



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GUILHERME DA SILVA SALES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACEROLEIRA
IRRIGADA COM ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO SOB APLICAÇÃO DE
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

CARAÚBAS - RN

2025

GUILHERME DA SILVA SALES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACEROLEIRA
IRRIGADA COM ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO SOB APLICAÇÃO DE
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. D.Sc. Reginaldo Gomes Nobre.

CARAÚBAS - RN

2025

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

S163p Sales, Guilherme da Silva.
Produção de mudas de aceroleira irrigada com
água produzida do petróleo sob aplicação de peróxido
de hidrogênio / Guilherme da Silva Sales. - 2025.
34 f. : il.

Orientador: Reginaldo Gomes Nobre.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2025.

1. Malpighia emarginata DC. 2. Salinidade. 3.
H202. I. Nobre, Reginaldo Gomes, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com
AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Sarah Freire Bezerra
CRB: 15/1052

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.

GUILHERME DA SILVA SALES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ACEROLEIRA
IRRIGADA COM ÁGUA PRODUZIDA DO PETRÓLEO SOB APLICAÇÃO DE
PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 17 / 03 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D.Sc. Reginaldo Gomes Nobre (DCT/UFERSA)
Presidente

Profª. D.Sc. Maria do Socorro Medeiros de Souza (DCT/UFERSA)
Membro Examinador

Eng. Agrônomo Allysson Régis Praxedes Moreira (IDIARN)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que em sua infinita paciência e misericórdia me fortalece em cada desafio e ilumina meu caminho nesta jornada.

Aos meus familiares, em especial a minha avó Laura, ao meu pai, Manoel, e à minha mãe, Luzia, minha base e inspiração, que sempre me ensinaram o valor do esforço e da dedicação. Ao meu irmão, Gustavo, por sua amizade e apoio incondicional.

À minha amiga e companheira, Kaila Maria Pereira de Carvalho por estar ao meu lado nos momentos bons e difíceis, sendo meu porto seguro e minha maior motivação.

Ao professor Dr. Reginaldo, meu orientador, por toda paciência, ensinamento e dedicação à minha formação.

À minha amiga professora Dra. Maria do Socorro Medeiros de Souza, pelo apoio e incentivo constantes, ao Deybson fernandes e toda equipe da pesquisa, pelo trabalho conjunto, pelas trocas de conhecimento e pela parceria ao longo dessa caminhada.

Agradeço também à UFERSA, minha universidade, que me proporcionou o espaço e os recursos necessários para o desenvolvimento deste trabalho e para minha formação acadêmica e profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa trajetória, minha eterna gratidão.

RESUMO

As regiões semiáridas são caracterizadas pela baixa disponibilidade hídrica durante grande parte dos meses do ano, sendo importante o desenvolvimento de estratégias como o uso de águas residuais na irrigação, o cultivo de espécies tolerantes ao estresse hídrico e a aplicação de produtos que possam atenuar os estresses abióticos, como é o caso do peróxido de hidrogênio. Dentre estas águas de qualidade inferior, cita-se a água produzida do petróleo (AP), que representa um dos maiores desafios da indústria petrolífera devido ao grande volume e características que nem sempre favorecem seu descarte no meio ambiente, no entanto, quando tratada pode ter importância significativa na irrigação de cultura tolerantes. Dentre as espécies agrícolas de importância para a região, a aceroleira, uma fruteira tropical rica em vitamina C, tem se adaptado bem as condições edafoclimáticas do semiárido brasileiro, se destacando entre as maiores regiões produtoras. Neste sentido, desenvolveu-se este estudo visando avaliar a tolerância de mudas de genótipos de aceroleira sob irrigação com AP associado a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O experimento foi conduzido em ambiente protegido (telado) no Centro Multidisciplinar de Caraúbas, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), cidade de Caraúbas – RN, instalado sob delineamento de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial $5 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram em cinco diluições de AP em água de abastecimento local - AA (100% AA; 75% AA + 25% AP; 50% AA + 50% AP; 25% AA + 75% AP; e 100% AP), duas concentrações de H_2O_2 (0 e 15 mM) e dois genótipos de aceroleira (Junco e Crioula). A irrigação de mudas de aceroleira com a diluição de 50% de água de abastecimento + 50% de água produzida do petróleo promove melhor crescimento e produção de fitomassas de mudas de aceroleira dos genótipos Junco e Crioula. A concentração de peróxido de hidrogênio de 15 μM atenua os efeitos do estresse salino da água produzida do petróleo até 3,52 dS m^{-1} sobre a produção de fitomassa seca da parte aérea de mudas de aceroleira. O genótipo de aceroleira Crioula superou o Junco em termos de crescimento e produção de fitomassas. Não houve diferenças significativa na qualidade das mudas dos distintos genótipos de aceroleira sob diluições de água produzida do petróleo, estando elas aptas ao transplântio.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* DC.; Salinidade; H_2O_2

ABSTRACT

Semi-arid regions are characterized by low water availability during most months of the year, making it essential to develop strategies such as the use of wastewater for irrigation, the cultivation of drought-tolerant species, and the application of products that can mitigate abiotic stresses, such as hydrogen peroxide. Among these lower-quality water sources, petroleum-produced water (PW) stands out as one of the biggest challenges for the oil industry due to its high volume and characteristics that do not always allow for easy disposal into the environment. However, when properly treated, it can play a significant role in the irrigation of tolerant crops. Among the agriculturally important species in the region, the acerola tree, a tropical fruit species rich in vitamin C, has adapted well to the edaphoclimatic conditions of the Brazilian semi-arid region, making the region one of the leading producers. In this context, this study was developed to evaluate the tolerance of acerola seedling genotypes under irrigation with PW combined with the exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂). The experiment was conducted in a protected environment (screened structure) at the Multidisciplinary Center of Caraúbas, Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), in the city of Caraúbas – RN. It was designed in a randomized block layout, arranged in a $5 \times 2 \times 2$ factorial scheme with four replications. The treatments consisted of five PW dilutions in local supply water (SW) (100% SW; 75% SW + 25% PW; 50% SW + 50% PW; 25% SW + 75% PW; and 100% PW), two concentrations of H₂O₂ (0 and 15 mM), and two acerola genotypes (Junco and Crioula). Irrigation of acerola seedlings with a 50% dilution of supply water and 50% petroleum-produced water promoted better growth and biomass production in both Junco and Crioula genotypes. The application of 15 μ M hydrogen peroxide mitigated the saline stress effects of petroleum-produced water up to 3.52 dS m⁻¹ on the dry shoot biomass production of acerola seedlings. The Crioula genotype outperformed Junco in terms of growth and biomass production. There were no significant differences in seedling quality between the different acerola genotypes under PW dilutions, and all were suitable for transplantation.

Keywords: *Malpighia emarginata* DC; Salinity; H₂O₂

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Diâmetro caulinar – DC (A) e altura de planta – AP (B) em função das diluições de água produzida do petróleo; e DC (C) e AP (D) em função dos genótipos de aceroleira aos 122 DAT. 25
- Figura 2.** Fitomassa fresca - FFR (A) e seca de raízes – FSR (B) em função da interação entre os fatores (H_2O_2 x GA); e FFR em função da interação entre os fatores (AP x GA) (C). 27
- Figura 3.** Fitomassa fresca total - FFT (A) e fitomassa seca da parte aérea – FSPA (B) em função dos genótipos de aceroleira; FFT em função das concentrações de H_2O_2 (C) e FSPA em função da interação entre os fatores (AP x H_2O_2) (D). 28
- Figura 4.** Fitomassa seca total - FFT, em função das diluições de água produzida (A), e em função da interação entre os fatores concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 x genótipos de aceroleira – GA (B). 29
- Figura 5.** Taxa de crescimento de absoluto da altura de planta – TCAap (A) e do diâmetro caulinar - TCAdc (B) em função das diluições de água produzida do petróleo; TCAap em função dos genótipos de aceroleira (C); e taxa de crescimento absoluto do número de folhas - TCAnf em função da interação dos fatores (AP x H_2O_2) (D). 31
- Figura 6.** Relação raiz parte aérea – RP/A (A) e índice de qualidade de Dickson – IQD (B) em função da interação entre os fatores concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 x genótipos de aceroleira – GA. 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características químicas e físico-hídricas do substrato utilizado para o semeio da aceroleira, UFERSA, 2024. 21
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), altura de planta (API) e diâmetro caular (DC) de mudas de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e distintas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) aos 122 dias após o transplântio – DAT. 23
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente à fitomassa fresca de raízes (FFR) e total por planta (FFT); fitomassa seca de raízes (FSR), da parte aérea (FSPA) e total por planta (FST) de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e distintas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). 25
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap), do diâmetro caular (TCAdc) e do número de folhas (TCAnf), no período de 86 a 122 DAT, relação raiz-parte aérea (R/PA) aos 122 DAT, e do índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). 29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Caracterização do Semiárido Brasileiro	13
3.1.1	Déficit Hídrico e seus Impactos	13
3.2	Uso de Águas de Qualidade Inferior na Irrigação	14
3.2.1	Estratégias para Mitigação do Estresse Salino	16
3.3	A cultura da aceroleira	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
6	CONCLUSÕES	32
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) é uma espécie frutífera nativa das Ilhas do Caribe, América Central e do norte da América do Sul. Trata-se de uma planta rústica, de porte arbustivo, que produz frutos carnosos do tipo drupa. Sua principal atratividade para o cultivo é o alto teor de vitamina C presente em seus frutos (Ritzinger; Ritzinger, 2011). A área colhida no Brasil em 2017 foi de 5.753 ha, deste total, a região nordeste destaca-se como maior produtora com aproximadamente 75% da área colhida e com produção de 47.607 toneladas, equivalente a aproximadamente 78% da produção nacional (IBGE, 2017).

Essa cultura desenvolveu-se com destaque na região Nordeste, por apresentar condições edafoclimáticas favoráveis ao seu cultivo (Freitas et al., 2006). E essa adaptabilidade da cultura tem mostrado maior atrativo na atividade, o que favorece a produção e implantação de pomares comerciais (EMBRAPA, 2012), no entanto, na região semiárida brasileira, os sistemas agrícolas enfrentam dificuldades para expressarem e atingirem o seu máximo potencial produtivo, isto se deve a fatores climáticos típicos da região, tendo destaque para altas temperaturas e baixas precipitações, resultando em períodos de secas prolongadas (Marengo et al., 2016), assim, a irrigação se torna indispensável quando se busca exploração agrícola com sustentabilidade.

Apesar da importância da irrigação para a expansão da agricultura no nordeste brasileiro, nem sempre as fontes hídricas não salobras disponíveis apresentam volume suficiente, tornando a utilização de água de qualidade inferior uma realidade (Silva et al., 2013) e, dentre estas fontes citam-se os esgotos de origem doméstica e industrial, as provenientes de drenagem agrícola, as salobras e a água produzida obtida durante a extração de petróleo.

A água produzida do petróleo (AP) consiste em uma mistura de várias substâncias orgânicas e inorgânicas tais como: óleos dissolvidos e dispersos, minerais de formação, compostos químicos de produção, sólidos de produção, materiais radioativos de ocorrência natural e gases dissolvidos (Isek et al., 2018; McLaughlin et al., 2020). Em geral parte do volume de água produzida em poços de petróleo é utilizado na recuperação de hidrocarbonetos por meio de reinjeção, injetada em poços profundos ou tratada para posterior lançamento na superfície (Echchel et al., 2018; Ganat et al., 2020). Outra alternativa para a destinação da AP é sua reutilização pós-tratamento na irrigação de plantas em regiões com escassez hídrica (Pica et al., 2017; Miller et al., 2020). No entanto, compostos presentes neste

efluente, como sais, metais pesados e compostos orgânicos tóxicos, podem ser prejudiciais ao solo e ao desenvolvimento vegetal (Costa et al., 2020), necessitando a realização de estudos que contribuam para o uso sustentável deste efluente.

Nos últimos anos, várias pesquisas têm sido realizadas para avaliar a resposta de plantas irrigadas com esse efluente industrial diluído e/ou tratado. Diante da necessidade de utilização de águas com elevadas concentrações de sais na agricultura é necessário buscar por agentes atenuadores de estresse, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O H_2O_2 pode atuar como molécula sinalizadora durante os estresses bióticos e abióticos, desempenhando papel importante no desenvolvimento das culturas, e induzindo o vegetal a produzir proteínas e aminoácidos que auxiliem o processo de aclimação e melhoria no crescimento e produção, podendo ser aplicado no tratamento de sementes e pulverização foliar, cujo efeito varia em função da concentração aplicada (Silva et al., 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o efeito exógena de peróxido de hidrogênio em mudas de genótipos de aceroleira visando a mitigação do estresse salino proveniente da irrigação com água produzida do petróleo sintética.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar as variáveis de emergência, crescimento, fisiologia e qualidade de mudas de distintos materiais genéticos de aceroleira sob doses de peróxido de hidrogênio como mitigador do estresse salino da água produzida do petróleo;
- Determinar o limite de salinidade para obtenção de mudas de qualidade de distintos materiais genéticos de aceroleira sob aplicação de peróxido de hidrogênio;
- Mensurar a dose de peróxido de hidrogênio que possa atenuar o efeito negativo da salinidade da água sobre o crescimento, a fisiologia e a qualidade de mudas de genótipos de aceroleira;
- Avaliar os impactos causados pela aplicação da água produzida do petróleo nas propriedades físicas e químicas do substrato cultivado com mudas de genótipos de aceroleira.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Caracterização do Semiárido Brasileiro

O Semiárido brasileiro, que ocupa uma área de 969.589 km², abrange os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, o Sudeste do Piauí, o Oeste de Alagoas e Sergipe, a região central da Bahia, além de uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco, e um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (BRASIL, 2005).

O clima que abrange quase totalidade dessa região é do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen. Com uma precipitação anual máxima de 800 mm, insolação média de 2.800 h.ano⁻¹, temperaturas médias anuais de 23°C a 27°C, evaporação média de 2.000 mm.ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50%, o Semiárido brasileiro, caracteristicamente, apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, em média, de três a quatro meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população (Silva et al., 2010). O norte da região semiárida, onde possui a maior parte do território, os períodos chuvosos estão situados entre os meses de fevereiro e maio, e historicamente são afetados por grandes secas ou grandes cheias (Marengo et al., 2011).

3.1.1 Déficit Hídrico e seus Impactos

Essas condições climáticas adversas, associadas à alta taxa de evaporação e à baixa umidade relativa do ar, criam um cenário propício para o déficit hídrico, que se caracteriza pela falta de água disponível para atender às necessidades das plantas, dos animais e das comunidades humanas. O déficit hídrico é o fator que mais limita a produção das culturas ao redor do mundo, embora haja o reabastecimento de água pelas chuvas, a agricultura é uma grande consumidora, de forma que todos os anos são gastos bilhões de dólares em irrigação e programas para melhorar a tolerância à sua falta (Begg e Turner, 1976; Basu et al., 2016). Em regiões áridas e semiáridas o déficit hídrico é ainda mais severo, comprometendo o rendimento das colheitas (Fathi e Tari, 2016).

O déficit hídrico é definido como a condição causada pela escassez ou ausência de água, ocorrendo na maioria dos habitats naturais ou agrícolas, sendo causado principalmente por períodos intermitentes ou contínuos sem precipitação, assim a disponibilidade de água para as plantas é restrita, o que pode interferir em todos seus processos celulares, causando

menor crescimento e podendo resultar até em sua morte (Zargar et al., 2017; Taiz e Zeiger, 2017).

As plantas como organismos sésseis, estão propícias a passar por danos causados pelo déficit hídrico, que ocorre com frequência em todo o mundo. Para suportar os problemas causados pela falta de água, as plantas ativam mecanismos de defesa e vias de sinalização. As respostas de tolerância variam de acordo com a duração e intensidade do estresse (Harb et al., 2010).

A principal consequência do déficit hídrico é a limitação de água e desidratação celular, ocasionando a perda de turgescência. Como alternativa, as plantas utilizam ajuste osmótico (Blum, 2016). As plantas acumulam uma série de substâncias orgânicas e inorgânicas como açúcares, aminoácidos, alcaloides e íons inorgânicos para reduzir o potencial osmótico e melhorar a retenção de água nas células, sustentando a estrutura celular e a fotossíntese e impedindo a senescência foliar (Fang e Xiong, 2015)

De modo geral, quando as plantas se encontram sob condições de déficit hídrico, as respostas das plantas envolvem primeiramente o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, redução no transporte de assimilados, da fotossíntese, na divisão e expansão celular. Como consequência, ocorre redução no crescimento, na respiração, condutância estomática, entre outros fatores fisiológicos associados (Ferrari et al., 2015).

3.2 Uso de Águas de Qualidade Inferior na Irrigação

Como alternativa tem-se o uso de águas de qualidade inferior, a utilização de águas de qualidade inferior/residuárias na irrigação é relatada desde a Grécia antiga, sendo mais estudada atualmente devido às grandes demandas por água (Barros et al., 2015). A irrigação de plantas apresenta elevado consumo de água, sendo essencial, portanto, a busca por novas fontes de água para o setor (Nogueira et al., 2005; Costa et al., 2012). Desta forma, o reúso de água na irrigação de plantas se apresenta como uma técnica de grande importância, principalmente para regiões áridas e semiáridas (Santos et al., 2020).

Dentre as opções de água de qualidade inferior surge como alternativa a água produzida do petróleo, o petróleo se origina pela deposição de matéria orgânica com sedimentos, e sua formação é caracterizada pelo acúmulo de material orgânico sob condições específicas de pressão e isolamento em camadas do subsolo de bacias sedimentares, sofrendo transformações por milhares de anos. De localização restrita em uma bacia sedimentar, os requisitos primários para que se venha eventualmente a localizar um reservatório de petróleo é a presença de algum tipo de rocha reservatório, geralmente porosa, coberta por uma rocha

seladora (que impedi o escapamento do óleo para a superfície, vindo a se dissipar) (Gomes, 2014). Nessas bacias se encontram o petróleo, gás e água, o mais pesado a água, se encontra na parte inferior da rocha, sobre ela o petróleo e acima destes o gás.

Um dos subprodutos mais importantes obtido no processo de extração do petróleo é a água de produção. De acordo com Motta et al. (2013), água produzida é a água aprisionada nas formações subterrâneas que é trazida à superfície juntamente com petróleo e gás, ainda a mesma é caracterizada como subproduto durante o processo de separação destes fluidos para que possam ser transformados em produtos comerciais. Além dessa água já existente nas formações subterrâneas, existe águas de aquíferos e também a água injetada nos poços. A água produzida nos campos petrolíferos é aquela trazida à superfície durante a extração de petróleo ou gás. Por definição, tem-se que água produzida (AP) é o efluente resultante dos processos de separação existentes nas estações coletoras e de tratamento na produção de petróleo. Esta água pode ter origem do próprio reservatório de petróleo, contato com aquíferos subterrâneos adjacentes ao reservatório, ou pode ser água injetada no poço em projetos que visam aumentar a recuperação de óleo (Jiménez et al. 2017; Venkatesan e Wankat, 2017; li et al. 2014).

A qualidade da água produzida está intimamente ligada à composição do petróleo, tendo como principais compostos constituintes o óleo, minerais dissolvidos da formação, compostos químicos residuais da produção, sólidos da produção, gases dissolvidos e microrganismos (Motta et al., 2013). Fazem parte da sua constituição sais inorgânicos dissolvidos, incluindo sulfetos e sais de amônio, compostos orgânicos dissolvidos e dispersos, dentre eles hidrocarbonetos, ácidos orgânicos e fenóis, e produtos químicos adicionados nos diversos processos de produção como, coagulantes, floculantes, inibidores de incrustação e corrosão, biocidas, estes, utilizados para reduzir o crescimento microbiano e quebradores de emulsão e de espuma. Sua composição apresenta ainda grandes concentrações e diversidade de metais pesados, sólidos em suspensão como areia, lodo, argila e outros silicatos, e traços de radionuclídeos (Figueroa, 2010).

A geração de AP nos campos petrolíferos pode ser altamente superior à geração do petróleo, sendo o principal resíduo da indústria e apresentando elevados potenciais de contaminação do meio ambiente (Coday, et al., 2014; Pérez-Casanova et al., 2012). Em 2008 a bacia potiguar produziu 359.264,06 m³ de óleo e 2.611.145,86 m³ de água, já no ano de 2018 a produção foi de 4.861.042,81 m³ de óleo e 7.217.055,58 m³ de água de acordo com dados da (ANP) (BRASIL, 2018). Devido à elevada geração de AP, sua destinação se torna uma preocupação, sendo necessário encontrar formas adequadas de tratamento e de

destinação que prejudiquem minimamente o meio ambiente (Ajemigbitse, 2019). No passado, a água produzida era submetida principalmente ao tratamento físico e descartado no ambiente, com o passar do tempo vem-se conhecendo os maiores danos ocasionado pela AP, tornando as regras para sua destinação mais rigorosas (Witze, 2015). O descarte dado à AP pode gerar contaminação de águas superficiais, águas subterrâneas e solo; esses impactos se devem à quantidade de matéria orgânica e constituintes tóxicos naturalmente presentes nessas águas, junto aos produtos químicos adicionados durante o processo de extração do petróleo, tais como inibidores de corrosão e incrustação, desemulsificantes, polieletrólitos, dentre outros (Rocha et al., 2012).

Estudos mostram que aproximadamente 80% da água produzida gerada foram reutilizados na reinjeção para manter a pressão nos poços, porém uma vez que os poços estão localizados em zonas que sofrem com pouca disponibilidade de água, se torna interessante destinar a AP para um fim mais nobre, como a irrigação de planta (Igunnu; Chen, 2012).

Normalmente, a AP recebe um dos seguintes fins: disposição no solo ou em rios; irrigação; descarte no mar; descarte no subsolo e injeção em poços (Mota et al., 2013). Dependendo do tratamento imposto, a AP pode ser utilizada para irrigação de culturas agrícolas que não possuam fins comestíveis, como culturas para produção do biodiesel e plantas ornamentais.

Considerando a crise hídrica dos anos anteriores onde cerca de mais de 105 municípios sofreram com a seca, apenas um município teve período chuvoso, e que o RN vem produzindo bastante água dos poços de petróleo, verificando a destinação desta água produzida, ocorre à possibilidade de reaproveitamento, destinando a mesma para irrigação de plantações no semiárido nordestino (EMPARN, 2018).

3.2.1 Estratégias para Mitigação do Estresse Salino

Diante do exposto para que seja possível a utilização da água produzida surge a necessidade da utilização de métodos de tratamentos como a mistura de águas e utilização de atenuadores do estresse salino, Vale ressaltar que a utilização da água salina na irrigação depende de alguns fatores como, tolerância das culturas, composição iônica da água, capacidade de drenagem do solo e manejo adequado da irrigação sendo assim, para prevenir a salinização dos solos e tornar possível o uso de água salina na agricultura, é necessário correlacionar esses fatores com o uso de insumos, manejo adequado do solo e da água (Sousa et al., 2019).

Diversas pesquisas têm sido realizadas estudando técnicas e/ou manejo de água e solo, que possibilitem o uso de água salina na irrigação de cultivos, tais como: Silva et al. (2021), avaliando o efeito da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio sobre a emergência, o crescimento e as trocas gasosas de mudas de maracujazeiro amarelo submetido ao estresse salino (1,4; 2,1 e 2,8 dSm⁻¹), verificaram que as concentrações de peróxido de hidrogênio entre 10 e 30 µM induziram a aclimação das plantas ao estresse salino, mitigando os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento e fisiologia do maracujazeiro.

Lima et al. (2018) avaliando o rendimento e características nutricionais do pimentão cv. Rúbia cultivado sob estresse salino, constataram que o estresse salino não ocasionou perdas de produtividade, utilizando água salobra com condutividade elétrica da solução nutritiva de 3,5 dS m⁻¹. De forma semelhante, Puttiet al. (2018), no cultivo de abobrinha italiana sob condições de estresse salino (CEa de 0 a 5 dS m⁻¹) observaram tolerância nas plantas irrigadas com CEa de até 2 dS m⁻¹ para diversos parâmetros (comprimento da raiz, massa seca do caule e fresca do caule e parte aérea, diâmetro dos frutos). Utilizando o ácido salicílico como atenuador do estresse salino de gravioleira,

Silva et al. (2020) constataram que a aplicação exógena do ácido salicílico induziu a tolerância ao estresse salino a gravioleira, visto que, as plantas tiveram seu crescimento, transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência instantânea da carboxilação beneficiadas pela aplicação do ácido salicílico, mesmo quando expostas a salinidade da água.

Existem nas plantas uma diversidade de mecanismos que lhes permitem tanto a sobrevivência como adaptação aos ambientes a que estão submetidas, promovendo respostas com alterações diretas em seus processos fisiológicos e morfológicos (Taiz; Zeiger, 2017). Muitas plantas, quando submetidas ao estresse salino, realizam um ajustamento osmótico, isto é, acumulam íons ou solutos orgânicos no citosol, reduzindo o potencial osmótico e, conseqüentemente, mantendo o potencial hídrico inferior ao do solo para possibilitar a absorção de água (Silva et al., 2018). O ajustamento osmótico é essencial, para manter o potencial hídrico favorável, proporcionando a manutenção da turgescência e de processos relacionados, como o alongamento celular, o crescimento e a abertura estomática (Alvarenga et al., 2019).

A adoção de práticas de manejo da irrigação com águas salinas, combinadas com a aplicação de substâncias exógenas, pode representar uma estratégia relevante para mitigar os impactos negativos que a salinidade pode causar ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas.

O peróxido de hidrogênio pode atuar como uma molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresses bióticos e abióticos, estando envolvida na tolerância à deficiência de oxigênio e fechamento estomático, pois a concentração elevada de H_2O_2 nas células guardas permite que o cálcio presente no vacúolo passe para o citosol, invertendo a polaridade das células guardas, a redução do potássio, turgor e consequente fechamento dos estômatos (Ge et al., 2015). Além de funcionar como um dos mais importantes sinalizadores, especialmente por se tratar de uma molécula gerada de forma rápida pelos estímulos ambientais, além de ser pequena e relativamente estável, o que a permite uma passagem facilitada pelas membranas (Andrade et al., 2018).

O uso de peróxido de hidrogênio pode favorecer um maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis que poderão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo assim, maior absorção de água (Carvalho et al., 2011). De acordo com Oliveira et al. (2017) a utilização de concentrações adequadas de peróxido de hidrogênio, auxiliam na superação de dormência tegumentar, permitindo melhor absorção de água, além de contribuir para decomposição de inibidores da germinação, estimulando a produção de O_2 para respiração mitocondrial e atividade metabólica.

3.3 A cultura da aceroleira

A aceroleira é uma planta que pertence à família Malpighiaceae, originária da América Tropical, cultivada, sobretudo, no Brasil, Porto Rico, Cuba e Estados Unidos. Também conhecida como cereja das antilhas, é um arbusto frutífero com grande potencial nutricional e econômico (Alves et al. 2019). A acerola é rica em vitamina c, carotenóides, antocianinas, niacina, riboflavina, tiamina, proteína e sais minerais. É utilizada na fabricação de polpas, sucos, geléias, néctares e licores. Normalmente, a fruta não é muito consumida in natura por seu sabor adstringente, é uma fruta delicada e de fácil deterioração (Chaves et al., 2022).

Por ser uma planta rústica, a aceroleira desenvolve-se bem tanto em clima tropical quanto subtropical, necessitando para o seu desenvolvimento e produção, temperaturas entre $15^{\circ}C$ e $32^{\circ}C$, com médias anuais próximas a $27^{\circ}C$ (Calgaro; Braga, 2012).

No semiárido, devido aos baixos índices pluviométricos e a irregularidade das precipitações, a produção só é possível com o uso de irrigação, cuja condição favorece a precocidade da cultura, iniciando a produção em plantas enxertadas por volta dos 6 a 7 meses do plantio (Barboza et al., 1996). São plantas arbustivas, com copa aberta ou compacta, que podem chegar até 4 m de altura, quando adulta. O caule e ramos são rugosos, com coloração marrom na fase jovem e acinzentado quando adulta. As folhas são simples, opostas, oval ou

elíptico, de pecíolo curto e ligeiramente pilosa. As flores são hermafroditas, disposta na periferia da copa. Os frutos são carnosos, que variam na forma e tamanho, podendo pesar de 3 a 16 g, com elevado conteúdo de vitamina C. Em condições de alta produtividade, as plantas podem produzir até 100 kg/planta/ano, com teor de vitamina C acima de 5.000 mg/100 g de polpa (Ritizinger; Ritzinger et al., 2011).

A produção de mudas da aceroleira pode ser realizada através da utilização de sementes ou de métodos vegetativos como a estaquia e enxertia (Ritzinger et al. 2018). A propagação por semente resulta em grande desuniformidade na produtividade e qualidade de frutos, característica indesejada e uma área de produção comercial, enquanto a propagação por métodos vegetativos mantém as características produtivas com maior uniformidade entre as plantas (Ritizinger; Ritzinger et al., 2011). Entre os métodos de propagação a estaquia é um dos mais recomendados para produção de mudas comerciais, pois proporciona mudas de qualidade, desde que, o material genético seja de matrizes previamente selecionadas (Calgaro; Braga, 2012)

Nas regiões tropicais do mundo, a aceroleira é considerada uma planta de elevada importância econômica e social, pois é onde encontram-se condições favoráveis de clima e solo para se desenvolver (Souza, 2015). Mesmo que seja cultivada comercialmente em quase todos os estados do Brasil, o Nordeste, por suas condições de solo e clima, é a principal região produtora representando cerca de 78% da produção nacional, entre os estados nordestinos que cultivam o plantio de acerola, destaca-se Pernambuco, responsável por 35% da safra anual (IBGE, 2017). Essa região também é uma forte contribuinte para essa alta produtividade, por ter o preço da terra atraente, mão de obra disponível e localização superior à exportação de aliados, por isso se destaca em comparação às outras regiões (Rocha, 2013; Neris, 2018). O Vale do São Francisco (VSF), que está localizado no Nordeste do Brasil e é o maior produtor de acerola, responsável por mais de 25% da produção nacional (Belwal et al., 2018; IBGE, 2017). No VSF, são feitas até oito colheitas por ano, que são possíveis com o uso da irrigação (Ribeiro; Freitas, 2020).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o período de vinte e oito de julho de 2023 à quinze de janeiro de 2024, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Multidisciplinar de Caraúbas, situado na Mesorregião do oeste potiguar. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como BSh, indicando um clima semiárido quente

(Alvares et al., 2013), com as coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34', 12" W e altitude de 144m.

Os tratamentos foram constituídos de combinações a partir de cinco diluições de água produzida do petróleo sintética – AP, em água de abastecimento local - AA, sendo estas T1: 100% AA; T2: 75% AA + 25% AP; T3: 50% AA + 50% AP; T4: 25% AA + 75% AP e T5: 100% AP, duas concentrações de peróxido de hidrogênio (0 e 15 μM), e dois genótipos de aceroleira (Junco e Crioula), em arranjo fatorial $5 \times 2 \times 2$ com duas repetições e uma planta por parcela. Os distintos tratamentos com diluições de água produzida de petróleo apresentaram os seguintes níveis salinos (T1 – 0,47 dS m^{-1} , T2 – 1,26 dS m^{-1} , T3 – 2,06 dS m^{-1} , T4 – 2,63 dS m^{-1} e T5 – 3,52 dS m^{-1}).

Dois materiais vegetais foram utilizados na condução experimental: a cultivar Junco, sendo amplamente cultivada no Nordeste devido a produção satisfatória de frutos, com mais de 3.000 mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa e, cujas sementes apresentam boa germinação, (Borges et al., 2022) e, um material Crioula cultivado no Município de Caraúbas-RN, sendo adaptado as condições edafoclimáticas locais e apresentando boa produção de frutos.

Devido a carências de informação na literatura para a cultura da aceroleira quanto as concentrações de peróxido de hidrogênio, escolheu-se as mesmas com base no estudo de Silva et al. (2019), onde afirmam que concentrações entre 10 e 30 μM induz a aclimação de plantas de maracujazeiro amarelo ao estresse salino.

O experimento foi instalado em condições de ambiente protegido (telado). O preparo das AP sintéticas ocorreu utilizando a água de abastecimento local (UFERSA/Caraúbas-RN), adicionando-se quantidades de sais de Cloreto de Alumínio, Boráx, Ácido Bórico, Cloreto de Cálcio, Sulfato de Cálcio, Cloreto de Ferro, Sulfato de Manganês, Cloreto de Magnésio, Cloreto de Potássio, Cloreto de Sódio e Sulfato de Zinco de acordo com os resultados encontrados por Figueiredo et al. (2014), que analisou águas produzidas em diferentes poços de exploração de petróleo da bacia Potiguar e determinou os parâmetros químicos médios da AP na região. As distintas diluições foram escolhidas visando a obtenção de níveis salinos que pudessem ser tolerados pelos materiais vegetais, conforme trabalhos realizados por Silva et al. (2019) e Sá et al. (2017) que estudaram a produção de cultivares de aceroleira sob estresse salino e caracterizaram a cultura como moderadamente sensíveis a salinidade da água de irrigação.

Após o preparo da AP fez-se as distintas diluições sendo as mesmas armazenadas em recipientes plásticos com capacidade de 90 L, devidamente protegidos para evitar a evaporação e/ou contaminação.

Para a semeadura foram utilizadas bandejas de polietileno, usando duas sementes por compartimento, semeadas na profundidade de 1,0 cm; passados 50 dias do semeio, foi feito o transplântio de duas plântulas por sacolas plásticas com capacidade de 1150 mL. As sacolas foram preenchidas com material de solo coletado na profundidade de 0-30 cm e proveniente do município de Caraúbas - RN e, adicionado 2%, em base peso, de esterco bovino curtido. As sacolas apresentavam furos na base para permitir a livre drenagem, sendo dispostas em estrados de madeira, a uma altura de 0,2 m do solo. Após 50 dias do transplântio foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por sacola, a mais vigorosa (Melo et al., 2018).

Conforme metodologias propostas pela Claessem (1997), foram analisadas as características química e físico-hídrica do substrato e do material de solo (Tabela 1) sendo estas realizadas no início do experimento.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do substrato utilizado para o semeio da aceroleira, UFERSA, 2024.

acidez total, CTEKSA, 2021.												
	Areia		Silte	Argila		Classificação textural	CEes	pHes H ₂ O	M.O			
	-----g kg ⁻¹ -----						dS m ⁻¹		g kg ⁻¹			
	446		411	143		Franca	0,68	6,03	37			
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H +Al)	SB	T	CTC	V	m	PST
mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----									-----%------		
134,2	0,87	0,15	17,11	1,14	0,0	0,58	19,27	19,27	19,27	97	0	1

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do substrato a 25°C; pHes – pH do extrato de saturação do substrato

Ao longo da fase experimental, o substrato foi mantido com umidade próxima da capacidade de campo, onde até os 73 dias após o transplântio (DAT), as plantas foram irrigadas com água (abastecimento local) de CEa igual a 0,47 dS m⁻¹ e, após esse período, foram irrigadas com água conforme os respectivos tratamentos. Após a semeadura, as irrigações eram realizadas diariamente baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado no dia seguinte, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para solo atingir capacidade máxima de retenção de água (capacidade de campo). Neste processo, eram escolhidas aleatoriamente 20 sacolas que tinham acoplada as mesmas, sacos plásticos para coleta da água drenada.

O manejo fitossanitário adotado teve caráter preventivo e/ou curativo, sendo aplicado conforme a ocorrência de possíveis pragas e doenças, além da remoção manual de plantas invasoras.

Aos 70, 79, 87, 95, 103 e 111 DAT, as concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas de forma exógena, por meio de pulverização nas faces adaxial e abaxial, de modo a se obter o molhamento completo das folhas. As aplicações eram realizadas às 17:00 horas, com o auxílio de um borrifador, e o volume aplicado foi de 3 mL por planta e, esse volume foi aumentando para 5 mL conforme o crescimento das plantas; também se faz o uso de um suporte para evitar a deriva do produto.

Os impactos dos diferentes tratamentos foram avaliados com base em variáveis de crescimento, produção de fitomassa e qualidade das mudas de aceroleira. Em termo de crescimento das mudas fez-se avaliação aos 122 DAT do número de folhas (NF), altura da planta (AP) e o diâmetro caulinar (DC), onde na contagem do NF considerou-se as que estavam com limbo foliar totalmente expandidos. O DC foi determinado a 3 cm do colo das plantas, e a AP medindo-se a distância entre o colo e o ponto de inserção da folha mais nova.

De posse desses dados (NF, DC e AP), foram determinadas as taxas de crescimento absoluto no período compreendido entre 86 e 122 DAT, do número de folhas (TCAnf), diâmetro caulinar (TCAdc) e altura da planta (TCAap) de mudas de aceroleira de acordo com a metodologia de Benincasa (2003):

$$TCA = A2 - A1 / t2 - t1$$

em que:

A2 = variável em estudo (NF, DC, AP e AF), obtido no final do período;

A1 = variável em estudo (NF, DC, AP e AF), obtida no início do período de estudo;

t2 – t1 = diferença de tempo entre as observações, em dias.

No término do período experimental, aos 122 DAT, foi realizada a última análise morfológica, na qual as plantas foram cortadas rente ao solo, separando-se as raízes da parte aérea (folhas e caule), e com o auxílio de uma balança de precisão determinou-se a fitomassa fresca de raízes (FFR) e total (FFT) por planta, em seguida estas foram colocadas em sacolas de papel devidamente identificadas e postas a secar em estufa, com circulação de ar, a 65°C, até massa constante onde foi determinado a fitomassa seca das raízes (FSR), da parte aérea (FSPA), e total (FST) por planta.

A qualidade das mudas foi determinada após a conclusão experimental (122 DAT) através do índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da fórmula de Dickson et al. (1960):

$$IQD = [FST/(API/DC) + (FSPA/FSR)]$$

em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

FST = fitomassa seca total de planta (g);

API = altura de planta (cm);

DC = diâmetro caulinar (mm);

FSPA = fitomassa seca da parte aérea (g) e

FSR = fitomassa seca de raiz (g).

As médias dos fatores qualitativos (diluições da água produzida do petróleo; concentrações de peróxido de hidrogênio e materiais genéticos de aceroleira) foram comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR/UFLA (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliando o resumo da análise de variância (Tabela 2), identifica-se efeito significativo isolado dos fatores diluições de água produzida do petróleo e de genótipos de aceroleira sobre o diâmetro caulinar (DC) e a altura de planta (API).

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), altura de planta (API) e diâmetro caulinar (DC) de mudas de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e distintas concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) aos 122 dias após o transplântio – DAT.

Fonte de Variação	Quadrados Médios		
	NF	DC	API
Água produzida do petróleo (AP)	20,957 ^{ns}	0,552 [*]	209,335 ^{**}
Concentrações de Peroxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂)	8,020 ^{ns}	0,337 ^{ns}	0,413 ^{ns}
Genótipos Aceroleira (GA)	34,677 ^{ns}	0,381 [*]	891,446 ^{**}
Interação (AP x H ₂ O ₂)	29,301 ^{ns}	0,145 ^{ns}	41,357 ^{ns}
Interação (AP x GA)	17,999 ^{ns}	0,143 ^{ns}	29,902 ^{ns}
Interação (H ₂ O ₂ x GA)	8,891 ^{ns}	0,144 ^{ns}	1,088 ^{ns}
Interação (AP x H ₂ O ₂ x GA)	17,270 ^{ns}	0,779 ^{**}	6,952 ^{ns}
Bloco	12,913 ^{ns}	0,236 ^{ns}	45,674 ^{ns}

CV (%)	10,13	9,45	13,12
--------	-------	------	-------

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e significativo a $p < 0,05$; CV= coeficiente de variação.

O diâmetro caulinar foi afetado significativamente pela salinidade crescente da água de irrigação cujo maior valor (5,12 mm) foi observado (Figura 1A) em plantas irrigadas com AP-1 (100%AA), sendo 9,76% superior as mudas sob AP-5 (100%AP), no entanto, as demais diluições não diferiram estatisticamente das plantas irrigadas com água de abastecimento. Fato ocorrido possivelmente devido ao fechamento estomático provocado pela restrição da absorção de água pelas raízes, em função da diminuição do potencial osmótico, suprimindo a entrada de CO_2 necessário para o incremento de matéria seca e crescimento da planta (Bezerra et al., 2022), no entanto, vê-se certa tolerância dos materiais vegetais estudados pois, mesmo quando irrigados com água de CEa de $3,52 \text{ dS m}^{-1}$ (AP-5: 100%AP) tiveram decréscimo inferior a 10% no DC.

O aumento da salinidade na água de irrigação presente nas distintas diluições da AP afetou também de forma significativa a altura de plantas e conforme o teste de comparação de médias (Figura 1B) verifica-se o maior valor em plantas irrigadas com 100% de água de abastecimento (AP-1), que não diferiu de AP-3 e, sendo superior em 20,04% as mudas irrigadas com diluição AP-4 que apresentou o menor valor, denotando que essa redução no crescimento em altura pode estar relacionada à deficiência hídrica, induzida pelo efeito osmótico, promovendo o fechamento dos estômatos, consequentemente, diminuição na absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que, por conseguinte inibe a divisão e alongamento das células e o crescimento das plantas (Lima et al., 2015; Vieira et al., 2016).

Os genótipos de aceroleira diferiram estatisticamente em termos de DC e APl e, conforme ilustrado nas Figuras 1C e 1D, vê-se os maiores valores (4,94 mm e 46,42 cm) em mudas do genótipo 'Crioula', o que representa superioridade de 5,26% e 14,39%, respectivamente, em comparação com o genótipo 'Junco', denotando que tal diferença ocorre possivelmente em função de fatores genéticos dos distintos genótipos.

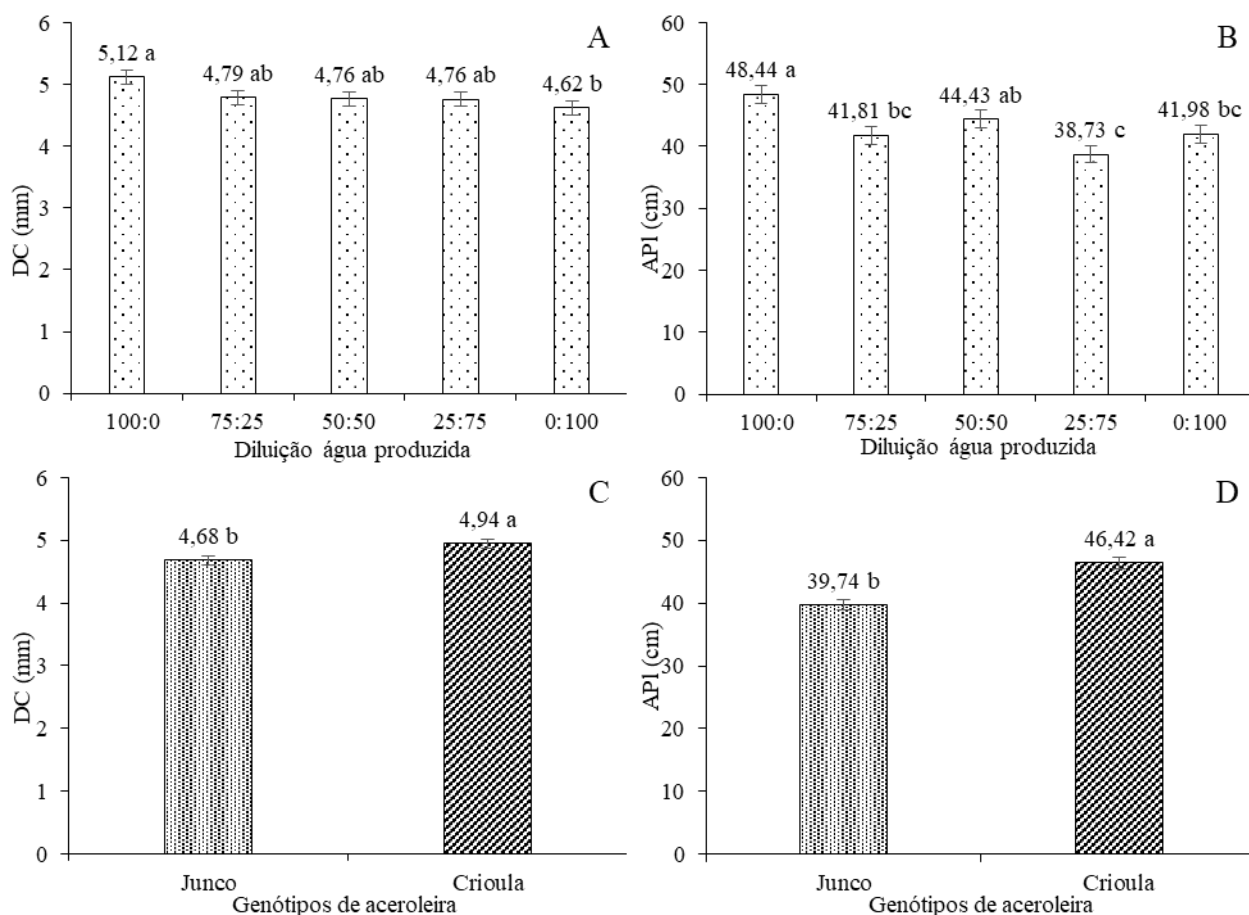


Figura 1. Diâmetro caulinar – DC (A) e altura de planta – API (B) em função das diluições de água produzida do petróleo; e DC (C) e API (D) em função dos genótipos de aceroleira aos 122 DAT.

Verifica-se através do resumo da análise de variância (Tabela 3), haver efeito significativo da interação entre os fatores estudados (água produzida do petróleo – AP x concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2) sobre a fitomassa seca da parte aérea (FSPA); da interação (AP x genótipos de aceroleira – GA) sobre a fitomassa fresca de raízes (FFR); e da interação (H_2O_2 x GA) sobre a FFR, a fitomassa seca de raízes (FSR) e total das plantas (FST). Também houve efeito significativo isolado do fator AP sobre a MST, do fator H_2O_2 sobre a fitomassa fresca total (FFT) e do fator GA sobre a FFT e a FSPA.

Tabela 3 Resumo da análise de variância referente à fitomassa fresca de raízes (FFR) e total por planta (FFT); fitomassa seca de raízes (FSR), da parte aérea (FSPA) e total por planta (FST) de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e distintas concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Fonte de Variação	Quadrados Médios				
	FFR	FFT	FSR	FSPA	FST
Água produzida do petróleo (AP)	0,499 ^{ns}	2,593 ^{ns}	0,262 ^{ns}	0,862 [*]	1,700 [*]
Concentrações de Peroxido de Hidrogênio (H_2O_2)	12,059 ^{**}	17,159 [*]	0,382 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,705 ^{ns}

Genótipos Aceroleira (GA)	6,452 [*]	60,187 ^{**}	2,000 ^{**}	4,041 ^{**}	11,727 ^{**}
Interação (AP x H ₂ O ₂)	0,916 ^{ns}	6,806 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,696 [*]	1,030 ^{ns}
Interação (AP x GA)	5,534 ^{**}	9,417 ^{ns}	0,394 ^{ns}	0,275 ^{ns}	0,689 ^{ns}
Interação (H ₂ O ₂ x GA)	7,589 ^{**}	8,250 ^{ns}	1,360 [*]	0,024 ^{ns}	1,749 [*]
Interação (AP x H ₂ O ₂ x GA)	0,740 ^{ns}	1,101 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,040 ^{ns}	0,059 ^{ns}
Bloco	3,043 [*]	12,508 [*]	0,469 ^{ns}	0,271 ^{ns}	1,340 [*]
CV (%)	20,43	12,28	24,99	16,95	14,66

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e significativo a $p < 0,05$; CV= coeficiente de variação.

A interação entre os fatores H₂O₂ x GA afetou de forma significativa a fitomassa fresca e seca de raízes e, de acordo com o teste de comparação de média (Figura 2A e 2B) vê-se para o genótipo Junco, a aplicação da concentração de 15µM promoveu redução MFR e na MSR e, para o Crioula, as distintas concentrações não promoveram diferença significativa nestas variáveis. Outrossim, a concentração de 15µM quando pulverizadas nas mudas do genótipo Crioula superaram a Junco, no entanto, não diferiram estatisticamente as plantas sem aplicação de peróxido, denotando, que a ausência de efeito positivo possa ter ocorrido em função da concentração e/ou da forma de aplicação do produto (Silva et al., 2019) ou do material genético estudado.

Já com a interação entre AP x GA afetou a fitomassa fresca de raízes, promovendo diferença significativa dos genótipos nas diluições AP-1 e AP-2 (Figura 2C) onde o genótipo Crioula obteve os maiores valores (5,58 g e 5,87 g) nas mudas submetidas a diluição AP-1 e AP-2 quando comparada ao Junco. A MFR do genótipo Junco teve o menor valor (3,83 g) sob irrigação com AP-1, sendo inferior as plantas sob AP-4 em 30,74%, entretanto, esta não diferiu estatisticamente das demais diluições, já para o genótipo Crioula, a maior MFR (5,87 g) foi obtido em plantas sob AP-2, que não diferiu estatisticamente das plantas sob os demais tratamentos de diluição de AP, denotando maior tolerância desse genótipo ao estresse salino da AP, em termos de MFR. Ressalte-se que a tolerância das plantas à salinidade além de variar entre espécies, varia também entre genótipos de uma mesma espécie e entre estádios de desenvolvimento (Neves et al., 2009; Dias et al., 2011).

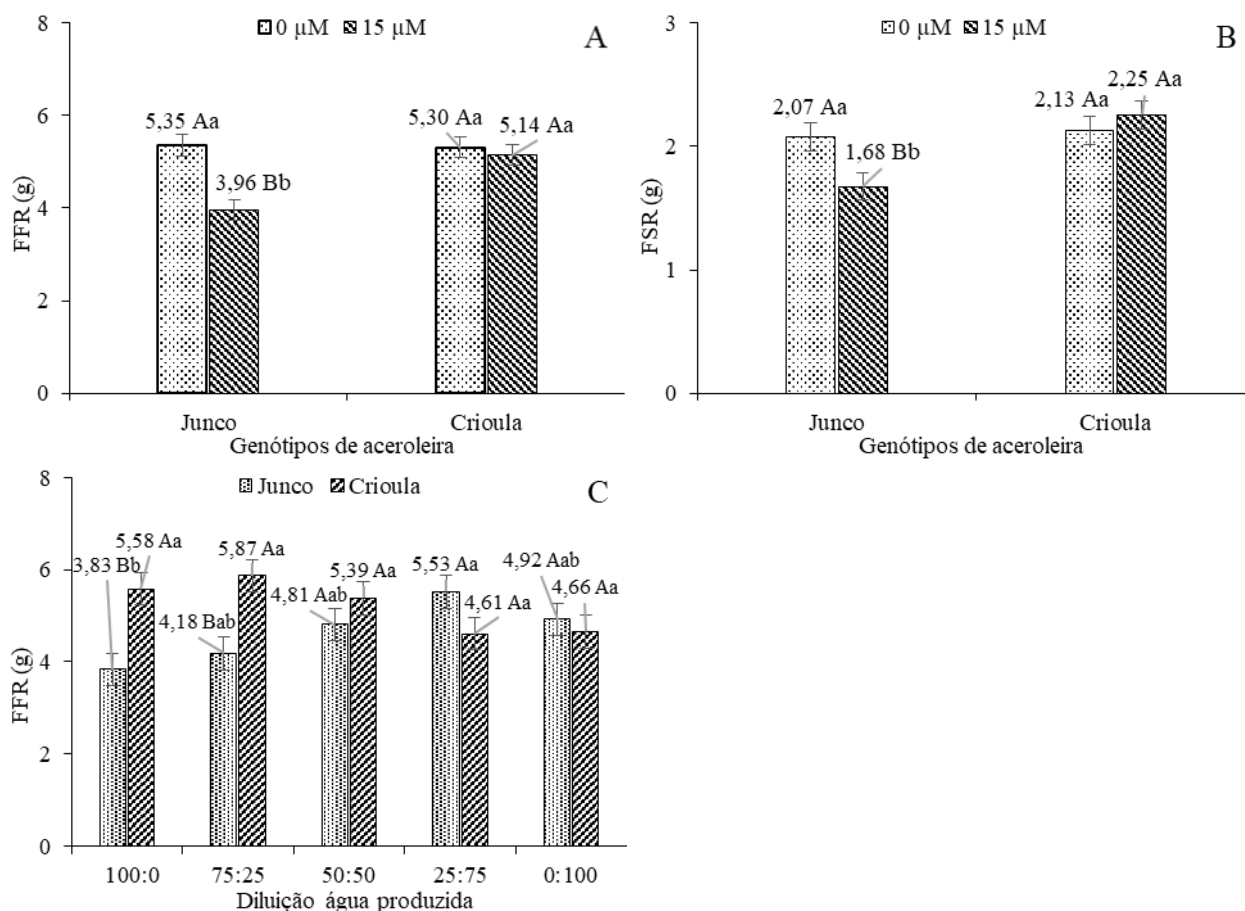


Figura 2. Fitomassa fresca - FFR (A) e seca de raízes – FSR (B) em função da interação entre os fatores (H_2O_2 x GA); e FFR em função da interação entre os fatores (AP x GA) (C).

Os distintos genótipos de aceroleira diferiram de forma significativa quanto a produção de fitomassa fresca total e fitomassa seca da parte aérea, onde se observa (Figura 3A e 3B) os maiores valores (15,06 g e 3,31 g) em mudas do genótipo ‘Crioula’ e, sendo estes 11,49% e 13,59%, respectivamente, superiores ao Junco.

As concentrações de peróxido de hidrogênio promoveram diferença significativa nas plantas em termos de MFT e, conforme ilustrado nas Figuras 3C, vê-se o maior valor (14,66 g) em mudas que não receberam H_2O_2 , o que representa superioridade de 6,34%, em comparação as submetidas a concentração de 15μM.

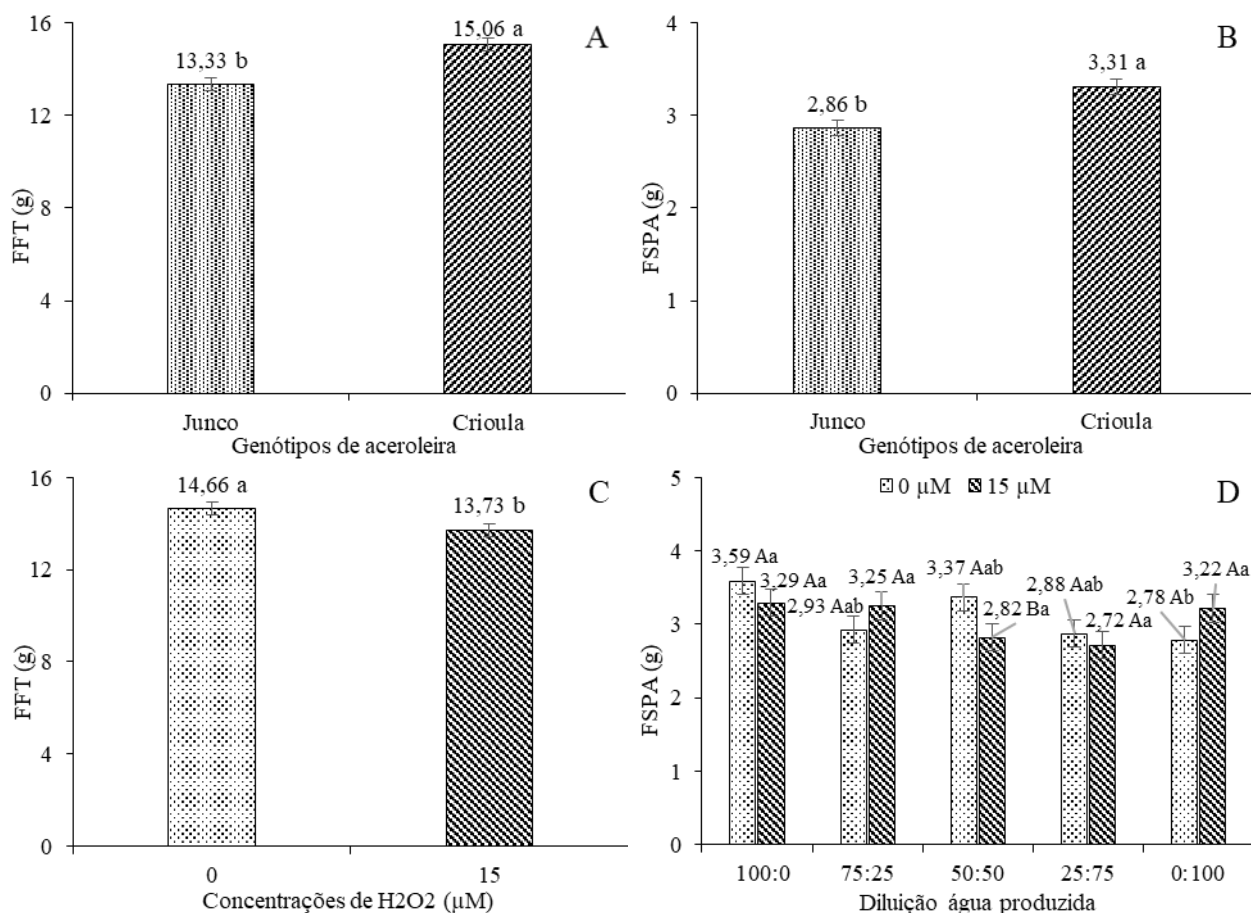


Figura 3. Fitomassa fresca total - FFT (A) e fitomassa seca da parte aérea – FSPA (B) em função dos genótipos de aceroleira; FFT em função das concentrações de H₂O₂ (C) e FSPA em função da interação entre os fatores (AP x H₂O₂) (D).

A interação entre os fatores AP x H₂O₂ promoveu efeito sobre a fitomassa seca da parte aérea, onde de acordo com o teste de comparação de médias (Figura 3D) vê-se que as mudas que não receberam peróxido de hidrogênio sob irrigação com AP-5 tiveram o menor valor de MSPA (2,78 g), sendo inferior as plantas sob AP-1 em 22,56%, no entanto, esta não diferiu estatisticamente das demais diluições. Outrossim, observa-se que como incremento da CEa, a MSPA decresceu nas plantas que não receberam H₂O₂, já nas plantas sob 15μM de H₂O₂, não diferiram estatisticamente em função das distintas salinidades das diluições de água produzida do petróleo, inferindo que o resultado positivo da aplicação do H₂O₂, ocorre devido à capacidade deste em induzir a ativação de mecanismos de defesa nas plantas, incluindo o aumento dos níveis de antioxidantes, reduzindo e amenizando os danos à ultraestrutura das células do mesofilo causados pelo estresse salino (Andrade et al., 2022).

Conforme resultado da análise de variância (Tabela 4), vê-se efeito significativo da interação entre os fatores ‘água produzida do petróleo – AP x concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂’ sobre taxa de crescimento absoluto do número de folhas (TCAnf); e da interação entre ‘H₂O₂ x genótipo de aceroleira – GA’ sobre a relação raiz-parte aérea (R/PA) e

o índice de qualidade de Dickson (IQD). Houve ainda, efeito significativo isolado das distintas AP sobre a taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap) e do diâmetro caulinar (TCAdc); e do fator GA sobre a TCAap.

A fitomassa seca total por planta foi afetada significativamente pela salinidade crescente da água de irrigação cujo maior valor (5,54 g) foi observado (Figura 4A) em plantas irrigadas com AP-1 (100%AA), sendo 14,98% superior as mudas sob AP-4 (25%AA+75%AP), no entanto, as demais diluições não diferiram estatisticamente das plantas irrigadas com água de abastecimento. Isso ocorre possivelmente devido o excesso de sais na solução do solo que desencadeia vários processos fisiológicos e bioquímicos nas plantas, que podem causar toxicidade e estresse hídrico, afetando direta e indiretamente o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas (Shankar; Evelin, 2019).

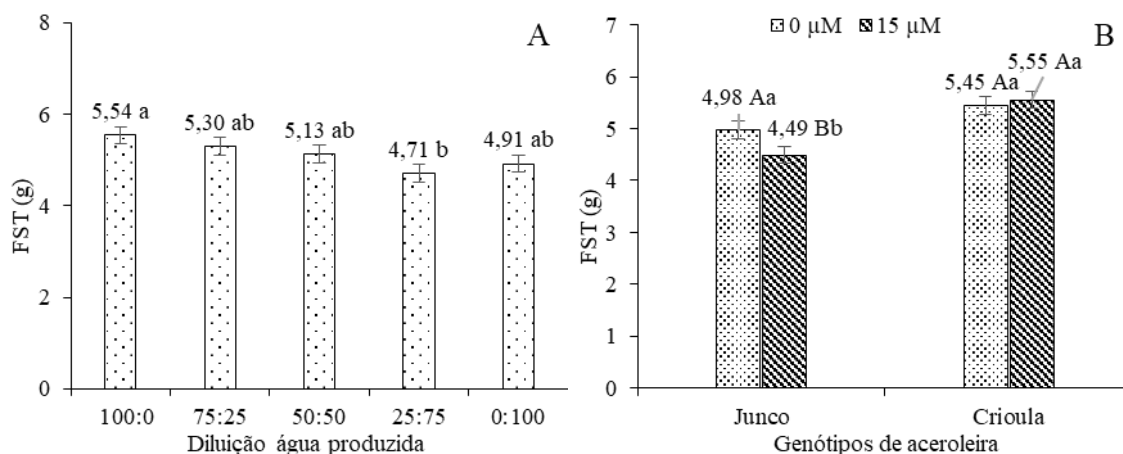


Figura 4. Fitomassa seca total - FFT, em função das diluições de água produzida (A), e em função da interação entre os fatores concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ x genótipos de aceroleira – GA (B).

A interação entre H₂O₂ x GA afetou a fitomassa seca total por planta, promovendo diferença significativa, onde para o genótipo Junco as plantas que não receberam peróxido de hidrogênio obtiveram os maiores valores de MST (Figura 4B), e não diferiram estatisticamente do genótipo Crioula. No entanto, o genótipo Crioula superou o Junco quando submetido a aplicação de H₂O₂. Diante disso, infere-se que concentrações de H₂O₂ superiores ao nível ideal, combinadas com condições de estresse, podem desencadear a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), que podem exceder a capacidade metabólica da célula, causando estresse oxidativo (Silva et al., 2016).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap), do diâmetro caulinar (TCAdc) e do número de folhas (TCAnf), no período de 86 a 122 DAT, relação raiz-parte aérea (R/PA) aos 122 DAT, e do índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de genótipos de aceroleira sob irrigação com diluições de água produzida do petróleo (AP) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

Fonte de Variação	Quadrados Médios				
	TCAap	TCA _{dc}	TCA _{nf}	R/PA	IQD
Água produzida do petróleo (AP)	0,128*	0,00076*	0,015 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Concentrações de Peroxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂)	0,60 ^{ns}	0,00024 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,029 ^{ns}	0,031 ^{ns}
Genótipos Aceroleira (GA)	0,826**	0,00008 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,020 ^{ns}
Interação (AP x H ₂ O ₂)	0,009 ^{ns}	0,00009 ^{ns}	0,261**	0,021 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Interação (AP x GA)	0,008 ^{ns}	0,00049 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,062 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Interação (H ₂ O ₂ x GA)	0,046 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,159*	0,047*
Interação (AP x H ₂ O ₂ x GA)	0,008 ^{ns}	0,00107**	0,015 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Bloco	0,010 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,027 ^{ns}	0,012 ^{ns}
CV (%)	44,65	35,56	34,64	27,63	21,86

ns, **, * respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,01$ e significativo a $p < 0,05$; CV= coeficiente de variação.

A taxa de crescimento absoluto da altura de plantas de aceroleira foi afetada significativamente pelas diluições de água produzida do petróleo onde, de acordo com o teste de médias (Figura 5A) as mudas sob a diluição AP-1 (100%AA) tiveram a maior TCAap, embora não tenha diferido estatisticamente da AP-2 e AP-3 e, sendo superior em 37,98% a das mudas sob AP-5, denotando que plantas quando submetidas a estresse salino tendem a retardar seu tamanho, como forma de tentar diminuir a síntese de carbono e o seu metabolismo, para que não ocorram danos mais severos a cultura (FERREIRA NETO et al, 2007).

O aumento da salinidade na água de irrigação presente nas distintas diluições da AP afetou significativamente a taxa de crescimento absoluto do diâmetro caulinar e conforme o teste de comparação de médias (Figura 5B) observa-se o menor valor em plantas irrigadas com 100% de água produzida (AP-5), sendo inferior em 32,73% em relação as mudas irrigadas com diluição AP-1 que apresentou o maior valor desta variável, e que não diferiu estatisticamente das demais diluições. Denotando que a salinidade da água de irrigação altera o crescimento devido à maior dificuldade de absorção de água pelas raízes, tendendo a induzir o fechamento estomático, que restringe a entrada de CO₂ que seria utilizado no crescimento vegetal (Silva et al., 2020).

Os genótipos de aceroleira também diferiram significativamente quanto a taxa de crescimento absoluto da altura de plantas (Figura 5C), e segundo o teste de comparação de médias observa-se que o TCAap do genótipo Crioula superou o Junco em 37,73%.

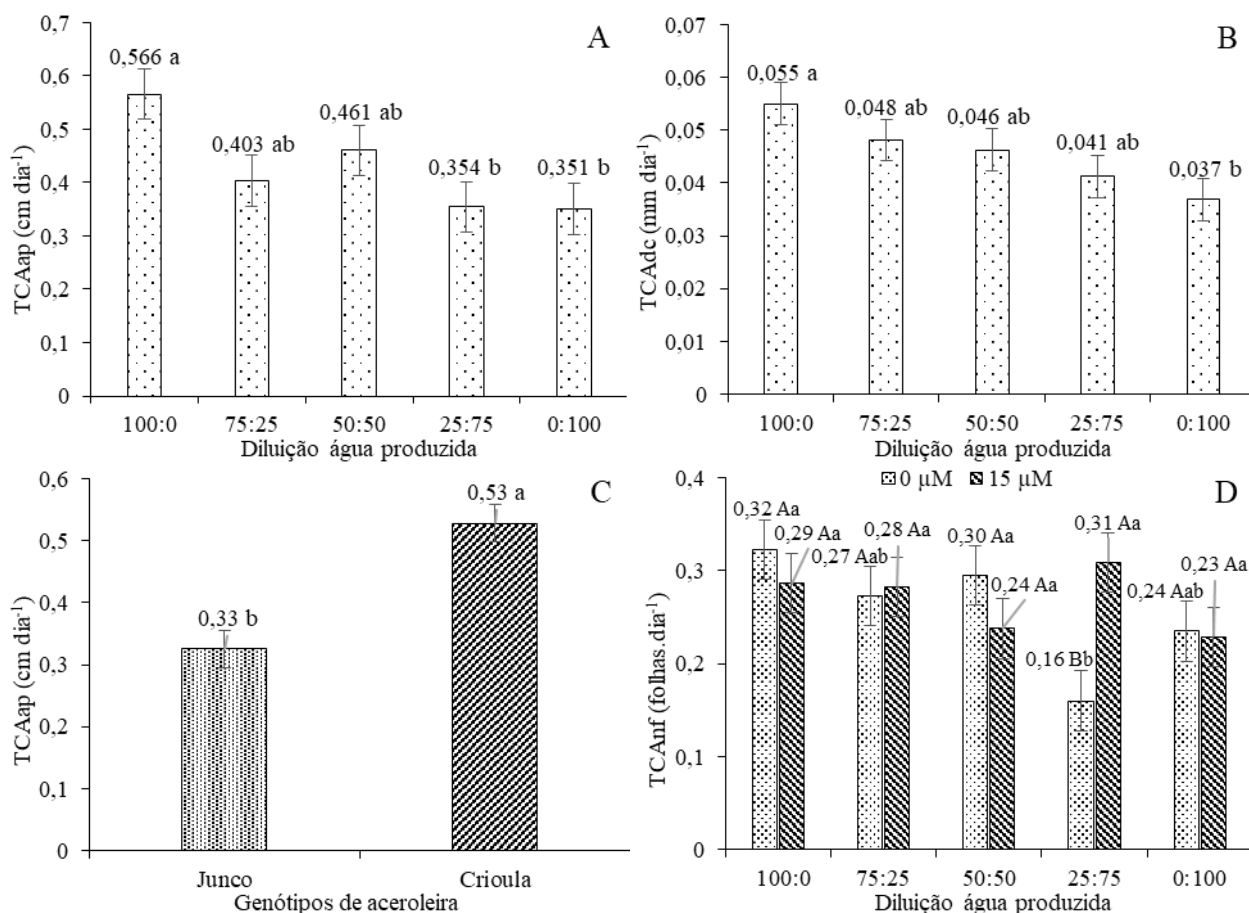


Figura 5. Taxa de crescimento de absoluto da altura de planta – TCAap (A) e do diâmetro caulinar - TCAdc (B) em função das diluições de água produzida do petróleo; TCAap em função dos genótipos de aceroleira (C); e taxa de crescimento absoluto do número de folhas - TCAanf em função da interação dos fatores (AP x H₂O₂) (D).

A taxa de crescimento absoluto do número de folhas foi afetada significativamente pela interação entre os fatores AP x H₂O₂ e, conforme o teste de comparação de média (Figura 5D), vê-se que para a concentração de 0μM a menor TCAanf ocorreu em plantas sob a diluição AP-4, sendo inferior a AP-1 em 50%, e esta não diferiu estatisticamente das demais diluições. Vê-se ainda que a maior concentração de H₂O₂ superou a menor sob irrigação com a diluição AP-4, não diferindo estatisticamente das demais diluições. Deduz-se, com base nos resultados que a concentração de 15μM de H₂O₂, promoveu maior TCAanf quando exposto à salinidade da água de irrigação, demonstrando que a aplicação do produto resulta na aclimação das plantas ao estresse, já que pode estimular a tolerância promovendo o acúmulo de solutos compatíveis e a redução dos teores de Na⁺ e Cl⁻ (Gondim et al., 2011).

A interação entre H₂O₂ x GA afetou a relação raiz-parte aérea e o índice de qualidade de Dickson, promovendo diferença significativa, onde para o genótipo Junco as plantas que não receberam peróxido de hidrogênio obtiveram os maiores valores de R/PA e IQD (Figura 6A e 6B), e não diferiram estatisticamente do genótipo Crioula. Com isso, deduz-se que a aplicação de H₂O₂ nem sempre resulta em efeitos benéficos, pois, em doses elevadas, pode

impactar algumas variáveis nas plantas. Isso ocorre devido à sua capacidade de se difundir facilmente através das membranas subcelulares, podendo causar danos oxidativos (Farooq et al., 2017; Silva et al., 2022). No entanto as mudas tanto expostas ao peróxido como não, assim como, sob distintas salinidades da água tiveram IQD superior a 0,2, que é um índice que as mudas são consideradas de boa qualidade (Eloy et al., 2013).

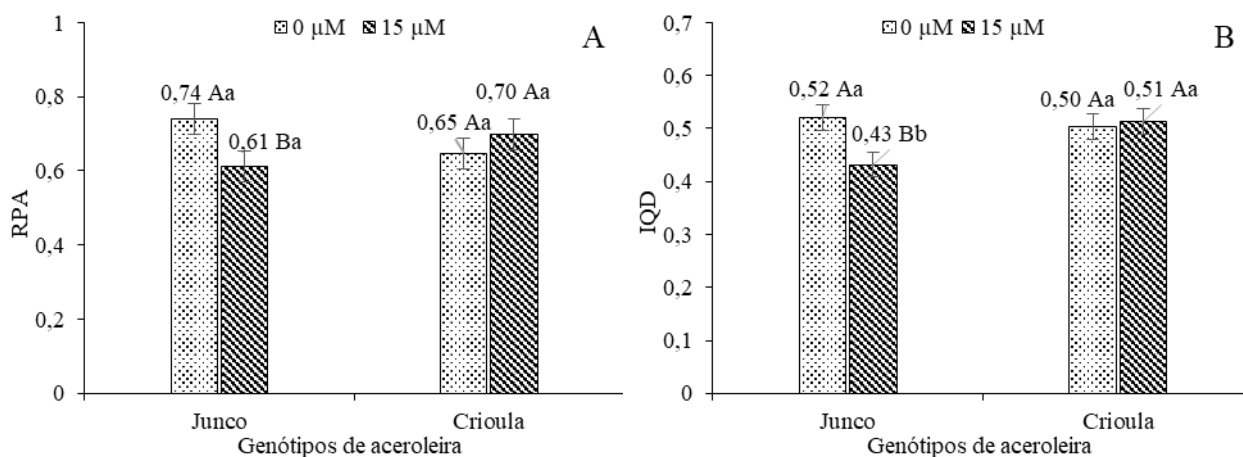


Figura 6. Relação raiz-parte aérea – RP/A (A) e índice de qualidade de Dickson – IQD (B) em função da interação entre os fatores concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 x genótipos de aceroleira – GA.

6 CONCLUSÕES

O fornecimento hídrico à mudas de aceroleira usando a diluição de 50% de água de abastecimento + 50% de água produzida do petróleo (AP-3) promove melhor crescimento e produção de fitomassas de mudas de aceroleira dos genótipos Junco e Crioula.

A concentração de peróxido de hidrogênio de 15 μM atenua os efeitos do estresse salino da água produzida do petróleo até 3,52 dS m^{-1} sobre a produção de fitomassa seca da parte aérea de mudas de aceroleira.

O genótipo de aceroleira Crioula superou o Junco em termos de crescimento e produção de fitomassas.

Não houve diferenças significativa na qualidade das mudas dos distintos genótipos de aceroleira sob diluições de água produzida do petróleo, estando elas aptas ao transplântio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJEMIGBITSE M. A.; TASKER T. L.; CANNON F. S.; WARNER N. R. Influence of High Total Dissolved Solids Concentration and Ionic Composition on Spectroscopy Radium Measurements of Oil and Gas-Produced Water. **Environmental science & Technology**, v. 3, p. 10295-10302, 2019.

ALVARENGA, C. F de S.; SILVA, E. M. da; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de.; SILVA, L. de A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob

combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.191-200, 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728. 2013.

ALVES, L. L. **Farinha de Trigo Enriquecida com Farinha de Resíduo de Acerola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

ANDRADE, C. A.; SOUZA, K. R. D. de; SANTOS, M. de O.; SILVA, D. M. da; ALVES, J. D. Hydrogen peroxide promotes the tolerance of soybeans to waterlogging. **Scientia Horticulturae**, v.232, n.1, p.40-45, 2018.

ANDRADE, E. M.; LIMA, G. S. D.; LIMA, V. L.; SILVA, S. S. D.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R. Hydrogen peroxide as attenuator of salt stress effects on the physiology and biomass of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 8, p. 571-578, 2022.

BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. Instruções para o cultivo da acerola. **EMBRAPA-CPATC**, 1996. 42p. (Circular Técnica. 6).

BARROS, H. M. M.; VERIATO, M. K. L.; SOUZA, L. P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Reuso de Água na Agricultura. **Revista Verde**, v. 10, n. 5, p. 11-16, 2015.

BEGG, J. E.; TURNER, N. C. (1976). Déficit hídricos nas culturas. **Avanços na agronomia**, v. 28, p. 161-217.

BELWAL, T.; DEVKOTA, H. P.; HASSAN, H. A.; AHLUWALIA, S.; RAMADAN, M. F.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Fitofarmacologia da acerola (*Malpighia spp.*) e seu potencial como alimento funcional. **Tendências Food Science Technology**, v. 74, p. 99–106, 2018.

BEZERRA, I. L.; SANTOS, L. DA S.; OLIVEIRA, V. L. DE.; TOLEDO, F. M.; SAMPAIO, E. P.; CASTRO, D. B. DE. Morfofisiologia do crescimento inicial de cafeeiros sob salinidade da água de irrigação. **Revista Irriga**, v. 27, n. 1, p. 30-46, 2022.

BLUM, A. (2016). Stress, strain, signaling, and adaptation—not just a matter of definition. **Journal of experimental botany**, v. 67, n. 3, p. 562-565.

BORGES, A. L.; MATOS, A. P. de.; BARBOSA, D. H. S. G.; COELHO, E. F.; SASAKI, F. F. C.; OLIVEIRA, J. R. P.; FANCELLI, M.; FONSECA, N.; RITZINGER, R. Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2022.

BRASIL. Agência nacional de petróleo gás natural e biocombustíveis. Produção por poço, 2017. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos> >. Acesso em: 10 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, 2005. 32 p. il.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. Coleção Plantar: **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília. Embrapa, 2012. 144p.

CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C. SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.416-423, 2011.

CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 414-420, 2009.

CHAVES, T. A. L. Produção de Petiscos para Cachorro com Farinha de Resíduo Industrial de Processamento de Acerola. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

CLAUGHLIN, M. C.; BORCH, T.; MCDEVITT, B.; WARNER, N. R.; BLOTEVOGEL, J. Water quality assessment downstream of oil and gas produced water discharges intended for beneficial reuse in arid regions. **Science of The Total Environment**, v.713, p.1–12, 2020.

CODAY, B. D.; XU, P.; BEAUDRY, E. G.; HERRON, J.; LAMPI, K.; HANCOCK, N. T.; CATH, T. Y. The sweet spot of forward osmosis: Treatment of produced water, drilling wastewater and other complex and difficult liquid streams. **Desalination**, v. 333, p. 23-35, 2014.

COSTA, D. O.; VALE, H. S. M.; BATISTA, R. O.; TRAVASSOS, K. D.; GURGEL, M. T.; FILHO, L. C. A. L. Metal contents in soils irrigated with diluted treated produced water from oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.672–678, 2020.

COSTA, M. S.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; COSTA, L. L. B.; OLIVEIRA, W. M. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. **Revista Irriga**, v. 1, n. 1, p. 408-422, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

DUDEK, M.; VIK, E.A.; AANESEN, V.; OYE, G. Colloid chemistry and experimental techniques for understanding fundamental behaviour of produced water in oil and gas production. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 276, 2020.

ECHCHELH, A.; HESS, T.; SAKRABANI, R. Reusing oil and gas produced water for irrigation of food crops in drylands. **Agricultural Water Management**, v.206, p.124–134, 2018.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v.43, n. 3, p. 373-384, 2013.

EMBRAPA. A cultura da acerola. Coleção Plantar. Brasília: Embrapa, 3ed., 2012. 144p.

EMPARN, RN. Monitoramento Pluviométrico. 2018. Disponível em: <<http://187.60.73.143:8181/monitoramento/2018/mapas/mapaRN.htm>>. Acesso em: 01 ago. 2024.

FANG, Y., XIONG, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and molecular life sciences**, 72, 673-689.

FAROOQ, M.; NAWAZ, A.; CHAUDHARY, M. A. M.; REHMAN, A. Foliage- applied sodium nitroprusside and hydrogen peroxide improves resistance against terminal drought in bread wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.203, n.6, p.473- 482, 2017.

FATHI, A.; TARI, D. B. (2016). Effect of drought stress and its mechanism in plants. **International Journal of Life Sciences**, v. 10, p. 1-6.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039- 1042, 2011.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. D.; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade do fruto do coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2007.

FIGUEREDO, K. S. L. Estudo da água produzida em diferentes zonas de produção de petróleo, utilizando a hidroquímica e a análise estatística de parâmetros químicos. Dissertação de Mestrado em Química. Natal: Programa de Pós-Graduação em Química – UFRN, 123p. 2010.

FIGUEREDO, K. S. L., MARTINEZ-HUITLE, C. A., TEIXEIRA, A. B. R., DE PINHO, A. L. S., VIVACQUA, C. A.; DA SILVA, D. R. Study of produced water using hydrochemistry and multivariate statistics in different production zones of mature fields in the Potiguar Basin–Brazil. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 116, 109-114. ,2014.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.

GANAT, T. A., HRAIRI, M., MOHYALDINN, M. E. Experimental study to evaluate the environmental impacts of disposed produced water on the surrounding ecosystems. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 17, p.1439–1454, 2020.

GE, X. M.; CAI, H. L.; LEI, X.; ZOU, X.; YUE, M. E.; HE, J. M. Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v.82, n.1, p.138-150, 2015.

GOMES, A. P. P. Gestão ambiental da água produzida na indústria de petróleo: melhores práticas e experiências internacionais. 2014. 120f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

GONDIM, F. A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-38, 2011.

HARB, A.; KRISHNAN, A.; AMBAVARAM, M. M. R.; PEREIRA, A. Molecular and physiological analysis of drought stress in arabidopsis reveals early responses leading to acclimation in plant growth. **Plant Physiol**, v. 154, p. 1254–1271. 2010.

HESPAHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. RBRH -**Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n.4, p. 75-95, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). Censo Agro 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=78206>. Acessado em 22 de junho de 2024.

IGUNNU, E. T.; CHEN, G. Z. Produced water treatment Technologies. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 9, p. 157-177, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Censo Agropecuário 2017.

ISEK, J.; DANILOVIC, D.; CRNOGORAC, M.; LEKOVIC, B. Overview of produced water in oilfield. **Podzemni Radovi**, v.33, 79–87, 2018.

JIMÉNEZ, S.; MICÓ, MM.; ARNALDOS, M.; MEDINA, F.; CONTRERAS, S. State of the art of produced water treatment. **Chemosphere**, v. 192, p.186-208, 2018.

LI, G.; GUO, S.; ZHANG, J.; LIU, Y. Inhibition of scale buildup during produced-water reuse: Optimization of inhibitors and application in the field. **Desalination**, v. 351, p.213-219, 2014.

LIMA, G. S. de; LACERDA, C. N.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v.33, n.2, p.490-499, 2020.

LIMA, L. A.; OLIVEIRA, F. de A. de; ALVES, R. de C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A. de, BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agroambiente online**, v.9, n.1, p.27-34, 2015.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, p. 384-422, 2011.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil - past, present and future. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 20, 1-12, 2016.

MILLER, H.; DIAS, K.; LEBRE, H.; BORTON, M. A.; BLOTEVOGEL, J.; DANFORTH, C.; WRIGHTON, K. C.; IPPOLITO, J. A.; BORCH, T. Reusing oil and gas produced water for agricultural irrigation: Effects on soil health and the soil microbiome. **Science of the Total Environment**, v.722, p.9, 2020.

MONDIN, M; OLIVEIRA, C. A.; VIEIRA, M. L. C. Karyotype characterization of *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 369-374, 2010.

MOTTA, A. R. P. da; BORGES, C. P.; KIPERSTOK, A.; ESQUERRE, K. P.; ARAUJO, P. M.; BRANCO, L. da P. N. Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo

por processos de separação por membranas: revisão. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n. 1, p. 15-26, 2013.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D. dos; SILVA, S. A. da; VIEIRA, M. da S.; OLIVEIRA, A. P. de. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 258-264, 2011.

NEVES, A.L.R.; LACERDA, C.F.; GUIMARÃES, F.V.A.; HERNANDEZ, F.F.F.; SILVA, F.B.; PRISCO, J.T.; GHEYI, H.R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 p.758-765, 2009.

NOGUEIRA, S. F.; CARMO, J. B.; MONTES, C. R.; VICTORIA, R. L.; RAVAGNANI, E. C.; BARUFADI, R. O. Indicadores eco-fisiológicos da qualidade de um solo irrigado com esgoto tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 138-142, 2005.

OLIVEIRA, W. J. de; SOUZA, E. R. de; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. de F.; VELOSO, V. de L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.32-37, 2017.

PÉREZ-CASANOVA, J. C.; HAMOUTENE, D.; HOBBS, K.; LEE, K. Effects of chronic exposure to the aqueous fraction of produced water on growth, detoxification and immune factors of Atlantic Cod. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 86, p. 239-249, 2012.

PICA, N. E.; CARLSON, K.; STEINER, J. J.; WASKOM, R. Produced water reuse for irrigation of non-food biofuel crops: Effects on switchgrass and rapeseed germination, physiology and biomass yield. **Industrial Crops and Products**, v.100, p.65–76, 2017.

PRISCO, J. T; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. 1 ed. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. cap., p. 143-150.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, v.32, n.264, p.17-25, 2011.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P.; FONSECA, N.; MACHADO, C. F. Advances in the propagation of acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 40, n. 3, e-928, 2018.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. R. Acerola. In: RODRIGUES, M.G.V.; DIAS, M. S. C. Cultivo tropical de fruteiras. **Informe Agropecuário**. v.32, n.264, p.17-25, 2011.

ROCHA, J. H. B.; GOMES, M. M. S.; FERNANDES, N. S.; SILVA, D. R.; MARTINEZHUITLE, C. A. Application of electrochemical oxidation as alternative treatment of produced water generated by Brazilian petrochemical industry. **Fuel Processing Technology**, v. 96, p. 80–87, 2012.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W. D.; ARAÚJO, M. A. D. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. D. R. (2013). Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 933-941.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERREIRA NETO, M. Water Relations and Gas Exchanges of West Indian Cherry under Salt Stress and Nitrogen and Phosphorus Doses. **Journal of Agricultural Science**, v.9, n.10, 2017.

SANTOS, A. A.; RODRIGUES, M. H. B. S.; SILVA, G. V.; GOMES, F. A. L.; SILVA, J. N. CARTAXO, P. H. A. Importância do reúso de água para irrigação no semiárido. **Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 15-20, 2020.

SHANKAR, V.; EVELIN, H. Strategies for reclamation of saline soils. In: GIRI, B.; VARMA, A. (Eds.). Microorganisms in saline environments: Strategies and functions. **Springer**, v. 19, cap. 20, p. 439-449. 2019

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Multivariate analysis of soursop under salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 4, p. 936 –944, 2022.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; VELOSO, L. L. D. S. A.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE SILVA, L. Hydrogen peroxide on acclimation of soursop seedlings under irrigation water salinity. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 40, n. 4, p. 1441-1454, 2019.

SILVA, A. A. R.; VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Hydrogen peroxide in the acclimation of yellow 55 passion fruit seedlings to salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.2, p.116-123, 2021.

SILVA, D. S.; FERREIRA, M. A. R.; RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Estágio de maturação na colheita e temperatura de armazenamento para manter a qualidade pós-colheita do fruto de acerola. **Scientia Horticulturae**, 260, 108901, 2020.

SILVA, E. M.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. S.; SOUZA, L. P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, p. 1-7, 2016.

SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L. & SOUZA, C. M. A. Morphology and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1027–1037, 2019.

SILVA, I. R. J.; JARDIM, A. M. da R. F.; BARROSO NETO, J.; LEITE, M. L. de M. V. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.11, n.3, p.127-139, 2018.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 14, n. 5, 2010.

SILVA, S. S. da; LIMA, G. S.de; LIMA, V. L. A. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; OLIVEIRA, A. P. M.; ARAUJO, A. C.; GOMES, J. P. Production and quality of watermelon fruits under salinity management strategies and nitrogen fertilization. **Revista Semina**, v.41, n.6, p. 2923-2936, 2020.

SILVA, S. S., SOARES, L. A. A., LIMA, G. S., NOBRE, G. R. & GHEYI, H. R. (2013) Alocação de Fitomassa pela Mamoneira sob Estresse Salino e Doses de Nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n 3, p. 182-187.

SOUSA, M. S. da S.; Lima, V. L. A. de; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. de A.; MOREIRA, R. C. L.; OLIVEIRA C. J. A. Organic fertilization to attenuate water salinity effect on papaya growth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.2, p.79-83, 2019.

SOUZA, M. P. de. Estudo de compostos naturais de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) para cosméticos. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Química - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora.

TRAVASSOS, K. D.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; SILVA, D. R. S.; NASCIMENTO, A. K. S.; DIAS, N. S. Produção de aquênio do girassol irrigado com água salobra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2011

VENKATESAN, A.; WANKAT, P. C. Produced water desalination: An exploratory study. **Desalination**, v. 404, p.328-340, 2017.

VIEIRA, I. G.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.1, p.55-61, 2016.

WITZE, A. Race to unravel Oklahoma's artificial quakes. **Nature**, v. 520, p. 418-419, 2015.
ZARGAR, S. M.; GUPTA, N.; NAZIR, M.; MAHAJAN, R.; MALIK, F. A.; SOFI, N. R.; SALGOTRA, R. K. (2017). Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. **Plant gene**, v. 11, p. 154-159.