Observed trends in daily rainfall variability result in more severe climate change impacts to agriculture. **Climatic change**, v.157, n.1, p. 429–444, 2019. <https://doi.org.ez13.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10584-019-02555-x>

SILVA, J.E.S.B.; PAIVA, E.P.; LEITE, M.S.; TORRES, S.B.; SOUZA NETA, M.L.; GUIRRA, K.S. Physiological conditioning of onion seeds with salicylic acid and subjected to abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.12, p.919-924, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n12p919-924>

SILVA JUNIOR, F.B.; SOUSA, G.G.; SOUSA, J.T.M.; LESSA, C.I.N.; SILVA, F.D.B. Salt stress and ambience on the production of watermelon seedlings. **Revista Caatinga**, v.33, n.2, p.518 –528, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n224rc>

TAHERI, S.; BARZEGAR, T.; ZAEEMZADEH, A. Effect of salicylic acid pre-treatment on cucumber and watermelon seeds germination under salinity stress. **Iranian Journal of Seed Science and Research**, v.3, n.4, p.15-27, 2017.

ZHANG, P.; ZHANG, J.; CHEN, M. Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation. **Journal of environmental economics and management**, v.83, n.1, p.8-31, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.12.001>

2. TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE MELANCIEIRA PRÉ-TRATADAS COM ATENUADORES E SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ação de atenuadores de estresses na tolerância e atividade antioxidante de cultivares de melancia sob déficit hídrico. O trabalho foi conduzido em duas etapas, ambas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. A etapa I foi realizada em esquema fatorial 3 x 6, referentes aos níveis de déficit hídrico (N1 = 0; N2 = -0,1; N3 = -0,2 MPa) e seis cultivares de melancia. A etapa II foi conduzida em esquema fatorial 2 x 6, referentes as duas cultivares selecionadas na primeira etapa (uma sensível e outra tolerante) e a combinação entre a restrição hídrica e os atenuadores (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,2 MPa (déficit hídrico), T3 = -0,2 MPa + hidrocondicionamento (8 horas), T4 = -0,2 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,2 MPa + ácido salicílico e T6 = -0,2 MPa + peróxido de hidrogênio). A concentração e tempo de exposição aos atenuadores foram determinados por pré-testes. Na etapa I foram realizados testes de germinação, vigor e bioquímicos. Na etapa II, além dos testes já mencionados, verificou-se o teor de peróxido de hidrogênio, conteúdo de malondialdeído, e a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX). O déficit hídrico causa prejuízos à germinação e vigor de plântulas de melancia, sendo as cultivares Crimson Sweet, Omaru, Charleston Gray e Congo as mais sensíveis, e a Fairfax a mais tolerante. Para a cultivar Crimson Sweet, os tratamentos pré-germinativos proporcionaram menores níveis de estresse oxidativo e induziram maior tolerância por meio do estímulo à atividade das enzimas antioxidantes, sendo o AG e o PH os atenuadores que proporcionaram os melhores resultados. Para a cultivar Fairfax, verificou-se que sua maior tolerância está ligada a capacidade de investir em regulação osmótica por meio do acúmulo de solutos compatíveis, fato que foi intensificado pelo uso dos atenuadores.

Keywords: *Citrullus lanatus*. Déficit hídrico. Estresse abiótico. Estresse oxidativo.

2.1 Introdução

As plantas vivem em ambientes dinâmicos, muitas vezes desfavoráveis ou estressantes para o crescimento e desenvolvimento. Dentre as condições ambientais adversas, o déficit

hídrico é um dos principais fatores ambientais que afetam a distribuição geográfica das plantas na natureza, limitam a produtividade e ameaçam a segurança alimentar (ZHU, 2016).

A melancieira [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai.] é a principal cucurbitácea em volume de produção mundial. Essa hortaliça é apreciada em todas as partes do mundo devido seus frutos serem nutritivos, ricos em açúcares naturais, aminoácidos, licopenos, ácidos orgânicos e nutrientes essenciais (MORAIS et al., 2023). O Brasil é atualmente o quarto maior produtor mundial de melancia (FAO, 2023), com destaque para a região Nordeste. Geralmente as áreas de produção estão inseridas no semiárido, cuja escassez hídrica torna este estresse um fator constante, afetando de forma significativa o desenvolvimento e produção dessa espécie agrícola (ABDELKHALIK et al., 2019).

Os efeitos negativos decorrentes do déficit hídrico são potencializados durante a germinação e os primeiros estágios de crescimento, que constituem os momentos mais vulneráveis do ciclo de vida das plantas (CHANNAOUI et al., 2017), especialmente em regiões semiáridas por conta da baixa disponibilidade hídrica (LEAL et al., 2020). No entanto, esses efeitos variam também com a intensidade e duração do déficit hídrico, e principalmente com as características genéticas de cada genótipo (FERNANDES et al., 2015).

Dentre os principais problemas causados pelo déficit hídrico em plantas, o estresse oxidativo destaca-se por aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO's) (SHARMA et al., 2012), ocasionando desbalanço redox, o que ocasiona efeitos deletérios nas células.

Como medida de proteção ao estresse oxidativo, as plantas possuem mecanismos bioquímicos não enzimáticos e enzimáticos. Enquanto o primeiro refere-se ao aumento na concentração de solutos compatíveis, o segundo constitui-se em importante defesa primária para eliminar o excesso de ERO's, sendo que a atividade das enzimas antioxidantes está diretamente relacionada à tolerância ao déficit hídrico (HAMURCU et al., 2015).

O emprego de tratamentos pré-germinativos de sementes como forma de atenuar os efeitos dos estresses tem sido utilizado como ferramenta potencial para melhorar a adaptabilidade das plantas sob condições de estresses abióticos (RATHER et al., 2020). Nesse caso, o aprimoramento nas reações de defesa das plantas se dá pela ação dos atenuadores em modular a sinalização e resposta do sistema antioxidante das plantas, aumentando a expressão e eficiência das enzimas eliminadoras de ERO's.

Diversos estudos demonstram os benefícios dos tratamentos pré-germinativos de sementes sob a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de melancieira, a exemplo do hidrocondicionamento (PHAT et al., 2017), ácidos giberélico e salicílico (SILVA et al.,

2014) e peróxido de hidrogênio (VELOSO et al., 2020). Entretanto, esses estudos não elucidaram quais as rotas influenciadas pelos tratamentos pré-germinativos que promoveram esses benefícios.

A complexidade das respostas dos sistemas de defesa das plantas não ocorre a partir de uma modulação padrão nos mecanismos de resistência à seca, variando entre respostas morfofisiológicas e bioquímicas (FERNANDES et al., 2015). Neste aspecto, estratégias de seleção, melhoramento genético, estudos moleculares e/ou bioquímicos podem permitir a seleção assistida por marcadores visando superação das dificuldades impostas na obtenção de plantas capazes de manter sua produção mesmo quando cultivadas em ambientes desfavoráveis.

Dessa forma, a hipótese desta pesquisa é que os atenuadores podem melhorar a germinação e vigor de sementes de melanciaira sob déficit hídrico, e que os atenuadores promovem respostas metabólicas diferentes em genótipos sensíveis e tolerantes. Assim, objetivou-se avaliar a ação de atenuadores de estresse na tolerância, germinação, ajuste osmótico e atividade antioxidante de cultivares de melanciaira sob 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 (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas (LFBP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), em Mossoró, RN.

O experimento foi inicialmente dividido em duas etapas, no qual a etapa I visou a seleção de duas cultivares de melanciaira (uma sensível e uma tolerante ao déficit hídrico), bem como a determinação do nível de déficit hídrico a ser utilizado na etapa II. Esta última, por sua vez, visou avaliar o comportamento do sistema de defesa enzimático da espécie, sendo as sementes pré-tratadas com atenuadores e submetidas a condição de déficit hídrico.

2.2.1 Etapa I

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 3 x 6, sendo o primeiro fator referente aos níveis de déficit hídrico (N1 = 0; N2 = -0,1; N3 = -0,2 MPa), enquanto o segundo fator foi composto por seis

cultivares de melanciaira (C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo).

Para simulação da condição de déficit hídrico, as sementes de cada repetição foram postas para germinar entre três folhas de papel toalha, umedecidas com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000), nos potenciais osmóticos de 0, -0,1; -0,2 MPa (VILLELA et al., 1991). Cada repetição foi umedecida com quantidade de solução equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel (BRASIL, 2009). Posteriormente, os rolos foram acondicionados em sacos plásticos, à 25 °C em câmara de germinação, com fotoperíodo de 8 horas.

As avaliações foram realizadas diariamente, por meio de contagem do número de sementes germinadas até o 14º dia após a semeadura (BRASIL, 2009), sendo consideradas germinadas as sementes que desenvolveram plântulas normais. As variáveis analisadas foram:

Germinação (G%): correspondente à porcentagem de plântulas normais aos quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado juntamente ao teste de germinação, com contagens diárias do número de plântulas normais até o décimo quarto dia após a instalação do teste, cujo índice obedeceu a metodologia proposta por Maguire (1962).

Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas: ao fim do teste de germinação, dez plântulas normais foram selecionadas aleatoriamente e determinou-se o comprimento de parte aérea e raiz, com auxílio de uma régua graduada em milímetros.

Massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de plântulas: as plântulas provenientes das determinações biométricas foram seccionadas, acondicionadas em sacos de papel kraft e postas para secar em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,0001g), com os resultados expressos em mg/plântula.

As demais plântulas normais de cada repetição foram coletadas e acondicionadas em tubos falcon, sendo em seguida congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e armazenadas em ultra freezer (-80 °C). O material vegetal foi inicialmente usado para a obtenção do extrato bruto. Para isso, pesou-se 0,2 g de massa fresca das plântulas, que foram postas em tubos hermeticamente fechados e adicionados 3 mL de álcool 60%, para a maceração do material de forma automática. Após a maceração, os tubos foram postos em banho-maria a 60 °C por 20 minutos e posteriormente centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos à temperatura de 4 °C, sendo coletado o sobrenadante para a determinação das seguintes variáveis:

Açúcares solúveis totais (AST): determinado pelo método da antrona (YEMM & WILLIS, 1954), por meio de curva padrão de glicose, com os resultados expressos em mg de glicose/g⁻¹ de massa fresca.

Aminoácidos livres totais (ALT): determinado pelo método da ninhidrina ácida (YEMM & COCKING, 1955), por meio da curva padrão de glicina, com os resultados expressos em μmol de glicina/g⁻¹ de massa fresca.

Prolina livre (PL): determinado com a aplicação do método para quantificação do teor de prolina livre proposto por Bates et al. (1973), com os resultados expressos em μmol prolina/g⁻¹ de massa fresca.

2.2.2 Etapa II

A segunda etapa foi conduzida em esquema fatorial 2 x 6, sendo o primeiro fator referente as duas cultivares selecionadas na primeira etapa (uma sensível e outra tolerante ao déficit hídrico) e o segundo fator referente às combinações entre o déficit hídrico e o pré-tratamento de sementes com os atenuadores de estresses (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,2 MPa (déficit hídrico), T3 = -0,2 MPa + hidrocondicionamento (8 horas), T4 = -0,2 MPa + ácido giberélico (0,5 mMol), T5 = -0,2 MPa + ácido salicílico (0,05 mMol), e T6 = -0,2 MPa + peróxido de hidrogênio (10 mMol)).

A concentração de cada atenuador, bem como o tempo de exposição das sementes foi determinado por meio de pré-testes. De acordo com a curva de embebição dos dois materiais, que foi realizada em papel mata borrão, determinou-se o período de 8 horas de hidrocondicionamento, tempo em que o grau de umidade dos dois materiais, bem como o tempo restante para emissão da raiz encontravam-se uniformes. Nesta etapa, além dos testes realizados na etapa I, acrescentou-se a avaliação do complexo enzimático das plântulas. Após as determinações biométricas, coletou-se as plântulas normais presentes em cada repetição, que foram utilizadas para a obtenção dos extratos.

Para as determinações de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica (MDA), o extrato bruto foi obtido a partir de 200 mg de matéria fresca por repetição, sendo desintegrada em N₂ líquido (-196 °C), e em seguida macerada em 2 mL de TCA (ácido tricloroacético 0,1%), contendo aproximadamente 20% de polivinilpirrolidona (PVPP), por 1 minuto. Após perfeita homogeneização, o extrato foi coletado em tubos eppendorf, sendo posteriormente centrifugados a 10000 rpm, 4 °C, por 5 minutos.

Para as determinações de superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, o extrato bruto foi obtido a partir de 500 mg de matéria fresca por repetição, que foi desintegrada em N₂ líquido (-196° C). Após adicionar 20% de PVPP à amostra, esta foi homogeneizada e macerada por 1 minuto em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) suplementado com 1 mM de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e 3 mM de DTT (Detiotreitol). Em seguida, os extratos foram coletados em tubos eppendorf e centrifugados a 10.000 rpm por 30 minutos, a 4 °C. Os procedimentos de extração foram conduzidos em banho de gelo.

Após a obtenção dos extratos, foram realizadas as seguintes determinações:

Peróxido de hidrogênio (PH): determinado de acordo com o método recomendado por Alexieva et al. (2001), com a utilização de iodeto de potássio e leitura no comprimento de onda de 390 nm em espectrofotômetro, e os resultados expressos em μMol de H₂O₂/g de matéria fresca.

Peroxidação lipídica (MDA): realizado de acordo com o método de Heath e Packer (1968), em que a reação foi obtida por meio da produção de MDA (malondialdeído), um metabólito reativo ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA). Foi utilizado espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 535 e 600 nm, com os resultados expressos em μMol de MDA/g de matéria fresca.

Atividade da superóxido dismutase (SOD): quantificada de acordo com a metodologia de Gianopolitis e Ries (1977), com a utilização de banho de luz branca (lâmpada fluorescente de 15 W) por 5 min. Alíquotas de 50 μL de extrato foram transferidas para o meio de reação contendo tampão fosfato de sódio com concentração 85 mM (pH 7,8), 780 μL de metionina (13 mM), 30 μL EDTA (0,1 mM) e 225 μL de NBT (75 mM). A reação foi iniciada pela adição de 150 μL de riboflavina (5 μM), totalizando 3 mL. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 560 nm. Os resultados foram expressos em unidade de atividade/mg de proteína (U SOD/mg de proteína).

Atividade da catalase (CAT): determinada por meio da degradação de H₂O₂ monitorado por espectrofotometria a 240 nm, durante 1 minuto (HAVIR; MCHALE, 1987), com modificações de Azevedo et al. (2002). Em solução contendo 1 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e 25 μL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 1 mM. A reação foi iniciada pela adição de 25 μL do extrato proteico e a atividade determinada seguindo a decomposição do H₂O₂ por 60 segundos, através das alterações a 240 nm, sob temperatura de 25°C, em espectrofotômetro. A atividade da enzima foi expressa em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína.

Atividade da ascorbato peroxidase (APX): conduzida de acordo com Nakano e Asada (1981), com as leituras realizadas no intervalo de 1 minuto a 290 nm, utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $2,8 \text{ mmol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$. O meio de reação incubado (1 mL) foi composto de tampão 650 μL de fosfato de potássio 80 mM (pH 7,0), 100 μL de ascorbato (5 mM), 100 μL de EDTA, 100 μL de H_2O_2 e 50 μL do extrato proteico. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de proteína.

2.2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos a ANAVA e, em caso de significância, comparou-se as médias pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) de probabilidade na avaliação dos efeitos das cultivares e níveis de déficit hídrico na etapa I. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de cluster por método hierárquico, Ward's minimum variance, utilizando-se da Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Para isso, foi utilizado o software livre PAST 4. Na etapa II, em caso de significância do teste "F", empregou-se o teste "t" para cultivares e o teste de Tukey para os atenuadores, ambos ao nível de 5% de significância. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR® (FERREIRA, 2019).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Etapa I

A análise de variância demonstrou haver interação entre os fatores cultivares e níveis de restrição hídrica para todas as variáveis estudadas na primeira etapa do experimento. Isso significa que as cultivares se comportaram de forma diferente sob condições de restrição hídrica, e este comportamento variou de acordo com o nível de déficit (Tabela 1).

De forma geral, os resultados demonstram que as cultivares Crimson Sweet e Fairfax destacaram-se como mais sensível e tolerante ao déficit hídrico, respectivamente, fato que também foi confirmado pelo dendrograma de dissimilaridade (Figura 1). Para a cv. Crimson Sweet, sua suscetibilidade deu-se devido as reduções de germinação e desenvolvimento de plântulas. Estas foram significativas mesmo no nível mais baixo de restrição hídrica, bem como sua baixa capacidade de investir na regulação do seu potencial osmótico, fato confirmado pelas variáveis bioquímicas analisadas. Por outro lado, a cv. Fairfax se mostrou

tolerante ao déficit hídrico, destacando-se pela sua capacidade de regulação osmótica, além de obter os maiores acúmulos de açúcares solúveis totais, aminoácidos totais e prolina.

Para a seleção do nível de déficit hídrico a ser utilizado na segunda etapa do experimento, levou-se em consideração, principalmente, a redução da germinação e das variáveis de desempenho de plântulas. Por isso, foi adotada na segunda etapa do experimento o nível de -0,2 MPa, sendo este capaz de causar prejuízo às cultivares sensível e tolerante, além de, com o uso dos atenuadores, ser ainda possível a recuperação da germinação, crescimento e massa seca na segunda etapa.

Tabela 1: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres (AMIN) e prolina livre (PRO) de cultivares de melanciaira sob diferentes níveis de déficit hídrico.

Cultivar	Déficit	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR	AST	AMIN	PRO
	MPa	(%)								
Crimson Sweet	0	98 aA	16,4 aB	8,3 aC	10,4 aB	7,1 aC	3,5 aD	1,2 cA	47,0 bB	0,1 cA
	-0,1	93 aA	14,4 bC	4,0 bB	8,8 aB	6,6 aC	4,2 aB	10,7 bD	90,0 aA	1,8 bD
	-0,2	80 bB	9,2 cC	1,7 cA	5,5 bB	4,4 bB	2,4 bD	19,5 aB	103,7 aC	2,8 aC
Fairfax	0	98 aA	22,7 aA	9,1 aB	13,9 aA	13,3 aB	8,1 aA	1,9 cA	61 cA	0,2 cA
	-0,1	98 aA	17,3 bA	3,8 bB	10,0 bB	11,5 bA	7,2 bA	15,0 bB	95 bA	2,4 bB
	-0,2	87 bA	12,2 cA	1,4 cA	7,6 cA	6,7 cA	6,3 bA	25,2 aA	120 aA	4,1 aA
Charleston Gray	0	100 aA	23,4 aA	9,9 aA	7,8 bC	12,8 aB	5,0 bC	1,8 cA	58,6 bA	0,1 cA
	-0,1	90 bA	15,7 bB	5,0 bA	12,0 aA	11,7 aA	6,2 aA	13,0 bC	92,4 aA	2,8 bA
	-0,2	82 cB	10,0 cC	2,4 cA	8,4 bA	6,5 bA	4,3 bC	18,6 aB	96 aC	3,4 aB
Charleston Super	0	99 aA	23,7 aA	9,8 aA	11,4 aB	15,2 aA	6,5 aB	1,4 cA	56,6 cA	0,1 cA
	-0,1	82 bB	15,3 bC	5,0 bA	10,1 aB	12,6 bA	6,3 aA	14,2 bB	95,6 bA	2,8 bA
	-0,2	61 cC	9,9 cC	1,4 cA	5,8 bB	5,4 cB	3,6 bC	19,4 aB	110 aB	4,2 aA
Omaru	0	99 aA	17,2 aB	10,6 aA	12,0 aB	12,1 aB	4,4 aD	1,3 cA	47,3 cB	0,1 cA
	-0,1	96 aA	16,0 bB	4,5 bA	11,4 aA	9,2 bB	4,3 aB	16,3 bA	90,9 bA	2,4 bB
	-0,2	78 bB	12,5 cA	1,9 cA	7,5 bA	5,9 cA	3,9 aC	19,7 aB	101,8 aC	4,1 aA
Congo	0	99 aA	17,5 aB	9,9 aA	11,0 aB	12,0 aB	5,4 bC	1,7 cA	50,6 bB	0,2 cA

	-0,1	96 aA	14,2 bC	5,0 bA	11,3 aA	9,2 bB	6,5 aA	13,7 bB	82,8 aB	2,2 bC
	-0,2	86 bA	11,0 cB	1,9 cA	7,4 bA	4,6 cB	4,9 bB	20,1 aB	86,6 aD	2,9 aC
CV (%)		5,3	4,7	10,4	11,9	11,3	12,5	10,5	6,3	13,1

*Letra minúscula diferencia os níveis de restrição hídrica dentro de cada cultivar, enquanto letra maiúscula diferencia as cultivares dentro de cada nível de restrição hídrica, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A partir da análise de agrupamento (Figura 1), tomou-se por base a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, com corte a uma distância de 20,0 para formação de quatro grupos de combinações entre níveis do potencial osmótico (N) e cultivares de melancia (C). O primeiro grupo (I) foi caracterizado pelas seis cultivares na condição de testemunha (0,0 MPa), ou seja, em condições de ausência de déficit hídrico.

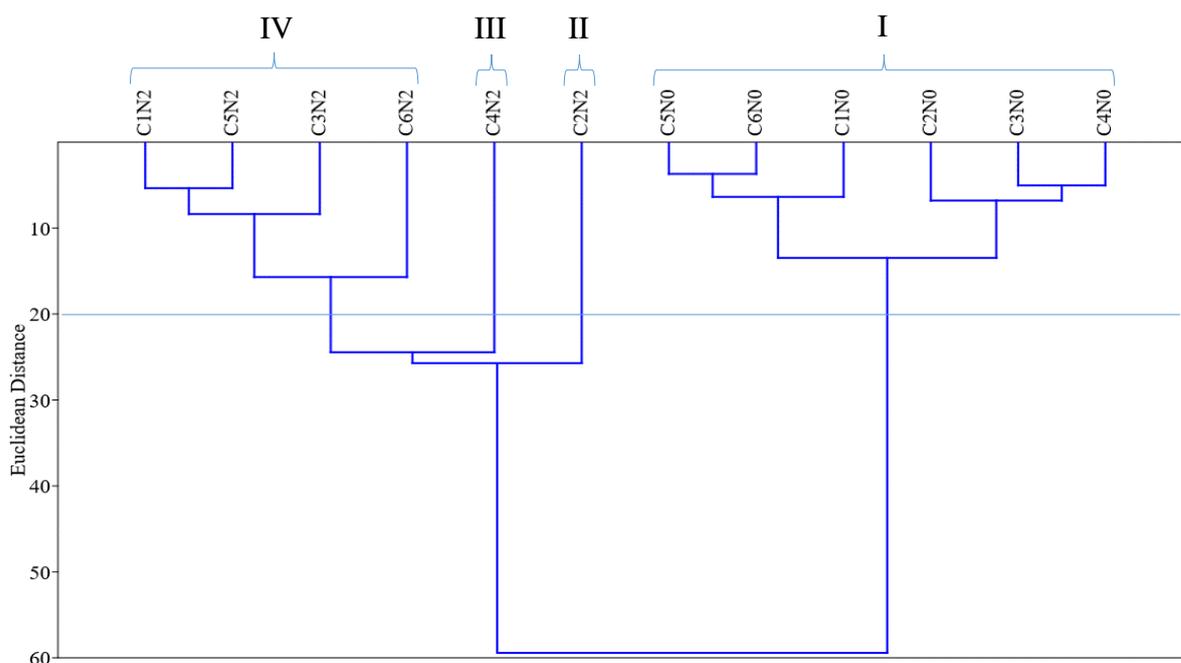


Figura 1: Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de restrição hídrica (N) e cultivares (C) de melancia. N0 = Testemunha; N2 = -0,2 MPa; C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo.

Os grupos II, III e IV foram compostos pelas seis cultivares avaliadas em condições de déficit hídrico, onde a cultivar Fairfax destacou-se como a de maior germinação e desempenho das variáveis bioquímicas e de crescimento na condição de maior restrição hídrica (-0,2 MPa), compondo o grupo II, situado no dendrograma ao lado do grupo de

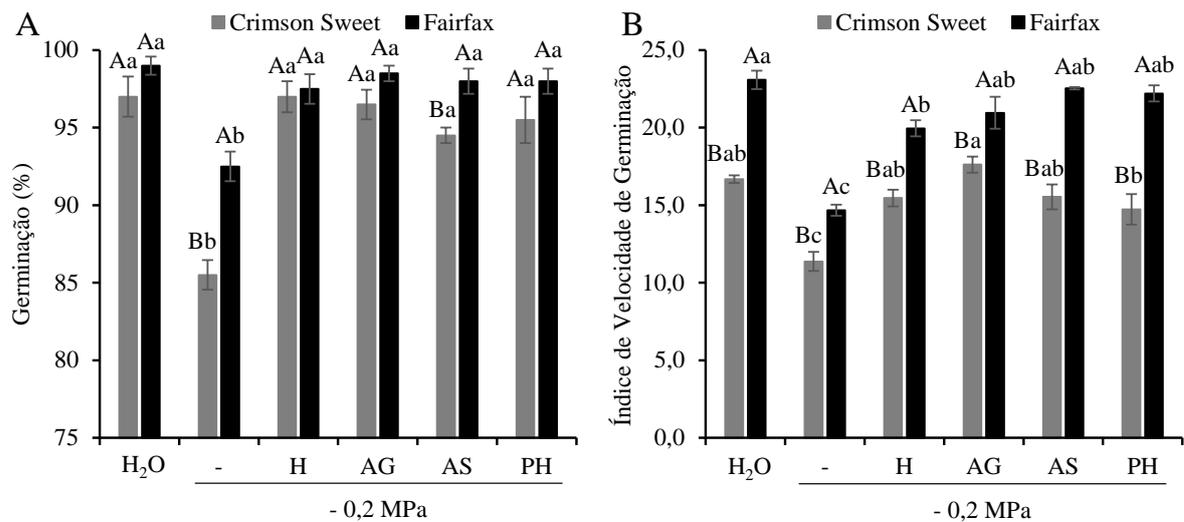
testemunhas. Em contrapartida, o grupo IV foi composto pelas cultivares mais sensíveis ao déficit hídrico, com a cv. Crimson Sweet destacando-se como a mais sensível, devido a sua posição mais à esquerda do dendrograma (maior distância do grupo I). Diante disso, para a restrição hídrica, selecionou-se o nível -0,2 MPa para ser utilizado na segunda etapa, bem como as cvs. Fairfax e Crimson Sweet que foram selecionadas como tolerante e sensível à restrição hídrica, respectivamente.

2.3.2 Etapa II

A análise de variância demonstrou haver interação significativa para todas as variáveis, exceto para a massa seca da raiz e peróxido de hidrogênio, nos quais os efeitos de cultivares e tratamentos foram significativos, de forma isolada. Dessa forma, verifica-se que o efeito dos tratamentos para a maioria das variáveis está diretamente relacionado à tolerância da cultivar ao déficit hídrico.

A germinação das cultivares foi afetada de forma negativa pelo déficit hídrico, sendo a maior redução verificada para a cv. Crimson Sweet, com queda de 12% (Figura 2A). De forma geral, todos os tratamentos pré-germinativos proporcionaram incrementos à germinação em condições de déficit hídrico, não diferindo estatisticamente da testemunha.

Os tratamentos pré-germinativos têm como principais benefícios a indução da germinação e uniformidade das plântulas (ZULFIQAR, 2021). Segundo esse autor, isso é resultado do estímulo aos mecanismos de reparo de DNA e do desencadeamento do metabolismo pré-germinativo, resultando no aumento da atividade enzimática e mobilização de reservas. Sendo assim, constitui-se em uma técnica importante para conferir tolerância aos estresses abióticos e bióticos na fase de germinação, sendo uma das mais sensíveis do ciclo dos vegetais.



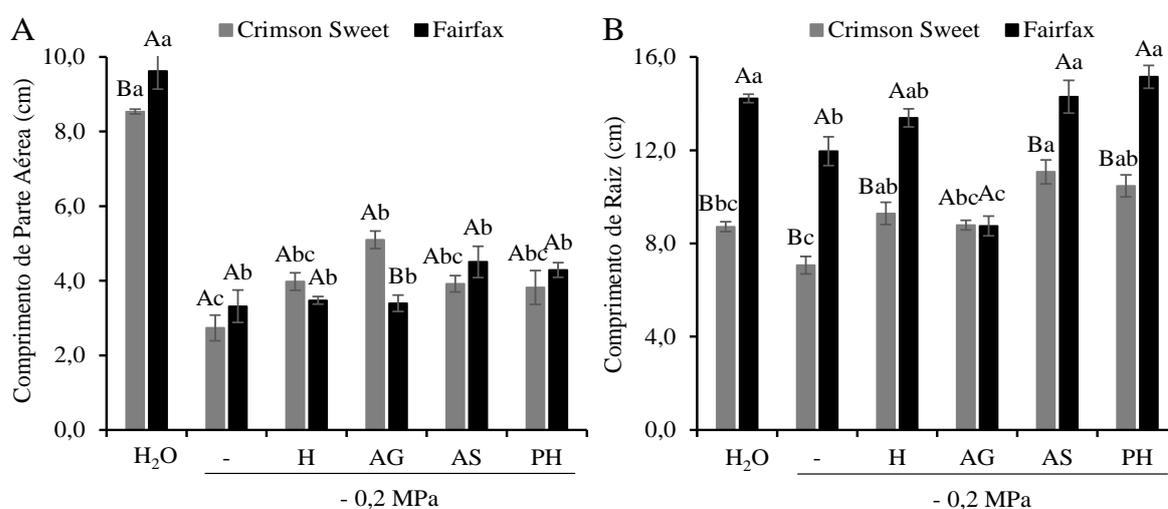
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 2: Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

Semelhante ao verificado para a germinação, o índice de velocidade de germinação também foi afetado de forma negativa pelo déficit hídrico, com reduções de 32 e 36% para as cvs. Crimson Sweet e Fairfax, respectivamente, em relação a testemunha (Figura 2B). Os tratamentos pré-germinativos proporcionaram benefícios para as duas cultivares, com aumento significativo da velocidade de germinação. Os melhores resultados para a cv. Crimson Sweet foram obtidos com a utilização do ácido giberélico (AG). Para a Fairfax, os melhores resultados foram com AG, ácido salicílico (AS) e peróxido de hidrogênio (PH).

A redução da velocidade de germinação por conta do déficit hídrico é um dos fatos mais descritos na literatura, sendo decorrente do atraso na reidratação dos tecidos e de todos os eventos desencadeados posteriormente, uma vez que estes são totalmente dependentes da presença de água (RODRIGUES et al., 2019). Neste cenário, o emprego de atenuadores e técnicas que possam induzir e uniformizar a germinação de sementes são de grande importância. Dentre os indutores de germinação, o AG destaca-se por sua influência sob a síntese de enzimas hidrolíticas, especialmente as α -amilases, que degradam polissacarídeos a monossacarídeos, facilitando sua metabolização e, posteriormente, síntese de energia para as etapas germinativas (TAIZ et al., 2017; SOUSA et al., 2020).

O comprimento da parte aérea das duas cultivares foi reduzido significativamente pelo déficit hídrico (Figura 3A). Para a cv. Fairfax, os tratamentos pré-germinativos não proporcionaram incrementos significativos em relação ao déficit hídrico, que causou redução de 65% no comprimento da parte aérea quando comparado com o resultado da testemunha. Para a Crimson Sweet, o pré-tratamento das sementes com AG resultou em comprimento de parte aérea 86% superior ao déficit hídrico. Entretanto, cabe ressaltar que apesar da significância desse resultado, este foi ainda 40% inferior ao verificado para a testemunha.



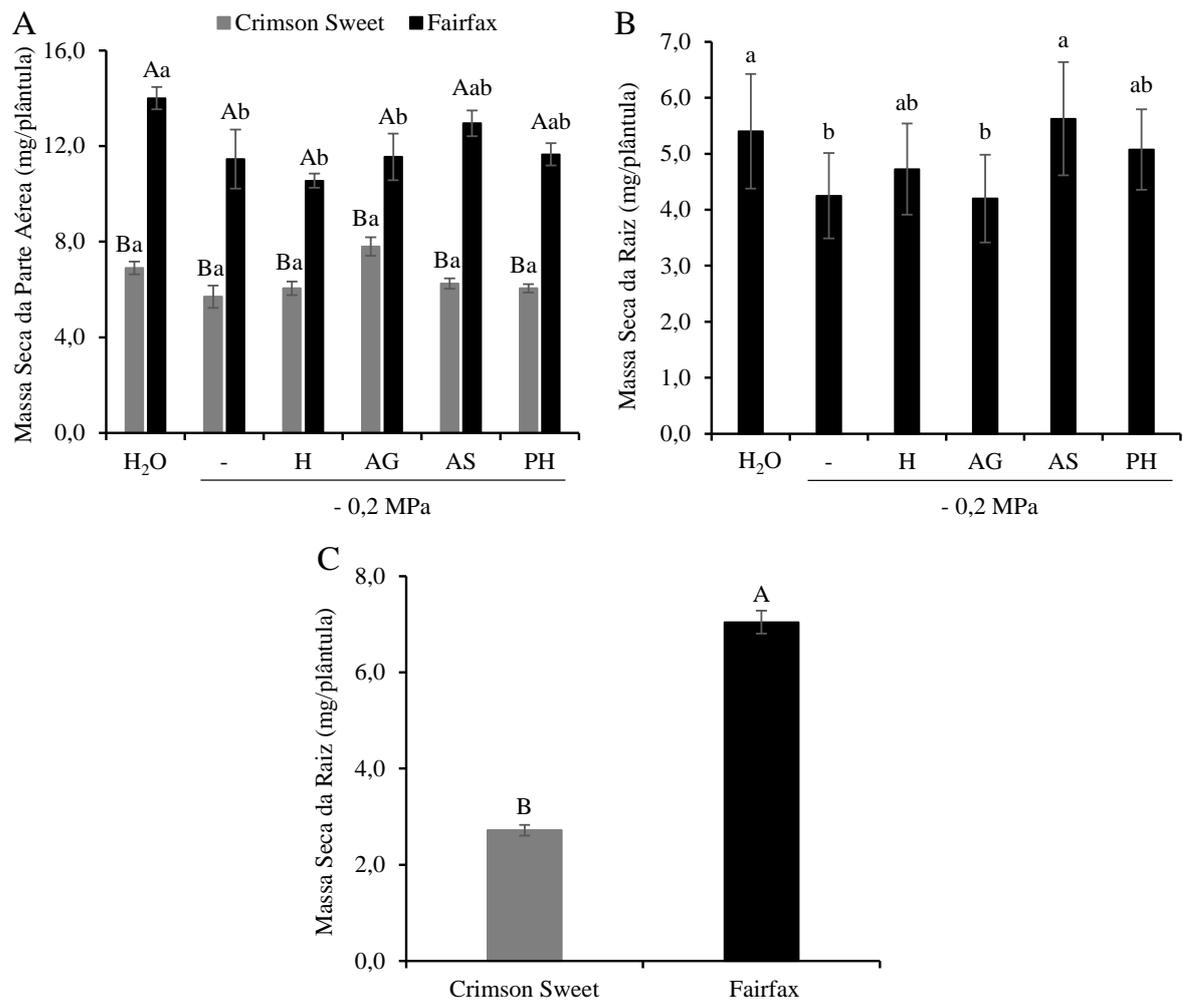
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 3: Comprimento de parte aérea (A) e raiz (B) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

O comprimento de raiz também foi afetado negativamente pelo déficit hídrico, com redução significativa para as duas cultivares (Figura 3B). Para essa variável, os tratamentos pré-germinativos proporcionaram melhores resultados, com exceção à utilização do AG, que para a cv. Fairfax resultou em comprimento radicular inferior, inclusive sob déficit hídrico. Segundo Vendruscolo et al. (2016), a redução do crescimento da raiz sob efeito do AG é um efeito comum, uma vez que a divisão e o alongamento celular podem promover um maior desenvolvimento da parte aérea e inibir ou paralisar o desenvolvimento radicular, como foi verificado para a cv. Crimson Sweet.

A redução do comprimento de plântulas devido ao déficit hídrico também foi constatada por Souza Neta et al. (2024), durante a germinação e desenvolvimento de plântulas de pepino sob condições de estresse. Entretanto, no presente estudo, verificou-se também a diferença de sensibilidade ao déficit hídrico entre a parte aérea e a raiz das plântulas de melanciaira, sendo esta última menos afetada. Sob condições de déficit hídrico, a partição de biomassa pode ser alterada visando o maior desenvolvimento do sistema radicular, resultando em diminuição da relação parte aérea/raiz, constituindo-se em importante estratégia para a garantia do suprimento hídrico em condições de escassez de água (SILVA et al., 2012).

Embora não tenha sido afetada pelo déficit hídrico, a massa seca da parte aérea da cv. Crimson Sweet foi inferior a Fairfax em todos os tratamentos (Figura 4A). Esta última, por sua vez, teve prejuízos de 18% causados pela restrição de água (-), em relação ao tratamento testemunha. Verificou-se ainda que o tratamento com AS proporcionou massa seca da parte aérea estatisticamente igual a testemunha na cv. Fairfax, embora não tenha diferido do déficit hídrico (-).



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

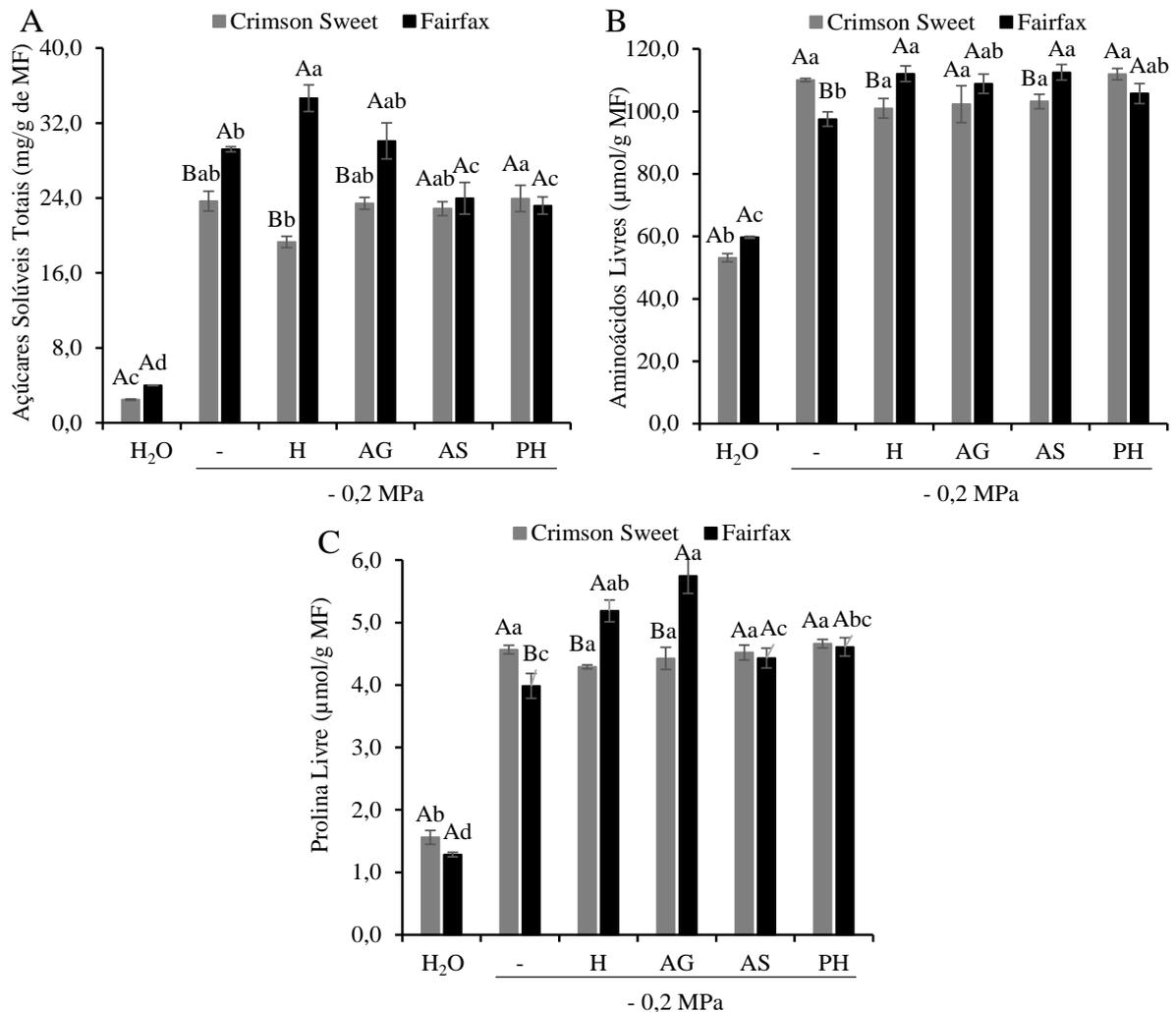
Figura 4: Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B e C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

Em relação a massa seca da raiz, constatou-se resultados superiores decorrentes do uso dos atenuadores, com exceção dos obtidos pelo AG, que não resultou em benefícios em relação à restrição hídrica (-) (Figura 4B). O pré-tratamento das sementes com o hidrocondicionamento (H), AS e PH proporcionou acúmulo de massa seca nas raízes semelhante ao obtido no tratamento testemunha, com destaque para a utilização do AS, que resultou em 33% superior aos obtidos sob déficit hídrico. Em relação as cultivares, resultados superiores foram verificados para a cv. Fairfax, sendo a massa seca da raiz 2,6 vezes superior

aos valores obtidos pela Crimson Sweet (Figura 4C).

Sobre as alterações provenientes da utilização dos atenuadores no crescimento e acúmulo inicial de massa seca de plântulas, pode-se afirmar que estão diretamente relacionadas aos estímulos aos sistemas de defesa proporcionado por cada atenuador. O AG estimula processos de divisão e expansão celular, favorecendo o aumento no comprimento da plântula (ZANINI et al., 2016). O AS tem ação direta sobre o sistema antioxidante das plantas, estimulando a síntese e ação de compostos enzimáticos relacionados à defesa sob condições de estresse (SILVA et al., 2017). Já o PH, em baixas concentrações, além de influenciar positivamente o processo de germinação, exerce forte influência na oxidação seletiva de proteínas e mRNA (WOJTYLA et al., 2016).

O acúmulo de açúcares solúveis foi incrementado em decorrência do déficit hídrico, com aumento de 9,5 e 7,3 vezes as concentrações encontradas no tratamento testemunha para as cv. Crimson Sweet e Fairfax, respectivamente (Figura 5A). Para a cv. Crimson Sweet, os tratamentos pré-germinativos não proporcionaram maiores acúmulos de açúcares quando comparados ao tratamento com déficit hídrico. Já em relação a Fairfax, maiores acúmulos foram constatados para o pré-tratamento com H e AG, sendo os valores 18,7 e 1,0% superiores aos obtidos para o déficit hídrico (-), respectivamente.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5: Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres (B) e prolina livre (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

O conteúdo de aminoácidos (Figura 5B) e prolina livre (Figura 5C) apresentaram resultados semelhantes em relação a cv. Crimson Sweet, com aumentos significativos para as duas variáveis supracitadas em função do déficit hídrico. Entretanto, os tratamentos pré-germinativos não proporcionaram incrementos adicionais no conteúdo total de aminoácidos e prolina livre, quando comparados ao déficit hídrico (-). Já para a cv. Fairfax, acúmulos de aminoácidos livres foram verificados para todos os tratamentos pré-germinativos, com destaque para o H e AS, que proporcionaram as maiores concentrações, embora não defiram

estatisticamente do AG e PH. De forma semelhante, maiores acúmulos de prolina livre foram verificados para a cv. Fairfax quando as sementes foram previamente tratadas com o H e AG, atingindo concentrações de 30 e 44% superiores as encontradas no déficit hídrico (-), respectivamente.

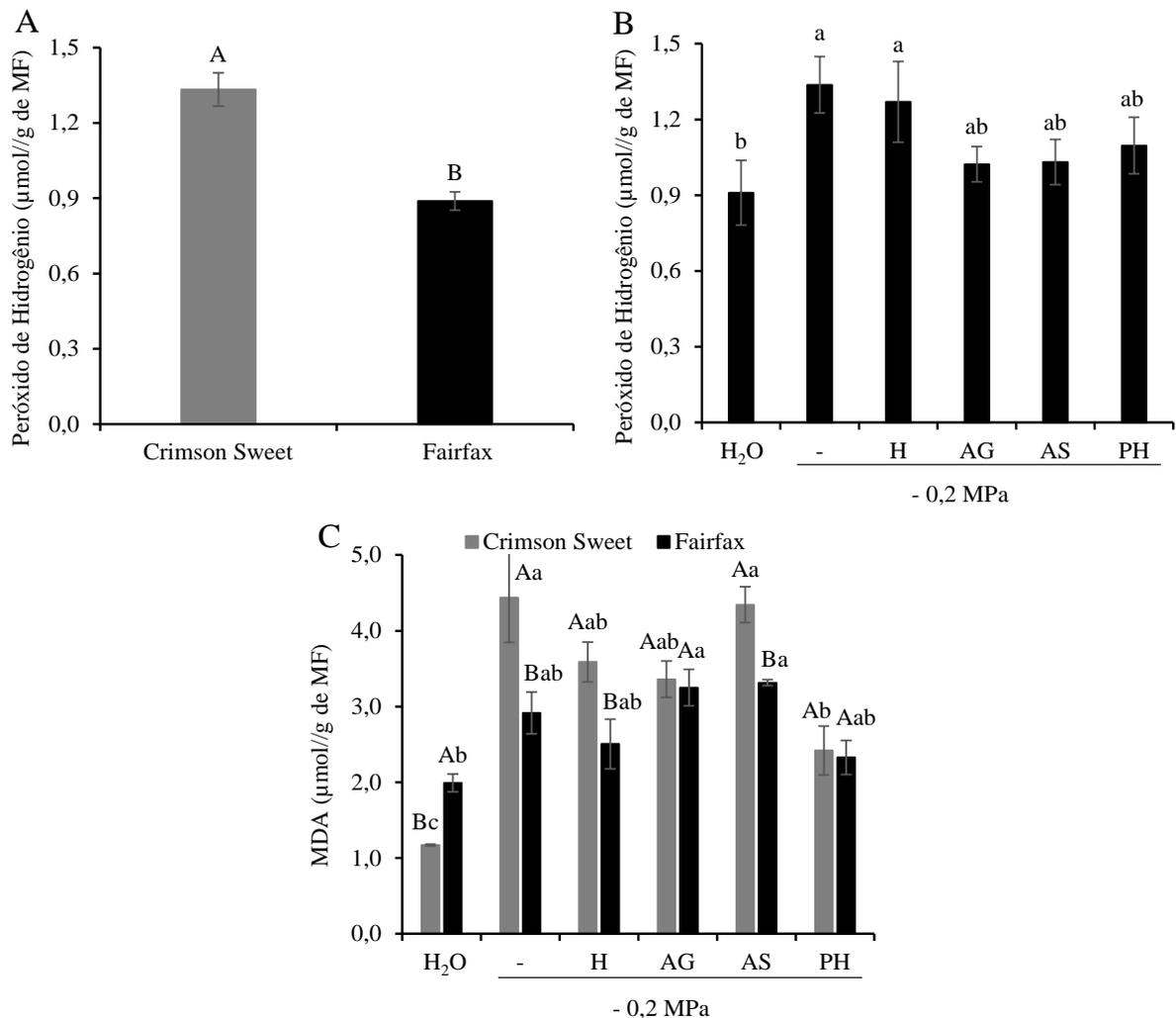
Os osmoprotetores são solutos compatíveis que proporcionam a manutenção do equilíbrio hídrico na célula sem perturbar os processos normais das plantas (CHAUDHRY & SIDHU, 2022), sendo o acúmulo dessas substâncias um importante meio de tolerância ao déficit hídrico (BHUIYAN et al., 2019). De acordo com Chaudhry & Sidhu (2022), o aumento dos conteúdos de açúcares e prolina, por exemplo, tem a função de proteger grandes biomoléculas, como proteínas, ácidos nucleicos e lipídios e outras membranas de danos oxidativos. Dessa forma, maiores acúmulos de solutos compatíveis decorrentes dos tratamentos pré-germinativos em sementes da cv. Fairfax mostram-se importantes para aumentar a resistência contra o déficit hídrico, visto que, para esta cultivar, os resultados demonstram que o ajuste osmótico pelo acúmulo de solutos compatíveis tem grande contribuição na defesa contra o estresse, reduzindo o potencial hídrico da planta e favorecendo a absorção de água.

Em relação ao acúmulo de peróxido de hidrogênio em função das cultivares (Figura 6A), maior concentração deste composto foi constatado para a cv. Crimson Sweet, sendo 44% superior aos valores obtidos na Fairfax. O conteúdo de peróxido de hidrogênio também foi influenciado pelo déficit de água (Figura 6B), com maiores concentrações nos tratamentos submetidos ao déficit hídrico. Entretanto, resultados positivos foram obtidos com a utilização dos pré-tratamentos com AG, AS e PH, proporcionando reduções de 23, 23 e 15%, respectivamente, na concentração de peróxido de hidrogênio se comparado a restrição hídrica (-).

A presença de déficit hídrico resultou também em aumento do conteúdo de malondialdeído (MDA) para as duas cultivares (Figura 6C). Para a Fairfax, menores concentrações de MDA foram obtidas com o H e PH, com manutenção dos níveis basais de MDA. Já para a cv. Crimson Sweet, o H, AG e PH proporcionaram reduções de 18, 23 e 45%, respectivamente, no conteúdo de MDA, em relação ao tratamento com restrição hídrica (-).

Em plantas sob déficit hídrico, a produção e consequente aumento das espécies reativas de oxigênio (ERO's), a exemplo do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), pode ocorrer em diferentes compartimentos celulares (DEL RIO, 2015). De forma geral, ERO's são subprodutos de reações redox, sendo derivadas de alterações na distribuição de elétrons nas reações metabólicas das plantas, como a fotorrespiração e a fotossíntese (GUO et al., 2023).

Se não forem controladas, as concentrações de ERO's aumentarão nas células e causarão danos oxidativos às membranas (peroxidação lipídica), proteínas, moléculas de RNA e DNA, e podem até levar à destruição oxidativa da célula em um processo denominado estresse oxidativo (CHOUDHURY et al., 2017).



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste "t" e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

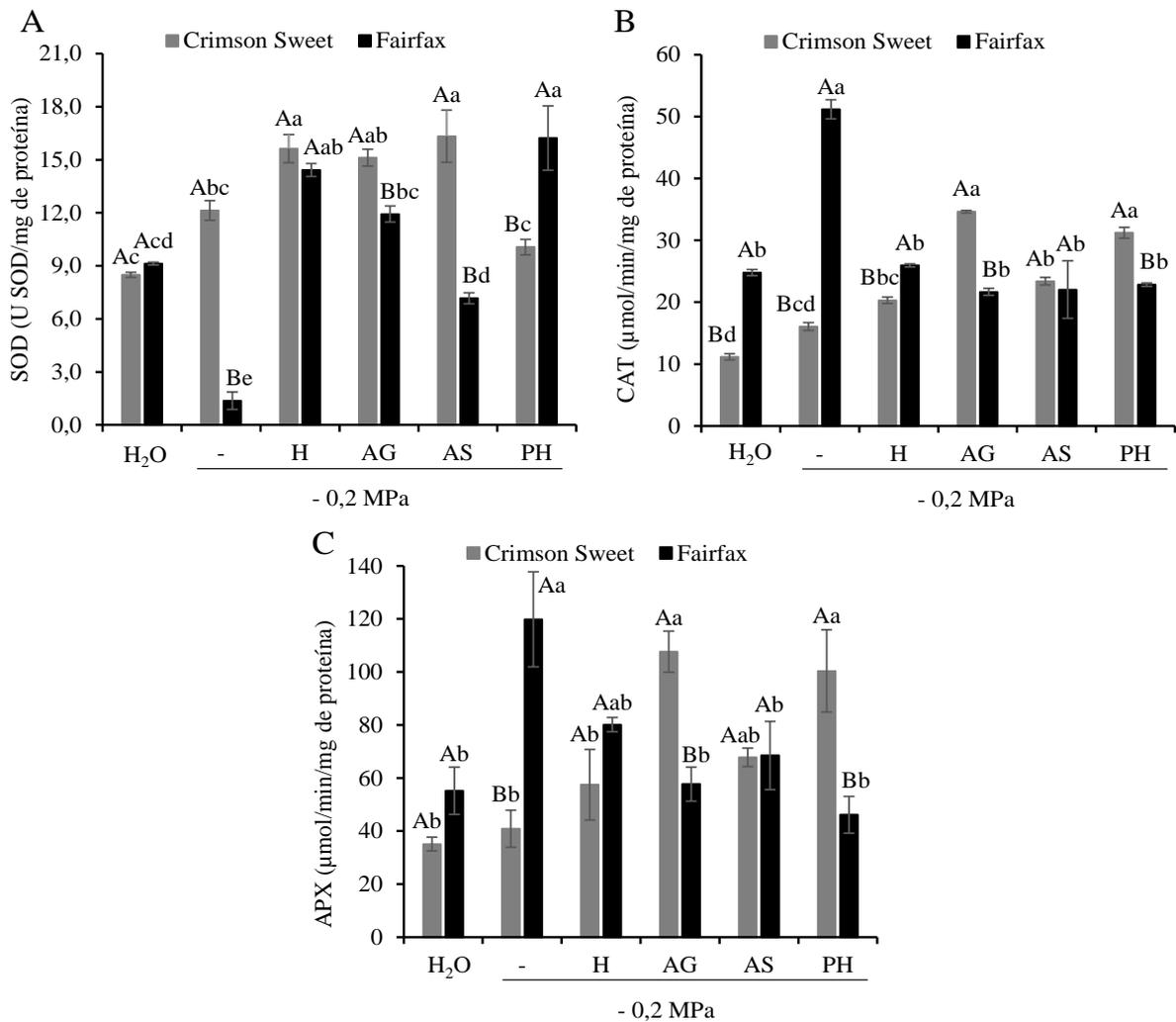
Figura 6: Peroxidação lipídica expressa pelo teor de peróxido de hidrogênio (A e B) e malondialdeído (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

A evidente interação entre ERO's e moléculas biológicas é o aumento do conteúdo de malondialdeído, que é um indicador de peroxidação lipídica (LAXA et al., 2019), sendo

resultado do aumento do conteúdo e interação do H_2O_2 nas células com íons cobre e ferro, transformando-se em radicais hidroxila, resultando em dano oxidativo às membranas celulares (SOUZA NETA et al., 2024). Dessa forma, menores conteúdos de H_2O_2 e consequentemente de MDA indicam menores níveis de danos provocados pelo déficit hídrico, seja em função do nível de tolerância da cultivar ou pela ação dos atenuadores, como foi verificado.

Os resultados obtidos para o complexo enzimático das duas cultivares foram significativamente influenciados pelo déficit hídrico e pelo pré-tratamento de sementes. Para a cv. Crimson Sweet, verificou-se que os tratamentos pré-germinativos aumentaram significativamente a atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD) (Figura 7A), catalase (CAT) (Figura 7B) e ascorbato peroxidase (APX) (Figura 7C). Comparando-se os resultados obtidos entre os tratamentos pré-germinativos e o déficit de água (-), verifica-se que a SOD foi altamente influenciada pelo H (29%), AG (25%) e AS (35%), enquanto para a CAT e APX, os principais aumentos foram obtidos com o emprego do AG (115 e 163%) e PH (94 e 145%), respectivamente.

De forma geral, os resultados obtidos para o complexo enzimático corroboram os encontrados na literatura. Dessa forma, a SOD é considerada a primeira linha de defesa antioxidante contra o estresse, iniciando a conversão do íon superóxido (O_2^-) em H_2O_2 e O_2 molecular, sendo o peróxido de hidrogênio posteriormente convertido em H_2O e O_2 pela CAT e APX (SIDHU et al., 2019).



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7: Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase - CAT (B) e ascorbato peroxidase - APX (C) de cultivares de melancia submetidas aos tratamentos pré-germinativos e déficit hídrico. Testemunha (H₂O); déficit hídrico e ausência de atenuadores (-); déficit hídrico + hidrocondicionamento (H); déficit hídrico + ácido giberélico (AG); déficit hídrico + ácido salicílico (AS); déficit hídrico + peróxido de hidrogênio (PH).

O sistema de defesa antioxidante da cv. Fairfax comportou-se de maneira diferente à verificada para a Crimson Sweet, pois embora apresente características ligadas à tolerância ao déficit hídrico, verificou-se um colapso da SOD no tratamento com déficit hídrico isolado (-), onde a atividade dessa enzima foi quase indetectável, enquanto as atividades das enzimas CAT e APX para este mesmo tratamento foram superiores aos demais, sendo 97 e 50% maiores do que a obtida para o pré-tratamento com o H, que dentre os atenuadores, foi o que mais estimulou a atividade dessas enzimas.

A ativação do sistema antioxidante ocorre independentemente da tolerância do genótipo ao estresse (LAXA et al., 2019). Entretanto, não apenas a magnitude da ativação pode ser influenciada, mas também quais enzimas são ativadas. Como exemplo, os autores citam que em genótipos mais tolerantes, a ativação da CAT e APX é mais forte que em genótipos sensíveis, mas cabe ressaltar que essa dinâmica foi também alterada pelo emprego dos atenuadores, que intensificaram a ação da SOD nas duas cultivares.

O uso de técnicas como o condicionamento fisiológico e o emprego de atenuadores como ácido giberélico, ácido salicílico e peróxido de hidrogênio, têm sido aplicadas para melhorar a resposta dos vegetais sob estresses abióticos (COSTA et al., 2022). Neste estudo, o emprego dessas técnicas interferiu nos processos de percepção, sinalização e respostas das plântulas de melancia ao déficit hídrico, resultando em reprogramação das vias metabólicas e maior expressão dos sistemas de defesa.

Os sistemas bioquímicos não enzimáticos e enzimáticos trabalham de maneira coordenada para inibir a superprodução de ERO's nas plantas e manutenção do equilíbrio redox, sendo que a ocorrência e a efetividade de cada um estão relacionadas a diversos fatores (FIMOGNARI et al., 2020). Neste estudo, verificou-se que a diferença no nível de tolerância das cultivares ao déficit hídrico pode estar relacionado a maior capacidade de acumular solutos compatíveis por parte da cv. Fairfax. Nesta, os tratamentos pré-germinativos estimularam e proporcionaram respostas positivas desse sistema, favorecendo a manutenção de níveis de água adequados nas células, mitigando os danos causados pelo estresse, alterando assim a intensidade e dinâmica da resposta enzimática.

O estudo demonstrou que os diferentes níveis de tolerância de cultivares de melancia ao déficit hídrico estão relacionados aos mecanismos utilizados por cada cultivar no enfrentamento ao estresse. Além disso, verificou-se que esses mecanismos são potencializados pelo emprego dos tratamentos pré-germinativos de sementes com os atenuadores estudados, proporcionando vantagens aos agricultores no enfrentamento à condição de déficit, que é tão recorrente na principal região produtora de melancia no Brasil. Dessa forma, sugere-se ainda a continuidade dos estudos relacionados ao tratamento de sementes de melancia com atenuadores, visto o grande número de novas técnicas e substâncias que tem potencial para serem utilizadas e proporcionarem bons resultados.

2.4 Conclusões

O déficit hídrico causa prejuízos à germinação e vigor de plântulas de melancia, sendo as cultivares Crimson Sweet, Omaru, Charleston Gray e Congo as mais sensíveis, e a Fairfax a mais tolerante.

Para a cultivar Crimson Sweet, os tratamentos pré-germinativos proporcionaram menores níveis de estresse oxidativo e induziram maior tolerância por meio do estímulo à atividade das enzimas antioxidantes, sendo o AG e o PH os atenuadores que proporcionaram os melhores resultados.

Para a cultivar Fairfax, verificou-se que sua maior tolerância está ligada a capacidade de investir em regulação osmótica por meio do acúmulo de solutos compatíveis, fato que foi intensificado pelo uso dos atenuadores.

2.5 Referências Bibliográficas

ABDELKHALIK, A.; PASCUAL-SEVA, N.; NÁJERA, I.; GINER, A.; BAIXAULI, C.; PASCUAL, B. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. **Agricultural Water Management**, v.212, n.1, p.99–110, 2019. DOI: [10.1016/j.agwat.2018.08.044](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.044)

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. 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>

AZEVEDO, R.A., ALAS, R.M., SMITH, R.J., LEA, P.J.: Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v.104, n.2, p.280-292, 2002. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>

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

BHUIYAN, T.F.; AHAMED, K.U.; NAHAR, K.; AL MAHMUD, J.; BHUYAN, M.B.; ANEE, T.I.; FUJITA, M.; HASANUZZAMAN, M. Mitigation of PEG-induced drought stress in rapeseed (*Brassica rapa* L.) by exogenous application of osmolytes. **Biocatal Agric Biotechnol**, v.20, n.1, p.1-10, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101197>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CHANNAOUI, S.; EL KAHKAHI, R.; CHARAFI, J.; MAZOUZ, H.; EL FECHTALI, M.; NABLOUSSI, A. Germination and seedling growth of a set of rapeseed (*Brassica napus*) varieties under drought stress conditions. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v.2, n.1, p.487-494, 2017. <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.1.61>

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>

CHOUDHURY, F.K.; RIVERO, R.M.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. 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>

COSTA, A.A.; PAIVA, E.P.; TORRES, S.B.; SOUZA NETA, M.L.; PEREIRA, K.T.O.; LEITE, M.S.; SÁ, F.V.S.; BENEDITO, C.P. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. **Brazilian Journal of Biology**, v.82, n.1, p.1-9, 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.233547>

DEL RÍO, L.A. ROS and RNS in plant physiology: an overview. **Journal of Experimental Botany**, v.66, n.10, p.2827–2837, 2015. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv099>

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FERNANDES, E.T.; CAIRO, P.A.R.; NOVAES, A.B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, v.45, n.1, p.29-34, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120152>

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FIMOGNARI, L., DÖLKER, R., KASELYTE, G.; JENSEN, C.N.G.; AKHTAR, S.S.; GROBKINSKY, D.K.; ROITSCH, T. Simple semi-high throughput determination of activity signatures of key antioxidant enzymes for physiological phenotyping. **Plant Methods**, v.16, n.1, p.1-19, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00583-8>

GIANOPOLITIS C.N.; RIES S.K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**, v.59, n.2, p.309-314, 1977. <http://dx.org/10.1104/pp.59.2.309>

GUO, W.; XING, Y.; LUO, X.; LI, F.; REN, M.; LIANG, Y. Reactive oxygen species: A crosslink between plant and human eukaryotic cell systems. **International Journal of Molecular Sciences**, v.24, n.17, p.1-31, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms241713052>

HAMURCU, M.; DEMIRAL, T.; HAKKI, E.E.; TURKMEN, Ö.; GEZGIN, S.; BELL, R.W. Oxidative stress responses in watermelon (*Citrullus lanatus*) as influenced by boron toxicity and drought. **Zemdirbyste-Agriculture**, v.102, n.2, p.209-216, 2015. [DOI:10.13080/z-a.2015.102.027](https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.027)

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. <http://dx.org/10.1104/pp.84.2.450>

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in Isolated Chloroplasts: I. Kinetics and Stoichiometry of Fatty Acid Peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, n.1, p.189-198, 1968. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)

LAXA, M.; LIEBTHAL, M.; TELMAN, W.; CHIBANI, K.; DIETZ, K.J. The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. **Antioxidants**, v.8, n.4, p.1-31, 2019. <https://doi.org/10.3390/antiox8040094>

LEAL, C.C.P.; TORRES, S.B.; DANTAS, N.B.L.; AQUINO, G.S.M.; ALVES, T.R.C. Water stress on germination and vigor of ‘mofumbo’ (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.1, p.1-7, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200013>

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MORAIS, C.; BURGOS, C.R.; SEGUEL, F.E.; MALDONADO, C.; MASHILO, J.; PINTO, C.; CONTRERAS-SOTO, R.I. Rootstocks comparison in grafted watermelon under water deficit: Effects on the fruit quality and yield. **Plants**, v.12, n.3, p.1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12030509>

NAKANO, Y.; ASADA, K.: Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. **Plant and Cell Physiology**, v.22, n.5, p.867-880, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

PHAT, P.; JU, H.; NOH, J.; LIM, J.; SEONG, M.; CHON, H.; JEONG, J.; KWON, S.; KIM, T. Effects of hydropriming and explant origin on in vitro culture and frequency of tetraploids in small watermelons. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v.58, n.5, p.495–502, 2017. <https://doi-org.ez13.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13580-017-0242-x>

RATHER, B.A.; MIR, I.R.; MASOOD, A.; ANJUM, N.A.; KHAN, N.A. Nitric oxide pre-treatment advances seed germination and alleviates copper-induced photosynthetic inhibition in indian mustard. **Plants**, v.9, n.6, p.1-25, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9060776>

RODRIGUES, G.A.G.; RIBEIRO, M.I.; LUZ, E.M.Z.; PORTO, E.C.; MATIAS, G.L.; CORSATO, J.M.; FORTES, A.M.T. Drought stress effects on germination and reserve degradation of *Aspidosperma polyneuron* seeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.4, p.1-10, 2019. [DOI:10.5039/agraria.v14i4a5903](https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a5903)

SIDHU, G.P.S.; BALI, A.S.; BHARDWAJ, R. Role of organic acids in mitigating cadmium toxicity in plants. In: HASANUZZAMAN, M.; PRASAD, M.N.V.; NAHAR, K. (Org) **Cadmium tolerance in plants: Agronomic, Molecular, Signaling, and Omic Approaches**. Academic Press, Elsevier Inc 2019, p.255–279. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815794-7.00010-2>

SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.12, n.1, p.1-26, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>

SILVA, A.C.; SUASSUNA, J.F.; MELO, A.S.; COSTA, R.R.; ANDRADE, W.L.; SILVA, D.C. Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.3, p.156-162, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p156-162>

SILVA, D.D.; KANE, M.E.; BEESON JR, R.C. Changes in root and shoot growth and biomass partition resulting from different irrigation intervals for *Ligustrum japonicum* Thunb. **Hortscience**, v.47, n.11, p.1634–1640, 2012. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.11.1634>

SILVA, T.C.F.S.; SILVA, R.C.B.; SILVA, J.E.S.B.; SANTOS, R.S.; ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia plena**, v.10, n.3, p.1-15, 2014.

SOUSA, A.C.M.; NOGUEIRA, G.A.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; CRUZ, E.D.; SILVA, B.G.H.; SILVA, A.C.; PANTOJA, J.S. Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes e produção inicial de biomassa em *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Research, Society and Development**, v.9, n.10, p.1-14, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9069>

SOUZA NETA, M.L.; TORRES, S.B.; DE PAIVA, EP.; CARVALHO, S.M.C; LEITE, M.S.; GUIRRA, B.S.; MORAIS, M.B.; ALBUQUERQUE, C.C.; PEREIRA, K.T.O.; PEIXOTO, T.D.C.; SÁ, F.V.S. 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.1, n.1, p.1-15, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11231-5>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VELOSO, L.L.S.A.; AZEVEDO, C.A.V.; GOMES, R. Acúmulo de fitomassas de mini melancia cultivada sob estresse salino e peróxido de hidrogênio. In: Anais do Inovagri Meeting Virtual, p.1-9, Fortaleza. **Anais...**2020, v.1.

VENDRUSCOLO, E. P.; CAMPOS, L. F. C.; MARTINS, A. P. B.; SELEGUINI, A. GA3 em sementes de tomateiro: efeitos na germinação e no desenvolvimento inicial de mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.4, p.19-23, 2016. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1165>

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.11-12, p.1957-1968, 1991. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/106202>

WOJTYLA, L.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Molecular processes induced in primed seeds-increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. **Journal of plant physiology**, v.203, n.1, p.116-126, 2016. <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.04.008>

YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v.80, n.2, p.209-213, 1955. <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>

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

ZANINI, A.; VILLA, F.; HECH, A.L.; MEZZALIRA, E.J.; LIMA, P.R.; PRESTES, T.M.V.; PORTZ, T.M. Germinação de sementes de maracujá azedo embebidas em soluções em três substratos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.15, n.4, p.381-384, 2016. <https://doi.org/10.18188/sap.v15i4.12186>

ZHU, J.K. Abiotic stress signaling and responses in plants. **Cell**, v.167, n.2, p.313-324, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>

ZULFIQAR, F. Effect of seed priming on horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v.286, n.25, p.1-8, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110197>

3. TOLERÂNCIA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE CULTIVARES DE MELANCIEIRA PRÉ-TRATADAS COM ATENUADORES E SUBMETIDAS À SALINIDADE

RESUMO

Objetivou-se avaliar a ação de atenuadores de estresses na tolerância e atividade antioxidante de cultivares de melancieira sob salinidade. O trabalho foi realizado em duas etapas, ambas em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes. A primeira etapa foi realizada em esquema fatorial 3 x 6, com três níveis de salinidade (N1 = 0; N2 = -0,2; N3 = -0,4 MPa) e seis cultivares de melancieira. A segunda foi conduzida em esquema fatorial 2 x 6, sendo duas cultivares selecionadas na primeira etapa (uma sensível e outra tolerante) e o segundo referente à combinação entre a salinidade e os atenuadores (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,4 MPa (salinidade), T3 = -0,4 MPa + hidrocondicionamento (8 horas), T4 = -0,4 MPa + ácido giberélico, T5 = -0,4 MPa + ácido salicílico e T6 = -0,4 MPa + peróxido de hidrogênio). A concentração e tempo de exposição aos atenuadores foram determinados por meio de pré-testes. A primeira etapa avaliou a sensibilidade das cultivares à salinidade por meio de testes de germinação, vigor e bioquímicos. Na segunda etapa, além dos testes já citados, verificou-se também a atividade antioxidante das cultivares, sendo determinado o teor de peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica, e a atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase. A salinidade causa prejuízos à germinação e vigor de plântulas de melancieira, sendo as cultivares Crimson Sweet, Charleston Gray e Charleston Super as mais sensíveis, enquanto a Fairfax, Omaru e Congo as mais tolerantes. O tratamento das sementes da cultivar Crimson Sweet com o ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior atividade das enzimas antioxidantes, bem como reduziu os níveis de peróxido de hidrogênio e malondialdeído. Para a cultivar Fairfax, além da importância do ácido giberélico no ajuste osmótico, o tratamento pré-germinativo com ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior expressão de enzimas, contribuindo para redução do estresse oxidativo.

Keywords: *Citrullus lanatus*. Estresse abiótico. Estresse oxidativo. Salinidade.

3.1 Introdução

A melancia [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai] é uma espécie pertencente à família Cucurbitaceae, e tem papel importante na alimentação humana, principalmente nas regiões tropicais, onde o consumo desta hortaliça é elevado (SANI et al., 2018; QUEIROZ & RODRIGUES, 2020).

A salinização de terras agrícolas tem sido, há décadas, uma problemática em todo o mundo, sendo esta um dos principais estresses abióticos que reduzem a produtividade das culturas (LONG et al., 2015). A melancia é considerada sensível a salinidade, que sendo submetida constantemente a esta condição, provoca danos irreversíveis nos estágios iniciais de desenvolvimento da plântula (YAN et al., 2018).

Em substratos salinos, há tendência de diminuição na absorção de água pelas sementes, devido à redução do gradiente de potencial hídrico entre a semente e o substrato, prejudicando a mobilização de reservas e resultando em distúrbios no sistema de membrana do eixo embrionário (DUTRA et al. 2017; ROCHA et al., 2019). Além disso, as condições salinas prejudicam as sementes pelo efeito tóxico dos íons, afetando atividades enzimáticas e resultando em maior tempo para que ocorra a germinação (CAVALLARO et al., 2016).

Estudos relacionados a tolerância das plantas à salinidade envolvem diversos fatores moleculares, fisiológicos e morfológicos, e concentram-se sobretudo no desenvolvimento de técnicas e substâncias que tornem as plantas mais tolerantes aos sais do solo (FEGHHENABI et al., 2021). Dentre as técnicas já estudadas, o hidrocondicionamento de sementes é uma das mais pesquisadas para espécies de hortaliças (RAMALHO et al., 2020). Esse procedimento consiste na embebição controlada das sementes, que pode induzir mecanismos de proteção e reparação, resultando em possível aclimatização, permitindo que as sementes tolerem esse estresse no futuro (KUBALA et al., 2015).

Dentre as principais substâncias utilizadas com a função de mitigar o efeito da salinidade, o ácido giberélico influencia diretamente no metabolismo enzimático, induzindo e acelerando o processo de germinação e desenvolvimento de plântulas (TAIZ et al., 2017; SOUSA et al., 2020), assim como o ácido salicílico, que é também considerado um potencial agente antioxidante enzimático, aumentando a atividade de enzimas antioxidantes como peroxidases, superóxido dismutase e catalase (SILVA et al., 2017; SILVA et al., 2020). Além desses, o peróxido de hidrogênio é outro atenuador de estresse que atua como sinalizador para a germinação com ação nos ácidos abscísico e giberélico, tendo função de sinalização

intracelular para ativar respostas à salinidade (VELOSO et al., 2022). Todas essas substâncias estimulam mecanismos de defesa à salinidade, principalmente as enzimáticas.

Dentre as principais enzimas antioxidantes destacam-se a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) (HUSSAIN et al., 2016). O aumento da atividade dessas enzimas constitui importante defesa primária para eliminar as espécies reativas de oxigênio (ERO's), que se acumulam durante a exposição das plantas à salinidade, além de influenciar de forma negativa o equilíbrio redox, prejudicando o desenvolvimento dos vegetais. Dessa forma, o tratamento de sementes com substâncias que possam induzir mecanismos de tolerância à salinidade torna-se de grande importância para a produção de alimentos e sustentabilidade ambiental (WANG et al., 2015).

A hipótese estudada é que a aplicação via sementes de substâncias atenuadoras de salinidade mitiga os efeitos adversos dos sais por meio do estímulo ao sistema antioxidante de defesa da espécie, sendo a intensidade da resposta influenciada pelo nível de tolerância da cultivar à salinidade. Diante disso, objetivou-se avaliar a tolerância e a ação de atenuadores de estresses na atividade antioxidante de cultivares de melancia submetidas à salinidade.

3.2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais (DCAF) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Plantas (LFBP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), em Mossoró, RN.

O experimento foi realizado em duas etapas, tendo a etapa I o objetivo de selecionar duas cultivares de melancia (uma sensível e uma tolerante à salinidade), e também determinar o nível de salinidade a ser utilizado na etapa II. A etapa II, por sua vez, foi voltada à avaliação do sistema de defesa enzimático da espécie em condições de salinidade, sendo as sementes previamente tratadas com atenuadores.

3.2.1 Etapa I

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 3 x 6, sendo o primeiro fator referente aos níveis de salinidade (N1 = 0; N2 = -0,2; N3 = -0,4 MPa), enquanto o segundo fator foi composto por

seis cultivares de melancia (C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo).

Para simulação da condição de salinidade, as sementes de cada repetição foram dispostas entre três folhas de papel toalha, umedecidas com soluções de cloreto de sódio (NaCl), nos potenciais osmóticos de 0, -0,2 e -0,4 MPa (RICHARDS, 1974). Cada repetição foi umedecida com quantidade de solução equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel (BRASIL, 2009), sendo os rolos acondicionados a 25 °C em câmara de germinação.

As avaliações foram realizadas diariamente, por meio de contagem do número de sementes germinadas até o 14º dia após a semeadura (BRASIL, 2009), sendo consideradas germinadas as sementes que desenvolveram plântulas normais. As variáveis analisadas foram:

Germinação (G%) e Índice de velocidade de germinação (IVG): a germinação foi determinada pela porcentagem de plântulas normais aos quatorze dias após a semeadura (BRASIL, 2009), enquanto o IVG foi determinado por meio de contagem diária do número de plântulas normais (MAGUIRE, 1962).

Determinação de crescimento e acúmulo de massa seca de plântulas: ao fim do teste de germinação, selecionou-se aleatoriamente dez plântulas normais, sendo mensurados o comprimento de parte aérea (CPA) e raiz primária (CR) com auxílio de régua graduada em milímetros, bem como as respectivas massas secas (MSPA; MSR), por meio de secagem em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C, com posterior pesagem em balança de precisão (0,0001g).

As demais plântulas normais presentes em cada repetição foram coletadas e acondicionadas em tubos falcon, sendo em seguida congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e armazenadas em ultrafreezer (-80 °C). O material vegetal foi inicialmente usado para a obtenção do extrato bruto. Para isso, pesou-se 0,2 g de massa fresca das plântulas, que foram postas em tubos hermeticamente fechados e adicionados 3 mL de álcool 60%, para a maceração do material de forma automática. Após a maceração, os tubos foram postos em banho-maria a 60 °C por 20 minutos e posteriormente centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos à temperatura de 4 °C, sendo coletado o sobrenadante para a determinação das seguintes variáveis:

Determinações bioquímicas não enzimáticas: determinou-se o teor de açúcares solúveis totais (AST) pelo método da antrona (YEMM & WILLIS, 1954), com os resultados expressos em mg de glicose/g⁻¹ de massa fresca, aminoácidos livres totais (ALT) pelo método da ninhidrina ácida (YEMM & COCKING, 1955), com os resultados expressos em µmol de

glicina/g⁻¹ de massa fresca, e o teor de prolina livre (PL) pelo método proposto por Bates et al. (1973), com os resultados expressos em $\mu\text{mol prolina/g}^{-1}$ de massa fresca.

3.2.2 Etapa II

A etapa II foi conduzida em esquema fatorial 2 x 6, com o primeiro fator composto pelas duas cultivares selecionadas na etapa I (uma sensível e outra tolerante à salinidade) e o segundo fator referente às combinações entre a salinidade e o pré-tratamento de sementes com os atenuadores de estresses (T1 = 0,0 MPa (controle), T2 = -0,4 MPa (salinidade), T3 = -0,4 MPa + hidrocondicionamento (8 horas), T4 = -0,4 MPa + ácido giberélico (0,5 mMol), T5 = -0,4 MPa + ácido salicílico (0,05 mMol), e T6 = -0,4 MPa + peróxido de hidrogênio (10 mMol)), aplicados via embebição em papel mata borrão.

O período de exposição e a concentração de cada atenuador foram determinados de acordo com pré-testes. Inicialmente, realizou-se a curva de embebição dos dois materiais selecionados na etapa I, sendo esta realizada em papel mata borrão, determinando o período de 8 horas de hidrocondicionamento, tempo em que o grau de umidade dos dois materiais, bem como o tempo restante para emissão da raiz primária encontravam-se uniformes.

Além dos testes realizados na etapa I, a etapa II contou com o acréscimo da avaliação do complexo enzimático das plântulas. Para isto, após as determinações biométricas, as plântulas normais presentes em cada repetição foram coletadas e utilizadas para a obtenção dos extratos.

Para as determinações do teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica por meio do conteúdo de malondialdeído (MDA), o extrato bruto foi obtido a partir de 200 mg de matéria fresca por repetição, que foi desintegrada em N₂ líquido (-196° C), e em seguida macerada em 2 mL de TCA (ácido tricloroacético 0,1%), contendo aproximadamente 20% de polivinilpolipirrolidona (PVPP), por 1 minuto. Após perfeita homogeneização, o extrato foi coletado em tubos eppendorf, sendo posteriormente centrifugados a 10000 rpm por 5 minutos.

Para as determinações da superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase, o extrato bruto foi obtido a partir de 500 mg de matéria fresca por repetição, que foi desintegrada em N₂ líquido (-196° C). Após adicionar 20% de PVPP à amostra, esta foi homogeneizada e macerada por 1 minuto em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) suplementado com 1 mM de EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e 3 mM de DTT (Detiotreitól). Em seguida, os extratos foram coletados em tubos eppendorf e centrifugados a

10.000 rpm por 30 minutos, a 4 °C. Os procedimentos de extração foram conduzidos em banho de gelo.

Após a obtenção dos extratos, foram realizadas as seguintes determinações:

Peróxido de hidrogênio (PH): determinado de acordo com o método de Alexieva et al. (2001), com a utilização de iodeto de potássio e leitura no comprimento de onda de 390 nm em espectrofotômetro, e os resultados expressos em μMol de $\text{H}_2\text{O}_2/\text{g}$ de matéria fresca.

Peroxidação lipídica (MDA): realizado de acordo com o método de Heath e Packer (1968), com utilização de espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 535 e 600 nm, com os resultados expressos em μMol de MDA/g de matéria fresca.

Atividade da superóxido dismutase (SOD): quantificada de acordo com a metodologia de Gianopolitis e Ries (1977), com a utilização de banho de luz. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 560 nm. Os resultados foram expressos em unidade de atividade/mg de proteína (U SOD/mg de proteína).

Atividade da catalase (CAT): determinada por meio da degradação de H_2O_2 monitorado por espectrofotometria a 240 nm, durante 1 minuto (HAVIR & MCHALE, 1987), com modificações de Azevedo et al. (2002). A atividade da enzima foi expressa em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína.

Atividade da ascorbato peroxidase (APX): conduzida segundo procedimento proposto por Nakano & Asada (1981), com as leituras realizadas no intervalo de 1 minuto a 290 nm, utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $2,8 \text{ mmol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de proteína.

3.2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos a ANAVA, e quando significantes, utilizou-se o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) para avaliação do efeito de cultivares e níveis de salinidade na etapa I. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de cluster por método hierárquico, Ward's minimum variance, utilizando-se da Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade. Para isso, foi utilizado o software livre PAST 4. Na etapa II, em caso de significância, aplicou-se os testes "t" e Tukey para avaliação de cultivares e tratamentos pré-germinativos, respectivamente. A análise estatística foi realizada com auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância – SISVAR® (FERREIRA, 2019).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Etapa I

Na análise de variância verificou-se interação entre os fatores (cultivares x níveis de salinidade) para todas as variáveis estudadas na primeira etapa do experimento, exceto para o comprimento de parte aérea. Isso significa que as cultivares se comportaram de forma distinta sob condições de salinidade, variando de acordo com o nível de sais no substrato (Tabela 2). O comprimento da parte aérea foi afetado pelos fatores isolados, respondendo de forma isolada e não havendo relação entre estes (Figura 8).

Tabela 2: Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), açúcares solúveis totais (AST), aminoácidos livres (AMIN) e prolina livre (PRO) de cultivares de melancia sob diferentes níveis de salinidade.

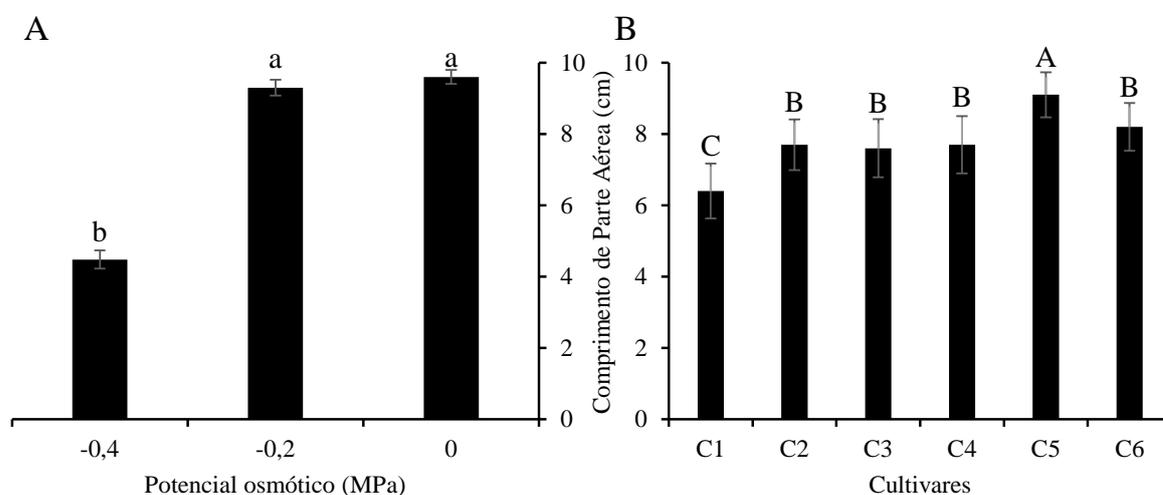
Cultivar	Salinidade MPa	G (%)	IVG	CR (cm/plântula ⁻¹)	MSPA (mg/plântula ⁻¹)	MSR (mg/plântula ⁻¹)	AST mg/g MF	AMIN μmol/g MF	PRO
Crimson Sweet	0	98 aA	16,4 aB	10,4 aB	7,1 aC	3,5 aD	1,2 cA	47,0 cB	0,1 cA
	-0,2	96 aA	14,5 bD	9,7 aB	7,6 aC	3,3 aD	4,4 bB	68,1 bB	1,0 bB
	-0,4	76 bC	10,8 cC	6,4 bB	5,4 bB	3,0 aC	11,4 aC	84,1 aB	2,7 aB
Fairfax	0	98 aA	22,7 aA	13,9 aA	13,3 bB	8,1 aA	1,9 cA	61,0 bA	0,2 cA
	-0,2	98 aA	18,7 bB	12,1 bA	17,5 aA	7,5 aA	5,7 bA	80,3 aA	1,3 bA
	-0,4	95 aA	14,9 cA	10,7 bA	11,8 bA	7,5 aA	12,5 aB	80,9 aB	2,3 aC
Charleston Gray	0	100 aA	23,4 aA	7,8 cC	12,8 bB	5,0 bC	1,8 cA	58,6 cA	0,1 cA
	-0,2	97 aA	18,7 bB	13,6 aA	15,7 aA	6,9 aB	6,0 bA	85,1 bA	1,5 bA
	-0,4	74 bC	11,3 cC	9,3 bA	10,7 cA	4,9 aB	13,4 aA	100,0 aA	3,3 aA
Charleston Super	0	99 aA	23,7 aA	11,4 bB	15,2 aA	6,5 aB	1,4 cA	56,6 cA	0,1 cA
	-0,2	88 bB	20,0 bA	12,9 aA	16,2 aA	6,2 aB	5,0 bB	68,0 bB	0,9 bB
	-0,4	60 cD	12,5 cB	7,1 cB	11,3 bA	4,0 bB	12,4 aB	88,0 aB	3,1 aA
Omaru	0	99 aA	17,2 aB	12,0 aB	12,1 aB	4,4 aD	1,3 cA	47,3 cB	0,1 cA
	-0,2	97 aA	16,3 aC	12,6 aA	13,5 aB	4,9 aC	6,5 bA	68,4 bB	0,8 bB

	-0,4	87 bB	14,2 bA	10,3 bA	11,9 aA	4,3 aB	13,3 aA	87,0 aB	2,2 aC
	0	99 aA	17,5 aB	11,0 bB	12,0 bB	5,4 cC	1,7 cA	50,6 cB	0,2 cA
Congo	-0,2	99 aA	16,2 bC	12,9 aA	14,1 aB	7,9 aA	3,6 bC	72,8 aB	0,9 bB
	-0,4	85 bB	12,3 cB	10,8 bA	9,5 cA	6,6 bA	9,8 aD	64,6 bC	1,8 aD
CV (%)		4,4	4,7	9,4	10,2	12,1	9,9	5,6	15,3

*Letra minúscula diferencia os níveis de salinidade dentro de cada cultivar, enquanto letra maiúscula diferencia as cultivares dentro de cada nível de salinidade, de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A análise dos dados permitiu distinguir as cultivares em relação a sua tolerância aos níveis de salinidade, sendo que a cv. Crimson Sweet destacou-se como a de menor tolerância a salinidade, sendo esta cultivar selecionada para a segunda etapa. As cvs. Congo, Omaru e Fairfax se destacaram positivamente em relação a tolerância a salinidade, sendo esta última a selecionada para a segunda etapa. É importante ressaltar que para a seleção das cultivares também foi considerado o mercado consumidor, onde as cvs. Crimson Sweet e Fairfax têm amplo destaque, fato que fortaleceu a tomada de decisão sobre a permanência destas na segunda etapa.

Para a seleção do nível de salinidade a ser utilizado na segunda etapa do experimento, levou-se em consideração principalmente a redução da germinação e das variáveis de desempenho de plântulas. Por isso, adotou-se na segunda etapa do experimento o nível de -0,4 MPa, por ser este capaz de causar prejuízo às cultivares sensível e tolerante. Além disso, com o uso dos atenuadores, há possibilidade de recuperação total da germinação, crescimento e massa seca na segunda etapa.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula (potencial osmótico) e maiúscula (cultivares) não diferem entre si

pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 8: Comprimento da parte aérea de plântulas de melancia em função de diferentes níveis de salinidade (A) e cultivares (B). C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo.

A partir da análise de agrupamento (Figura 9), tomou-se por base a Distância Euclidiana como medida de dissimilaridade, com corte a distância de 25,0 para formação de dois grupos de combinações entre níveis do potencial osmótico (N) e cultivares de melancia (C). O primeiro grupo (I) foi caracterizado pelas seis cultivares na condição de testemunha (0,0 MPa), ou seja, com ausência de salinidade. O grupo II foi formado pelas cvs. Congo, Omaru e Fairfax, que se destacaram com maiores valores de germinação e desempenho nas variáveis bioquímicas e de crescimento na condição de maior salinidade (-0,4 MPa), situando-se no dendrograma ao lado do grupo de testemunhas. Por outro lado, o grupo III foi formado pelas cultivares mais sensíveis à salinidade, com a cv. Crimson Sweet sendo a mais sensível, devido a sua posição mais à esquerda do dendrograma.

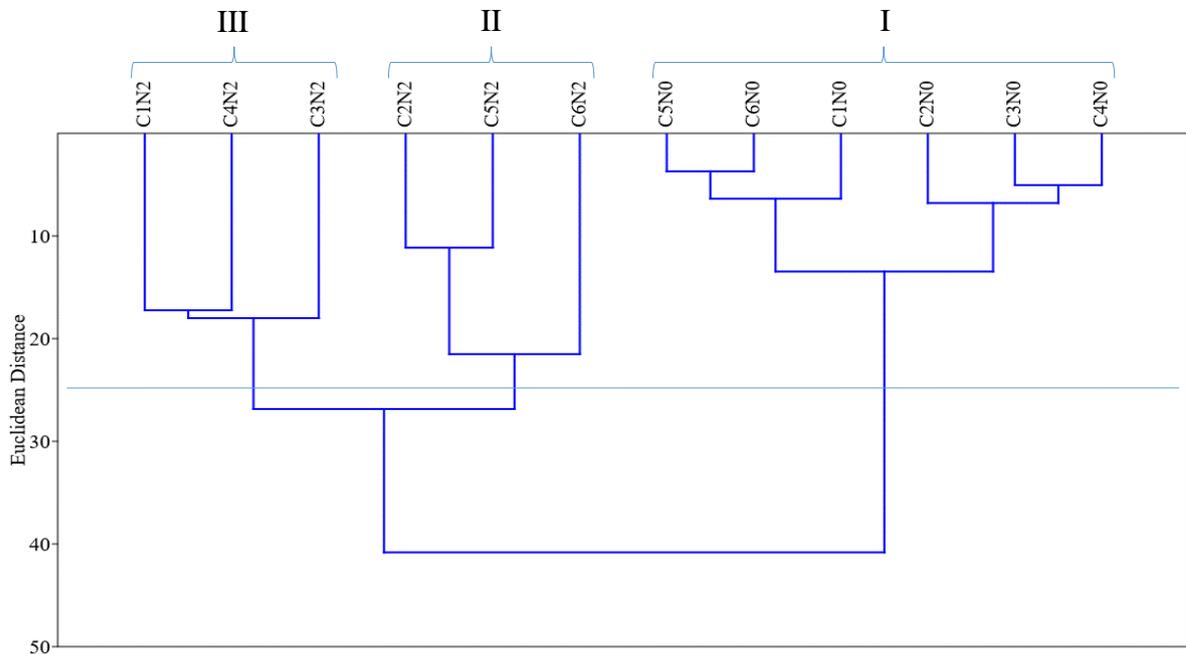


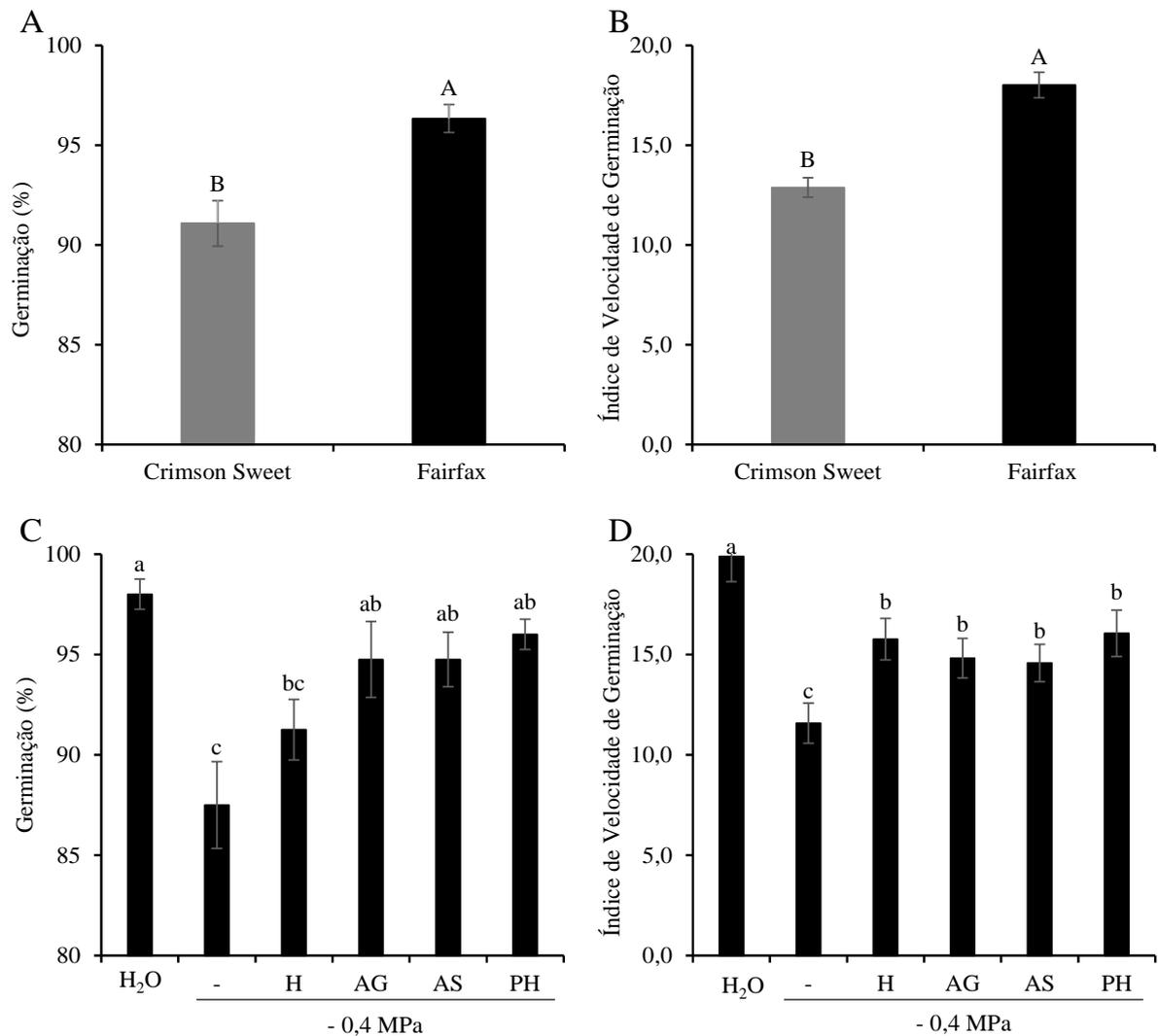
Figura 9: Dendrograma de dissimilaridade dos grupos formados pela combinação de níveis de salinidade (N) e cultivares (C) de melancia. N0 = Testemunha; N2 = -0,4 MPa; C1 = Crimson Sweet; C2 = Fairfax; C3 = Charleston Gray; C4 = Charleston Super; C5 = Omaru; C6 = Congo.

Dessa forma, definiu-se o nível -0,4 MPa para ser utilizado na segunda etapa das avaliações, bem como as cvs. Fairfax e Crimson Sweet na condição de tolerante e sensível à salinidade, respectivamente. Apesar de não ser apontada como a cultivar mais tolerante, optou-se por selecionar a cv. Fairfax devido suas características de mercado e resistência pós-colheita.

3.3.2 Etapa II

A análise de variância demonstrou efeito isolado de cultivares e tratamentos para as variáveis germinação, índice de velocidade de germinação e massa seca de parte aérea e raiz. No entanto, para o comprimento da parte aérea e raiz, açúcares solúveis totais, aminoácidos, prolina livre, peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica expressa pelo teor de malondialdeído (MDA), e atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX), verificou-se interação significativa entre os fatores, indicando que para estas variáveis a resposta aos tratamentos está condicionada a resistência da cultivar à salinidade.

A germinação (Figura 10A) e o índice de velocidade de germinação (Figura 10B) das cvs. Crimson Sweet e Fairfax apresentaram diferenças significativas em função do grau de resistência a salinidade. Os valores de germinação e velocidade de germinação da cv. Fairfax foram superiores em 6 e 40%, respectivamente, em relação aos da Crimson Sweet. Os danos provenientes da salinidade podem ser oriundos de efeitos osmóticos ou iônicos decorrentes da presença dos sais, sendo o componente osmótico o primeiro a se manifestar (WANDERLEY et al., 2018). Nesse sentido, ao se comparar dois genótipos, aquele que requer menor teor de água para germinar, como é o caso da cv. Fairfax, tem a possibilidade de apresentar maior velocidade e taxa germinação, em decorrência da menor exigência hídrica.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

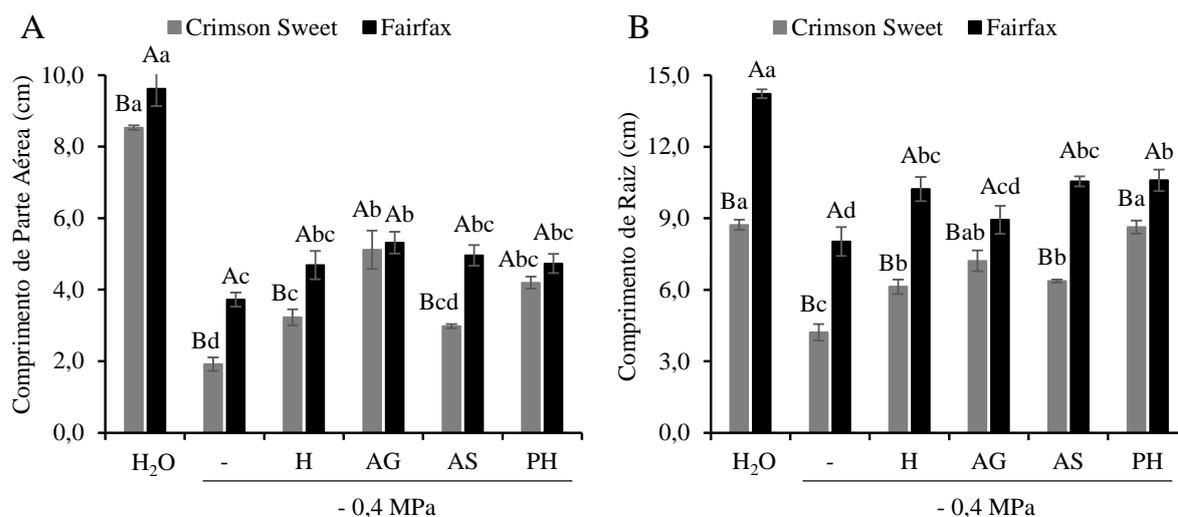
Figura 10: Germinação (A e C) e índice de velocidade de germinação (B e D) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

Em relação a resposta da germinação (Figura 10C) e o índice de velocidade de germinação (Figura 10D) aos tratamentos, verificou-se que a salinidade (-) foi prejudicial para estas variáveis, reduzindo a taxa e a velocidade de germinação em 11 e 42% em relação ao tratamento testemunha, respectivamente. Verificou-se ainda benefícios às duas variáveis quanto ao emprego do tratamento de sementes com atenuadores. Sementes tratadas com ácido giberélico (AG), ácido salicílico (AS) e peróxido de hidrogênio (PH) resultaram em valores

de germinação semelhantes ao controle. Já para o índice de velocidade de germinação, embora não tenha sido possível o alcance dos valores obtidos para a testemunha, o tratamento pré-germinativo das sementes com hidrocondicionamento (H), AG, AS e PH proporcionou velocidade de germinação 36, 28, 26 e 39% superior a salinidade (-), respectivamente.

O emprego de reguladores de crescimento na forma de tratamentos pré-germinativos constitui-se em importante estratégia para mitigar os efeitos da salinidade nos vegetais. Estes, além de proporcionar maior rapidez ao processo de germinação, favorece também o estabelecimento e o desempenho das plântulas (WOJTYLA et al., 2016). Avaliando a ação de reguladores vegetais na germinação de melancia, cv. Crimson Sweet, Silva et al. (2014) verificaram benefícios à germinação e velocidade de germinação em função do tratamento das sementes com AS. Por outro lado, as tratadas com AG tiveram efeito fitotóxico sobre sementes e plântulas de melancia para as maiores doses testadas ($500 \mu\text{g}/\text{g}^{-1}$ de GA_3), evidenciando que são necessários cuidados na utilização deste produto para que não ocorra efeitos adversos.

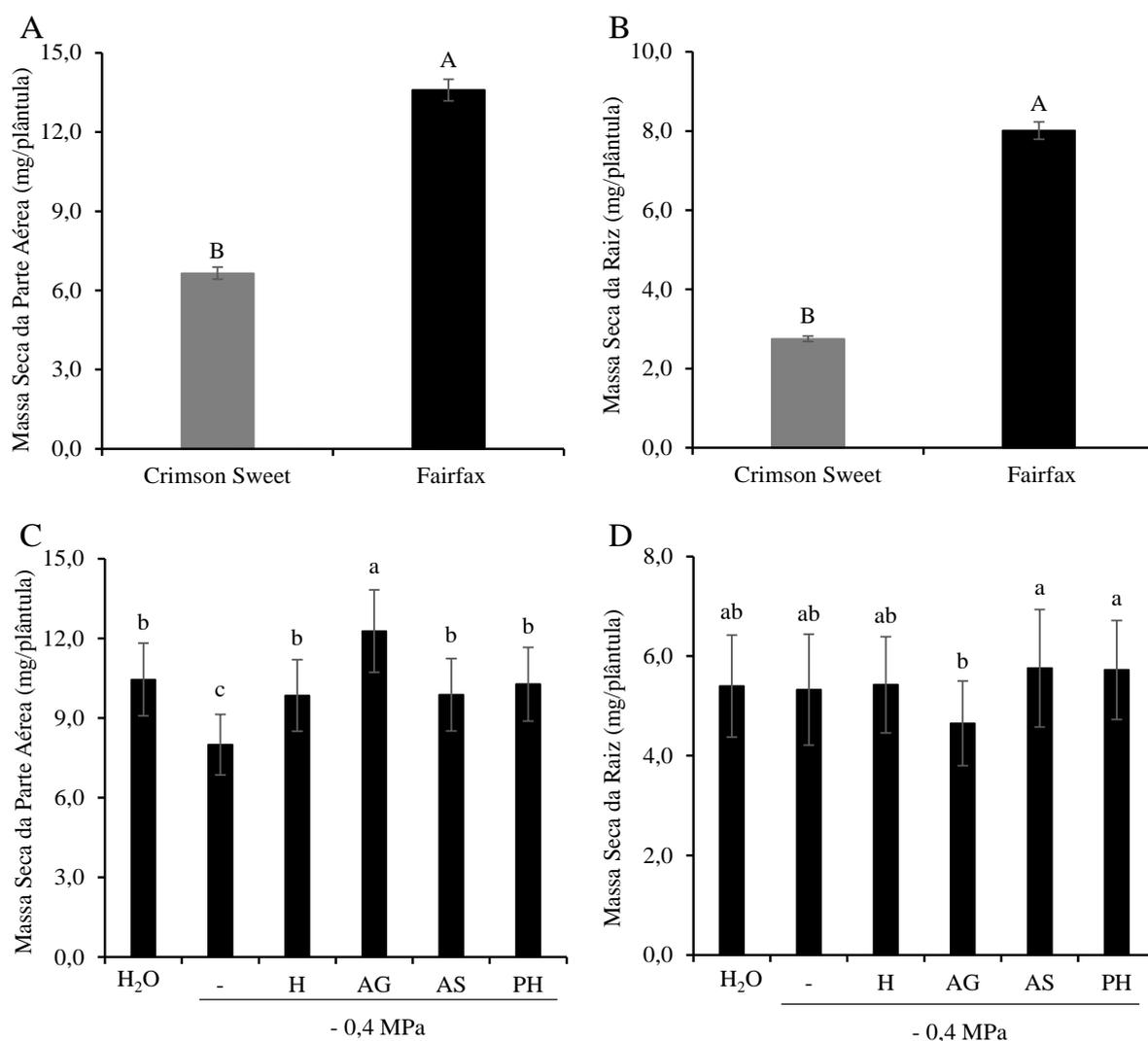
Os comprimentos de parte aérea (Figura 11A) e raiz (Figura 11B) das duas cultivares foram negativamente afetados de forma geral pela presença de salinidade. Entretanto, a utilização de atenuadores foi benéfica ao crescimento tanto da parte aérea como da raiz das plântulas de melancia, proporcionando maiores valores em relação a salinidade (-). Para ambas as cultivares, o comprimento da parte aérea oriundo do tratamento pré-germinativo com AG obteve os melhores resultados, sendo 167 e 43% superiores a salinidade (-), para as cvs. Crimson Sweet e Fairfax, respectivamente. Já para o comprimento radicular, enquanto o H, AS e PH resultaram em comprimentos superiores ao obtido na salinidade (-) para a cv. Fairfax, os tratamentos com AG e PH proporcionaram comprimentos de raiz estatisticamente semelhantes aos obtidos pela testemunha para a cv. Crimson Sweet.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 11: Comprimento de parte aérea (A) e comprimento de raiz (B) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

As massas secas da parte aérea (Figura 12A) e da raiz (Figura 12B) da cv. Fairfax foram 104 e 191% superiores às obtidas para a cv. Crimson Sweet. Em relação aos tratamentos, verificou-se que a massa seca da parte aérea foi beneficiada pelo emprego dos tratamentos pré-germinativos, com destaque para o AG, que resultou em acúmulo 53% maior do que a salinidade (-) (Figura 12C). Em contrapartida, a utilização do AG culminou em menor acúmulo de massa seca radicular, embora não tenha diferido estatisticamente da salinidade (-) e da testemunha (Figura 12D).



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 12: Massa seca da parte aérea (A e C) e massa seca da raiz (B e D) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

O estágio mais sensível das culturas aos estresses abióticos se estende desde a germinação das sementes até o crescimento das plântulas, onde diversas limitações impostas pelo estresse se manifestam (JOHNSON & PUTHUR, 2021). Segundo Isayenkov e Maathuis (2019), as plantas expostas à salinidade exibem diferentes respostas que podem ser categorizadas em duas fases. A primeira, inclui retardo de crescimento, que é independente do acúmulo de íons e ocorre por meio de uma série de eventos, como inibição da divisão e

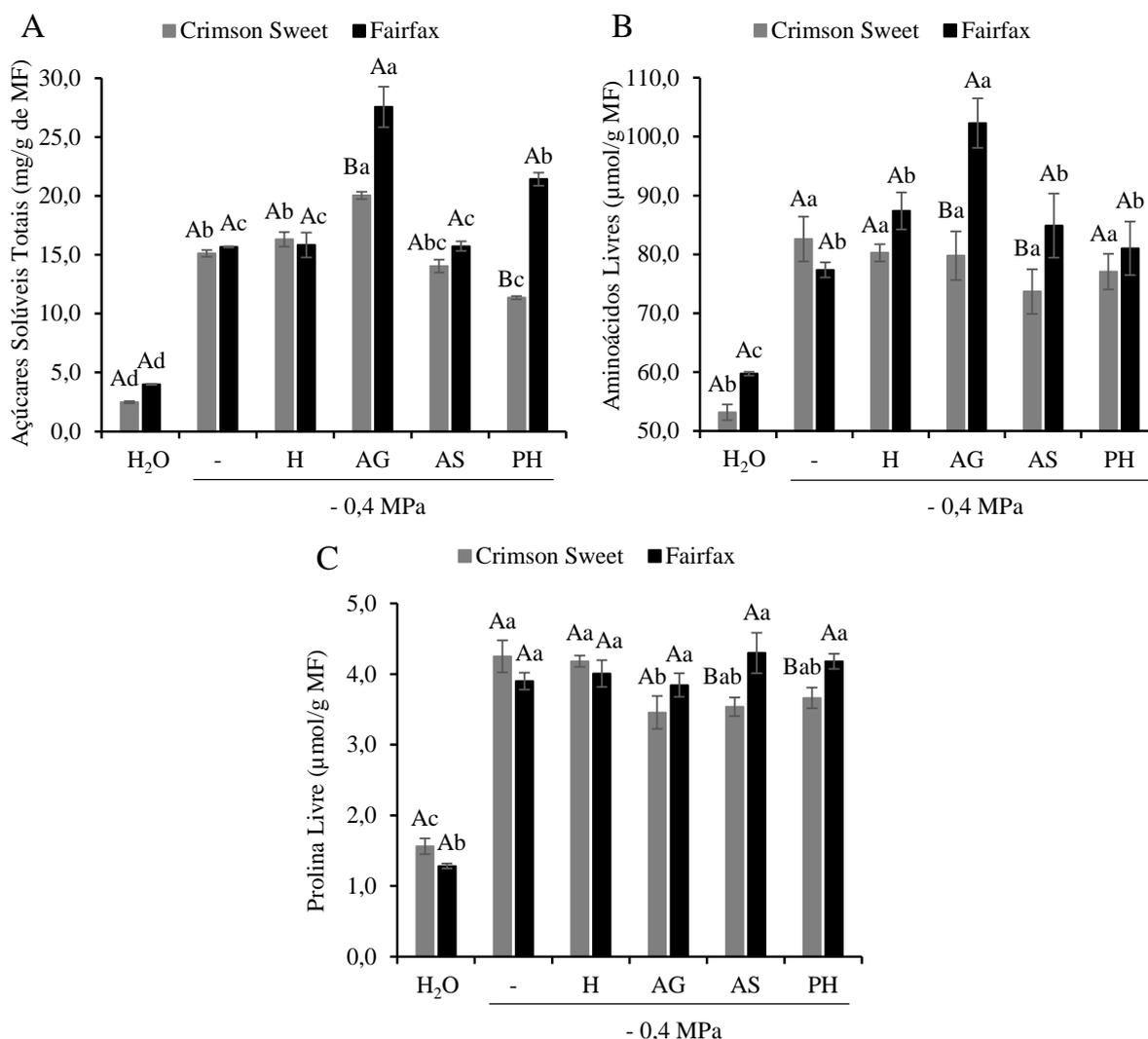
expansão celular. A segunda inicia com o acúmulo de íons citotóxicos, seguido pela regulação negativa dos processos metabólicos, resultando em senescência precoce e morte celular final.

Apesar da melancieira ser considerada uma espécie sensível a salinidade (YAN et al., 2018), diferentes níveis de tolerância podem ser verificados em função de diversos fatores, dentre estes o genótipo. Dessa forma, os testes de desempenho de plântulas reforçam a maior tolerância da cv. Fairfax à salinidade, o que, dentre outros fatores, pode estar relacionado também a maior quantidade de reservas presentes nas sementes desta cultivar, proporcionando o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012).

Os benefícios provenientes de tratamentos pré-germinativos em sementes de cucurbitáceas sob salinidade também foram constatados por Silva et al. (2024). Estes autores verificaram respostas positivas da utilização de AG e AS no desenvolvimento de mudas de melão em condições de salinidade. Provavelmente, esses resultados são atribuídos a ação benéfica dos atenuadores na indução do desenvolvimento de plântulas, bem como a interação entre estes e receptores responsáveis pela ativação dos sistemas de defesa aos estresses (NÓBREGA et al., 2020).

De forma geral, a salinidade proporcionou aumento da concentração de solutos compatíveis nas plântulas de melancieira das duas cultivares, com aumento da concentração de açúcares solúveis totais (Figura 13A), aminoácidos livres (Figura 13B) e prolina livre (Figura 13C). Para a cv. Crimson Sweet, não foram verificados benefícios quanto a utilização dos tratamentos pré-germinativos em relação a indução ao acúmulo de solutos, exceção feita ao AG, que proporcionou acúmulo de açúcares solúveis totais em 33% superior ao tratamento salinidade (-). O AG também foi o tratamento que proporcionou os melhores resultados para a cv. Fairfax, pois apesar de não influenciar no acúmulo de prolina, sua utilização resultou em maiores acúmulos de açúcares solúveis totais e aminoácidos livres, sendo superior em 76 e 32%, respectivamente, em relação a salinidade.

O acúmulo de substâncias protetoras/osmoprotetores desempenha papel crucial na manutenção da estabilidade interna e na proteção das células dos danos causados pelos estresses abióticos (BAI et al., 2020). Esse fato é de grande importância na redução do potencial hídrico e manutenção dos níveis internos de água (HOSSEINIFARD et al., 2022). Dentre as substâncias osmoprotetoras, a prolina destaca-se como o principal metabólito envolvido no ajuste osmótico sob condições de salinidade. Entretanto, os resultados demonstram que o aumento na concentração de aminoácidos livres em função da utilização do AG pode ter ocorrido pelo aumento de outros aminoácidos, como a glicina e a citrulina, sendo esta última importante em cucurbitáceas sob condições de estresse (SONG et al., 2020).

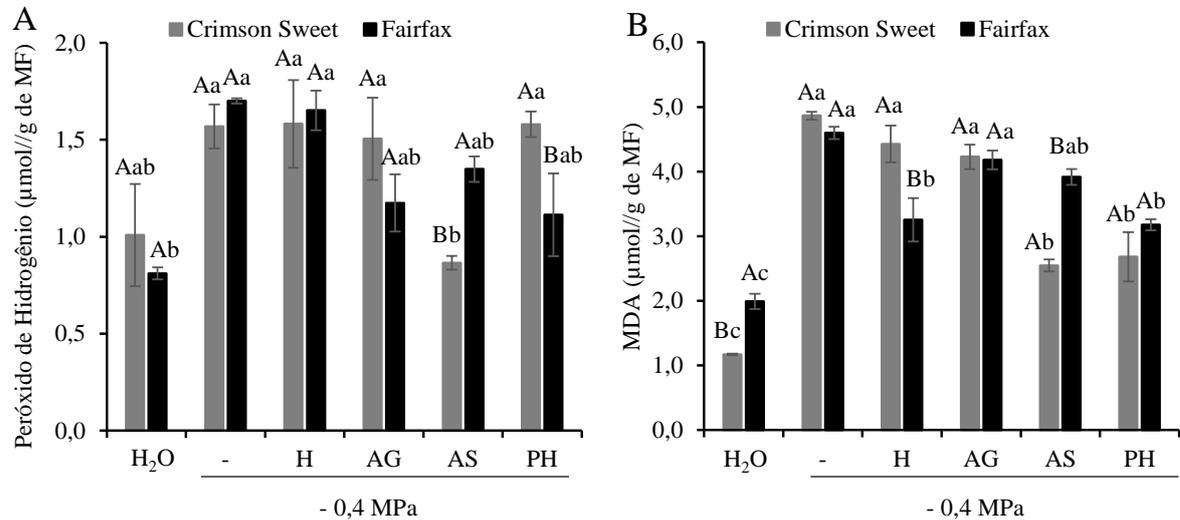


*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 13: Açúcares solúveis totais (A), aminoácidos livres (B) e prolina livre (C) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

Os teores de peróxido de hidrogênio (Figura 14A) e peroxidação lipídica, expressa pelo teor de MDA (Figura 14B), aumentaram significativamente em função da salinidade, evidenciando a ocorrência de estresse proveniente da presença de sais no substrato. A cv. Crimson Sweet apresentou reduções de 44% na concentração de peróxido de hidrogênio (AS) e reduções de 49 e 45% para MDA (AS e PH), enquanto para a Fairfax, todos os atenuadores

proporcionaram resultados positivos, exceto para o peróxido de hidrogênio (H) e MDA (AG e AS).



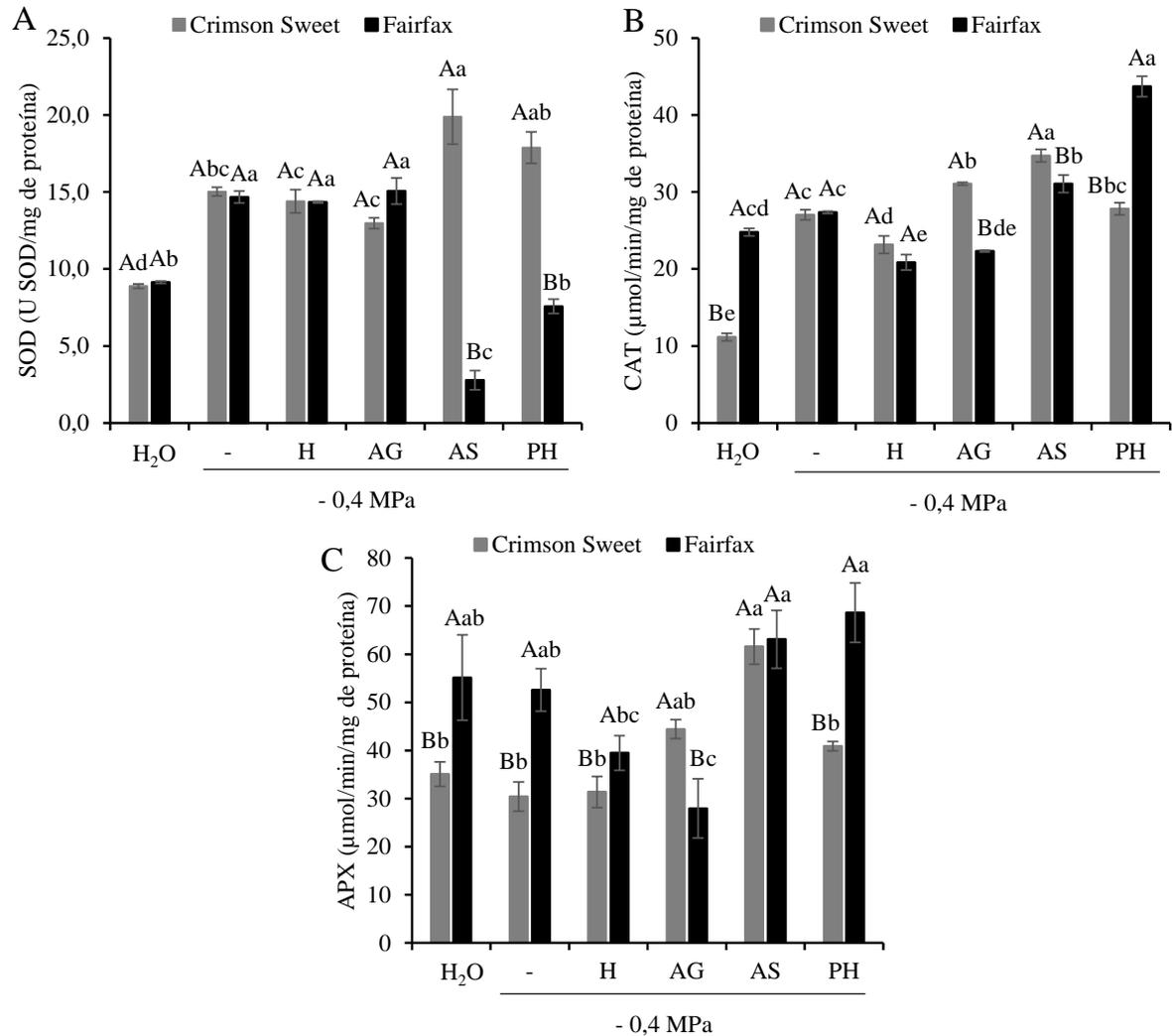
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 14: Peroxidação lipídica expressa pelo teor de peróxido de hidrogênio (A) e malondialdeído (B) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

Espécies reativas de oxigênio (ERO's), como peróxido de hidrogênio e ânions superóxido, acumulam-se significativamente durante os estresses bióticos e abióticos, sendo formadas durante o metabolismo celular aeróbico nos cloroplastos, na cadeia de transporte de elétrons das mitocôndrias e nos peroxissomos, causando dano oxidativo e, eventualmente, morte celular (FIMOGNARI et al., 2020). Sob condições normais, há equilíbrio entre a formação e eliminação das ERO's, mas esta equidade da homeostase redox e ERO's é interrompida sob condições de salinidade (BHATTACHARJEE, 2019), necessitando de diferentes respostas da planta para a sua eliminação, dentre estas a enzimática.

Os resultados obtidos para SOD (Figura 15A), CAT (Figura 15B) e APX (Figura 15C) demonstram a influência da salinidade e dos atenuadores na atividade destas enzimas. Para a cv. Crimson Sweet, o tratamento pré-germinativo das sementes com AS proporcionou expressão enzimática superior para todas as avaliadas, sendo 33, 29 e 103% superior à atividade encontrada na salinidade (-), para SOD, CAT e APX, respectivamente. Para essa

mesma cultivar, também houve efeito benéfico com a utilização do PH (SOD) e AG (CAT e APX), contribuindo ativamente para a mitigação dos efeitos da salinidade.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (cultivares) e minúscula (tratamentos pré-germinativos) não diferem entre si pelo teste “t” e teste de Tukey, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 15: Atividade das enzimas superóxido dismutase - SOD (A), catalase - CAT (B) e ascorbato peroxidase - APX (C) de cultivares de melancia submetidas a tratamentos pré-germinativos e salinidade. Testemunha (H₂O); salinidade e ausência de atenuadores (-); salinidade + hidrocondicionamento (H); salinidade + ácido giberélico (AG); salinidade + ácido salicílico (AS); salinidade + peróxido de hidrogênio (PH).

O tratamento das sementes da cv. Fairfax com AS e PH estimulou o sistema de defesa antioxidante, com aumentos significativos da atividade das enzimas CAT e APX. Em relação a SOD, os tratamentos com AS e PH foram os que ocasionaram os menores valores para a

atividade desta enzima. Este resultado está possivelmente relacionado a um colapso da SOD e alteração de rotas bioquímicas. De acordo com Laxa et al. (2019), a maior atividade das enzimas CAT e APX pode ser proveniente do aumento da concentração de H_2O_2 oriundo dos peroxissomos, uma vez que o fechamento dos estômatos em plantas C3 sob condições de estresse estimula a oxigenação da ribulose-1,5-bifosfato e, portanto, a produção fotorrespiratória de peróxido de hidrogênio.

Os resultados positivos encontrados neste estudo estão intimamente relacionados ao modo de ação dos atenuadores utilizados. O AS é um hormônio vegetal que desempenha vários papéis fisiológicos nas plantas, sendo sua aplicação exógena muito estudada devido ao aumento da atividade de enzimas antioxidantes como peroxidases, superóxido dismutase e catalase (SILVA et al., 2020). Dessa forma, é considerado um potencial agente antioxidante enzimático relacionado à defesa das plantas sob estresses abióticos, que além de aumentar a expressão enzimática nas plântulas de melancia no presente estudo, incrementou também a tolerância à salinidade nas culturas do tomate (GHARBI et al., 2018), abóbora (GUIRRA et al., 2022) e melão (SILVA et al., 2024).

O PH é uma molécula que está diretamente relacionada ao estresse oxidativo, pois em baixas concentrações funciona como ativador da resposta antioxidante, exercendo forte controle sobre o acúmulo de ERO's, estimulando a atividade das enzimas CAT e APX, contribuindo assim para a redução da peroxidação lipídica (VELOSO et al., 2022). Este, além de melhorar a germinação e desenvolvimento das plântulas em condições de estresses, também é capaz de se expressar durante outras fases do desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2019).

O tratamento de sementes com peróxido de hidrogênio se mostra efetivo não somente nos estágios iniciais do desenvolvimento, mas ao longo de todo o ciclo da cultura, conforme verificado nesta pesquisa para as cultivares de melancia. Nesse sentido, resultados semelhantes também foram encontrados por Veloso et al. (2020) em sementes de mini melancia 'Sugar Baby'. Estes autores verificaram que as plantas provenientes de sementes embebidas com peróxido de hidrogênio continham maior fitomassa fresca de folha e da parte aérea aos 75 dias após a semeadura.

O constante aumento de áreas impróprias à agricultura em decorrência da salinização dos solos torna ainda mais importante o estudo de técnicas que tornem as culturas mais tolerantes à salinidade. Nesse contexto, o emprego de técnicas de tratamento de sementes de melancia com atenuadores mostrou-se uma importante estratégia, aumentando o vigor das plântulas por meio do estímulo aos sistemas de defesa da espécie, podendo serem utilizadas

como forma de mitigar os efeitos nocivos da salinidade na cultura da melancia, principalmente nos estágios iniciais do desenvolvimento.

3.4 Conclusões

A salinidade causa prejuízos à germinação e vigor de plântulas de melancia, sendo as cultivares Crimson Sweet, Charleston Gray e Charleston Super as mais sensíveis, enquanto a Fairfax, Omaru e Congo as mais tolerantes.

O tratamento das sementes da cultivar Crimson Sweet com o ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior atividade das enzimas antioxidantes, bem como reduziu os níveis de peróxido de hidrogênio e malondialdeído.

Para a cultivar Fairfax, além da importância do ácido giberélico no ajuste osmótico, o tratamento pré-germinativo com ácido salicílico e peróxido de hidrogênio proporcionou maior expressão de enzimas, contribuindo para redução do estresse oxidativo.

3.5 Referências Bibliográficas

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. 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>

AZEVEDO, R.A., ALAS, R.M., SMITH, R.J., LEA, P.J.: Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, v.104, n.2, p.280-292, 2002. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1040217.x>

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant Soil**, Cham, v.39, n.1, p.205-207, 1973. [*https://link.springer.com/article/10.1007/BF00018060](https://link.springer.com/article/10.1007/BF00018060)

BAI, Y.; XIAO, S.; ZHANG, Z.; ZHANG, Y.; SUN, H.; ZHANG, K.; WANG, X.; BAI, Z.; LI, C.; LIU, L. Melatonin improves the germination rate of cotton seeds under drought stress by opening pores in the seed coat. **PeerJ**, v.8, n.1, p.1-29, 2020. <http://doi.org/10.7717/peerj.9450d>

BHATTACHARJEE, S. ROS and Oxidative Stress: Origin and Implication. In: BHATTACHARJEE, S (Org) **Reactive Oxygen Species in Plant Biology**, Springer, Nova Deli, 2019, p. 1-31. https://doi.org/10.1007/978-81-322-3941-3_1

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.

CAVALLARO, V.; BARBERA, A.C.; MAUCIERI, C.; GIMMA, G.; SCALISI, C.; PATANÈ, C. Evaluation of variability to drought and saline stress through the germination of different ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) using a hydrotime model. **Ecological Engineering**, v.95, n.1, p.557–566, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.040>

DUTRA, T.R.; MASSAD, M.D.; MOREIRA, P.R.; RIBEIRO, E.S.M. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n.91, p.323-330, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1447>

FEGHHENABI, F.; HADI, H.; KHODAVERDILOO, H.; GENUCHTEN, M. T. Borage (*Borago officinalis* L.) response to salinity at early growth stages as influenced by seed pre-treatment. **Agricultural Water Management**, v. 253, n.1, p.1-9, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106925>

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FIMOGNARI, L., DÖLKER, R., KASELYTE, G.; JENSEN, C.N.G.; AKHTAR, S.S.; GROBKINSKY, D.K.; ROITSCH, T. Simple semi-high throughput determination of activity signatures of key antioxidant enzymes for physiological phenotyping. **Plant Methods**, v.16, n.1, p.1-19, 2020. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00583-8>

GHARBI, E.; LUTTS, S.; DAILLY, H.; QUINET, M. Comparison between the impacts of two different modes of salicylic acid application on tomato (*Solanum lycopersicum*) responses to salinity. **Plant Signaling & Behavior**, v.13, n.5, p.1-10, 2018. <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1469361>

GIANOPOLITIS C.N.; RIES S.K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**, v.59, n.2, p. 309-314, 1977. <http://dx.org/10.1104/pp.59.2.309>

GUIRRA, K.S.; TORRES, S.B.; SILVA, J.E.S.B.; LEITE, M.S.; NOGUEIRA NETO, F.A.; GUIRRA, B.S.; RÊGO, A.L.B.; PAIVA, E.P. Pretreatment of seeds with plant regulators attenuates salt stress in pumpkin: effects on germination and initial seedling development. **Revista Ciência Agronômica**, v.53, n.1, p.1-8, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220011>

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. <http://dx.org/10.1104/pp.84.2.450>

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

HOSSEINIFARD, M.; STEFANIAK, S.; GHORBANI JAVID, M.; SOLTANI, E.; WOJTYLA, Ł.; GARNCZARSKA, M. Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: A review. **International Journal of Molecular Science**, v.23, n.9, p.1-20, 2022. DOI: [10.3390/ijms23095186](https://doi.org/10.3390/ijms23095186)

HUSSAIN, T.; TAN, B.; YIN, Y.; BLACHIER, F.; TOSSOU, M.C.; RAHU, N. Oxidative Stress and Inflammation: What Polyphenols Can Do for Us?. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v.2016, n.1, p.1-9, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7432797>

ISAYENKOV, S.V.; MAATHUIS, F.J. Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. **Frontiers in Plant Science**, v.10, n.80, p.1-11, 2019. DOI: [10.3389/fpls.2019.00080](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080)

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, n.1, p.247-257. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034>

KUBALA, S.; WOJTYLA, L.; QUINET, M.; LECHOWSKA, K.; LUTTS, S.; GARNCZARSKA, M. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. **Journal of Plant Physiology**, v.183, n.1, p.1-12, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.04.009>

LAXA, M.; LIEBTHAL, M.; TELMAN, W.; CHIBANI, K.; DIETZ, K.J. The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. **Antioxidants**, v.8, n.4, p.1-31, 2019. <https://doi.org/10.3390/antiox8040094>

LONG, W.; ZOU, X.; ZHANG, X. Transcriptome analysis of canola (*Brassica napus*) under salt stress at the germination stage. **PLoS ONE**, v.10, n.2, p.1-21, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116217>

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evolution for seedling and vigour. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

NAKANO, Y.; ASADA, K.: Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. **Plant and Cell Physiology**, v.22, n.5, p.867-880, 1981. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>

NÓBREGA, J.S., SILVA, T.I., RIBEIRO, J.E.S., VIEIRA, L.S., FIGUEIREDO, F.R.A., FÁTIMA, R.T.; DIAS, T.J. Emergência e crescimento inicial de melancia submetida a salinidade e doses de ácido salicílico. **Revista Desafios**, v.7, n.2, p.162-171, 2020. <http://dx.doi.org/10.20873/uftv7-8169>

QUEIROZ, A.C.C.; RODRIGUES, J.D. Efeitos de reguladores vegetais nas características físico-químicas de frutos de melancia, na região do Vale do Submédio São Francisco.

Research, Society and Development, v.9, n.12, p.1-14, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10828>

RAMALHO, L.B.; BENEDITO, C.P.; PEREIRA, K.T.O.; SILVA, K.C.N.; MEDEIROS, H.L. Hidrocondicionamento de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. e seus efeitos sobre a tolerância ao estresse salino. **Ciência Florestal**, v.30, n.1, p.221-230, 2020. <https://dx.doi.org/10.5902/1980509829998>

RICHARDS, L.A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos**. DAEUA. México. Editorial Limusa, 1974. 172 p.

ROCHA, G.T.; ROCHA, G.T.; ROCHA, G.T. Efeito da salinidade na germinação de pepino. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.3, p.42-47, 2019. <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i3.8168>

SANTOS, B.D.B.; BONOU, S.I.; MATOS, R.M.; SILVA, P.F.; CABRAL, J.H.A.; OLIVEIRA, R.C.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V.L.A. Tratamento pré-germinativo de sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, p.307-313, 2019. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0027>

SANI, S.; KAISAN, M.U.; KULLA, D.M.; OBI, A.I.; JIBRIN, A.; ASHOK, B. Determination of physico chemical properties of biodiesel from *Citrullus lanatus* seeds oil and diesel blends. **Industrial Crops & Products**, v.122, n.1, p.702-708, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.002>

SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; VELOSO, L.L.S.A.; GHEYI, H.R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v.33, n.4, p.1092-1101, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n424rc>

SILVA, A.C.; SUASSUNA, J.F.; MELO, A.S.; COSTA, R.R.; ANDRADE, W.L.; SILVA, D.C. Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.3, p.156-162, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p156-162>

SILVA, J.E.S.B.; TORRES, S.B.; LEAL, C.C.P.; LEITE, M.S.; GUIRRA, K.S.; DANTAS, B.F.; MORAIS, M.B.; GUIRRA, B.S. Pre-germination treatments of melon seeds for the production of seedlings irrigated with biosaline water. **Brazilian Journal of Biology**, v.84, n.1, p.1-10, 2024. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.257314>

SILVA, T.C.F.S.; SILVA, R.C.B.; SILVA, J.E.S.B.; SANTOS, R.S.; ARAGÃO, C.A.; DANTAS, B.F. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia plena**, v.10, n.3, p.1-15, 2014.

SONG, Q.; JOSHI, M.; DIPIAZZA, J.; JOSHI, V. Functional relevance of citrulline in the vegetative tissues of watermelon during abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science**, v.11, n.1, p.1-13, 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.00512>

SOUSA, A.C.M.; NOGUEIRA, G.A.S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; CRUZ, E.D.; SILVA, B.G.H.; SILVA, A.C.; PANTOJA, J.S. Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes

e produção inicial de biomassa em *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. (Myristicaceae). **Research, Society and Development**, v.9, n.10, p.1-14, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9069>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VELOSO, L.L.S.A.; AZEVEDO, C.A.V.; GOMES, R. Acúmulo de fitomassas de mini melancia cultivada sob estresse salino e peróxido de hidrogênio. In: **Anais do Inovagri Meeting Virtual**, p.1-9, Fortaleza. Anais...2020, v.1.

VELOSO, L.L.S.A.; SILVA, A.A.R.; LIMA, G.S.; AZEVEDO, C.A.V.; GHEYI, H.R.; MOREIRA, R.C.L. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen peroxide application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, p.119-125, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p119-125>

WANDERLEY, J.A.C.; AZEVEDO, C.A.V.; BRITO, M.E.B.; CORDÃO, M.A.; LIMA, R.F.; FERREIRA, F.N. Nitrogen fertilization to attenuate the damages caused by salinity on yellow passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.8, p.541-546, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p541-546>

WANG, T.; TOHGE, T.; IVAKOV, A.; ROEBER, B.M.; FERNIE, A.R.; MUTWIL, M.; SCHIPPERS, J.H. M.; PERSSON, S. Salt-related MYB1 coordinates abscisic acid biosynthesis and signaling during salt stress in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v.169, n.2, p.1027–1041, 2015. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00962>

WOJTYLA, L.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. **Frontiers in Plant Science**, v.7, n.1, p.1-16, 2016. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.00066>

YAN, Y.; WANG, S.; WEI, M.; GONG, B.; SHI, Q. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance in watermelon seedlings. **Horticultural plant journal**, v.4, n.6, p.239-249, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.08.003>

YEMM, E.W.; COCCKING, E.C. The determination of amino acid with ninhydrin. **Analyst**, v.80, n.2, p.209-213, 1955. <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>

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

MATERIAL SUPLEMENTAR

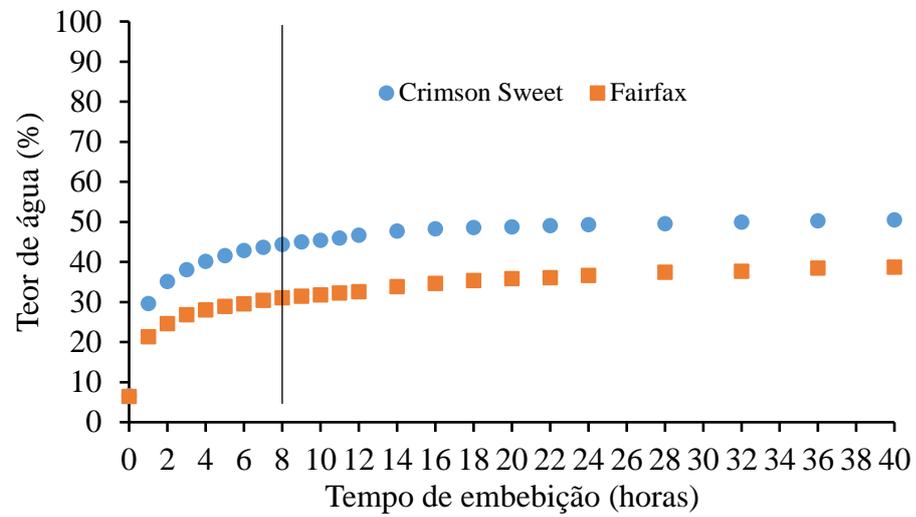


Figura S1: Curva de embebição de sementes de melanciaira, cultivares Crimson Sweet e Fairfax.