



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA TROPICAL

IRACY AMÉLIA PEREIRA LOPES

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO
COMO ATENUANTE AO ESTRESSE SALINO EM
QUIABEIRO**

POMBAL-PB

2021

APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO ATENUANTE AO ESTRESSE SALINO EM QUIABEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical para obtenção do título de Mestre.

Orientadores: Dra. Lauriane A. dos Anjos Soares
Dr. Geovani Soares de Lima.

L864a Lopes, Iracy Amélia Pereira.
Aplicação exógena de peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse salino em quiabeiro / Iracy Amélia Pereira Lopes. - Pombal, 2021. 57 f. : il. Color

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

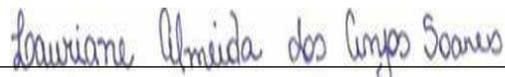
1. *Abelmoschus esculentus* L. 2. Salinidade. 3. Substâncias ERO_s. 4. Aclimação. I. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. II. Lima, Geovani Soares de. II. Título.

CDU 635.648(043)

IRACY AMÉLIA PEREIRA LOPES

**APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO COMO
ATENUANTE AO ESTRESSE SALINO EM QUIABEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical
para obtenção do título de mestre.



Prof. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

CCTA/UFCG

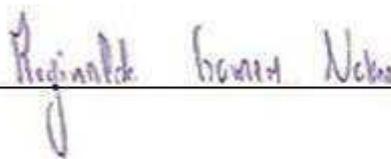
Orientadora



Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

CTRN/UFCG

Orientador



Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

DCT/UFERSA

Examinador



Prof. Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias

CTRN/UFCG

Examinadora

A Deus, que me concedeu a graça de lutar todos os dias para chegar até aqui.

Aos meus pais, Luiz Gonzaga Lopes da Silva e Marleide Leite Pereira, aos meus irmãos, André Luiz e Luiz Filho e meu noivo Rosilvam Ramos de Sousa, por todo amor, carinho e compreensão.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, antes de tudo, por estar presente em todos os momentos em minha vida, me dando força, coragem, determinação para continuar e nunca me deixar perder a fé.

Aos meus pais, Luiz Gonzaga Lopes da Silva e Marleide Leite Pereira, pelo dom da vida, pelo amor, cuidado e incentivo necessário para esta conquista.

Aos meus irmãos André Luiz Pereira Lopes e Luiz Gonzaga Lopes da Silva Filho por todo apoio, por acreditarem na minha capacidade e nunca ter me deixado desistir dos meus sonhos.

Ao meu noivo Rosilvam Ramos de Sousa, por acreditar em mim e está presente em minha vida, sempre com muita paciência e cumplicidade.

A minha orientadora Professora Lauriane Almeida dos Anjos Soares, pela paciência, dedicação, compreensão, ajuda, incentivo e apoio desde o início até a conclusão do mestrado. Obrigada por corresponder sempre nos momentos que a solicitei e incomodei. Tenho enorme respeito e admiração pela senhora.

Ao meu co-orientador Professor Geovani Soares de Lima, por toda ajuda e colaboração para a realização da dissertação.

Aos alunos Luderlândio, Alan Keys e Wesley pela ajuda na condução dos trabalhos em campo e laboratório. Obrigada por todo empenho e por viverem esse momento junto comigo. Sem vocês eu não teria conseguido chegar até aqui.

A mestre Iara Almeida Roque, pela cumplicidade, incentivo, conselhos e disponibilidade durante todas as etapas da dissertação. Grata a Deus pela sua vida.

Ao programa de Pós Graduação em Horticultura Tropical e à Universidade Federal de Campina Grande por todos os recursos disponíveis e a área experimental necessária na condução do experimento. Obrigada pela oportunidade da realização deste sonho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

E a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a conclusão deste trabalho e para que eu chegasse até aqui.

Muito Obrigada!

LISTAS DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Dados climáticos de temperatura máxima - T max e mínima - T min do ar (A) e precipitação – P e umidade relativa do ar - UR (B) durante o período experimental.....	22
Figura 2 Semeadura em bandejas de polietileno (A) e mudas de quiabeiro cv. Clemson Americano aos 15 dias após a semeadura (B).....	23
Figura 3 Vista externa da área experimental (A) e distribuição das parcelas experimentais (B).....	24
Figura 4 Determinação do comprimento do fruto (A) e do peso médio de fruto (B).....	27
Figura 5 Condutância estomática- <i>gs</i> (A) e concentração interna de CO ₂ - <i>Ci</i> (B) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação-CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ , aos 75 após o transplântio.....	30
Figura 6 Transpiração- <i>E</i> (A) e taxa de assimilação de CO ₂ – <i>A</i> (B) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação- CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ , aos 75 após o transplântio.....	31
Figura 7 Eficiência instantânea no uso da água – <i>EiUA</i> das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função das concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ (A) e eficiência instantânea de carboxilação – <i>EiCi</i> (B) em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água – CEa e das concentrações de H ₂ O ₂ , aos 75 dias após o transplântio.....	33
Figura 8 Altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ , aos 75 dias após a transplântio.....	35
Figura 9 Número de folhas do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) das concentrações de peróxido de hidrogênio- H ₂ O ₂ (B) e área foliar (C) em função dos níveis de CEa, aos 75 dias após a semeadura (DAS).....	36
Figura 10 Fitomassa seca de folhas – FSF das plantas de quiabeiro cv. Clemson	

	Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio-H ₂ O ₂ (B), aos 82 dias após o transplântio.....	39
Figura 11	Fitomassa seca do caule – FSC (A), fitomassa seca de raiz - FSR (B) e relação raiz/aérea- R/PA (C) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ , aos 82 dias após o transplântio.....	40
Figura 12	Número de frutos (A), produção por planta – PROD (B) e peso médio dos frutos – PMF (C) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ aos 82 dias após o transplântio.....	42
Figura 13	Consumo hídrico – CH (A), das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e eficiência no uso da água – EUA (B), em função da salinidade da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio- H ₂ O ₂ , aos 82 dias após o transplântio.....	44

LISTAS DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 Características físico-hídricas e químicas do solo utilizado no experimento.....	24
Tabela 2 Resumo da análise de variância para condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>Ci</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>) eficiência instantânea no uso da água (<i>EiUA</i>) e eficiência instantânea de carboxilação (<i>EiCi</i>) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80 cultivadas com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 75 dias após o transplântio.....	29
Tabela 3 Resumo da análise de variância para altura de plantas (<i>AP</i>), diâmetro de caule (<i>DC</i> , mm), número de folhas (<i>NF</i>) e área foliar (<i>AF</i>) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂), aos 75 dias após o transplântio (<i>DAT</i>).....	34
Tabela 4 Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (<i>FSF</i>), de caule (<i>FSC</i>), de raiz (<i>FSR</i>) e relação raiz/parte aérea (<i>R/PA</i>) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂), aos 82 dias após o transplântio (<i>DAT</i>).....	38
Tabela 5 Resumo da análise de variância para número de frutos (<i>NF</i>), produção por planta (<i>PROD</i>), peso médio de fruto (<i>PMF</i>), comprimento médio de fruto (<i>CMF</i>), consumo hídrico (<i>CH</i>) e eficiência no uso da água (<i>EUA</i>) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂), aos 82 dias após o transplântio.....	41

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	vi
LISTAS DE TABELAS	viii
RESUMO	x
ABSTRAT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
Aspectos gerais da cultura do quiabeiro	14
Uso de uso de águas salinas na agricultura irrigada	15
Estresse salino em quiabeiro	16
Tolerância das plantas à salinidade	17
Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
Localização.....	21
Delineamento experimental e tratamentos	21
Semeadura	21
Unidade experimental.....	22
Preparo das águas de irrigação	23
Manejo de irrigação.....	24
Tratos culturais e fitossanitários.....	24
Variáveis analisadas	25
Análise estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LOPES, I. A. P. **Aplicação exógena de peróxido de hidrogênio como atenuante ao estresse salino em quiabeiro**. 2021. 57p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB.

RESUMO

A salinidade é um dos principais estresses abiótico que limita o crescimento e a produtividade das plantas, particularmente no semiárido do Nordeste brasileiro, agravado pela baixa precipitação pluvial, altas temperaturas e evaporação. Nesse contexto, faz-se necessário a busca por estratégias que amenizem o estresse salino nas plantas, destacando-se a aplicação exógena do peróxido de hidrogênio como uma alternativa promissora. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a morfofisiologia, a produção, o consumo hídrico e a eficiência no uso da água de quiabeiro sob irrigação com águas de diferentes níveis salinos e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio, onde as plantas foram conduzidas em lisímetros de 20 L sob condições de campo, no Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar pertencente à Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB. Os tratamentos foram distribuídos no delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 3, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 25 e 50 µM), com cinco repetições, totalizando 75 plantas. As plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80 foram sensíveis a salinidade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹, apresentando redução no crescimento, nas trocas gasosas, nos componentes de produção, no consumo hídrico e na eficiência no uso da água das plantas. A aplicação foliar de 25 µM de H₂O₂ promoveu maior redução na produção por planta, número de fruto e na eficiência no uso da água das plantas de quiabeiro, aos 82 dias após o transplantio. A inibição na taxa de assimilação de CO₂ das plantas de quiabeiro foi associada a fatores de origem estomáticos e não estomáticos. O peróxido de hidrogênio na concentração de 50 µM amenizou os efeitos do estresse salino sobre a transpiração, a taxa de assimilação de CO₂, a eficiência instantânea de carboxilação, a fitomassa seca de folhas e o peso médio de frutos de quiabeiro cv. Clemson Americano 80.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* L., salinidade, substâncias EROs, aclimação

LOPES, I. A. P. **Exogenous application of hydrogen peroxide as a buffer to salt stress in okra.**2021. 57p. Dissertation (Masters in Tropical Horticulture) – Federal University of Campina Grande, Pombal-PB.

ABSTRACT

Salinity is one of the main abiotic stresses that limit plant growth and productivity, particularly in the semiarid region of northeastern Brazil, aggravated by low rainfall, high temperatures and evaporation. In this context, it is necessary to search for strategies that alleviate salt stress in plants, highlighting the exogenous application of hydrogen peroxide as a promising alternative. Therefore, this study aimed to evaluate the morphophysiology, production, water consumption and efficiency in the use of okra water under irrigation with water of different saline levels and exogenous application of hydrogen peroxide, where the plants were conducted in 20 L lysimeters under field conditions, at the Agrifood Science and Technology Center belonging to the Federal University of Campina Grande, Pombal, PB. The treatments were distributed in a randomized block design, in a 5 x 3 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.3; 1.3; 2.3; 3.3 and 4.3 dS m⁻¹) and three concentrations of hydrogen peroxide (0, 25 and 50 µM), with five replications, totaling 75 plants. The okra plants cv. Clemson Americano 80 were sensitive to water salinity from 0.3 dS m⁻¹, showing a reduction in plant growth, gas exchange, production components, water consumption and water use efficiency. Foliar application of 25 µM of H₂O₂ promoted greater reduction in production per plant, number of fruit and water use efficiency of okra plants, at 82 days after transplanting. The inhibition of CO₂ assimilation rate of okra plants was associated with stomatal and non-stomatic factors. Hydrogen peroxide at a concentration of 50 µM attenuated the effects of salt stress on transpiration, CO₂ assimilation rate, instantaneous carboxylation efficiency, dry mass of leaves and average fruit weight of okra cv. American Clemson 80.

Keywords: *Abelmoschus esculentus* L., salinity, ROS substances, acclimatization

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, em 2017 atingiu uma produtividade de 43.341 toneladas por hectare, com destaque nas regiões do Sudeste e Nordeste; seu cultivo é geralmente realizado em áreas abertas em todo o território nacional e apresenta baixo custo na produção devido sua rusticidade (IBGE, 2017; MARIN et al., 2017; SALES et al., 2021).

A região semiárida do Nordeste brasileiro possui condições edafoclimáticas favoráveis para produção de quiabo, devido a sua rusticidade e tolerância a altas temperaturas, no entanto, em virtude das restrições hídricas em termos de qualidade e quantidade, faz-se necessário a prática da irrigação utilizando-se águas com teores elevados de sais, comumente encontradas nas fontes hídricas superficiais e subterrâneas comprometendo sua produção em larga escala (SILVA et al., 2019a; RIBEIRO et al., 2016). Assim, é de fundamental importância o manejo de águas salinas para expansão da agricultura irrigada, sobretudo, nas condições de semiárido.

As plantas cultivadas sob estresse salino estão expostas ao estresse hídrico ocasionado pela diminuição do potencial osmótico, restringindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas e ao efeito iônico caracterizado pelo desequilíbrio de nutrientes e a toxidez de íons específicos, especialmente o Na^+ e Cl^- (GARG; BHANDARI, 2016; ISLAM et al., 2017). Contudo, a intensidade do estresse salino sobre as plantas depende da espécie ou genótipo, natureza catiônica e/ou aniônica da água, fase de desenvolvimento da cultura, das condições edafoclimáticas e do manejo de adubação e irrigação (GHEYI et al., 2016).

Apesar dos efeitos negativos dos sais nas plantas, o uso de água salina na irrigação pode ser viabilizado através da utilização do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que consiste na exposição prévia das plantas a um determinado tipo de estresse, ocasionando mudanças metabólicas, responsáveis pelo aumento de sua tolerância de sobreviver a condições adversas (SILVA et al., 2019b). O uso de peróxido de hidrogênio pode favorecer 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).

Diversas pesquisas tem destacado resultados promissores com a aplicação de H_2O_2 em diferentes culturas cultivadas sob condições de estresse salino, como verificados em melão (SILVA et al., 2019b), maracujazeiro-azedo (ANDRADE et al., 2019a), gravioleira (SILVA et al., 2019a), milho (ARAÚJO, 2021) e abobrinha italiana (DANTAS et al., 2021).

Entretanto, não existem informações na literatura sobre o papel desta espécie reativa de oxigênio na mitigação do estresse salino em quiabeiro nas condições de semiárido do Nordeste do Brasil.

Ante o exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a morfofisiologia, a produção, o consumo hídrico e a eficiência no uso da água de quiabeiro sob irrigação com distintas salinidades e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos gerais da cultura do quiabeiro

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) pertence à família Malvaceae, é uma cultura olerácea, com grande importância para as regiões semiáridas, por ser uma hortaliça adaptada às condições edafoclimáticas desta região (LAW-OGBOMO et al., 2013). Devido a sua importância comercial e com a expansão de cultivo em praticamente todas as áreas tropicais e subtropicais, destaca-se por apresentar ciclo vegetativo precoce, alto rendimento e baixo custo de produção, alto valor alimentício e nutritivo (NASCIMENTO, 2015; JESUS et al., 2014).

O quiabeiro é considerado uma planta anual, sua morfologia é caracterizada por folhas grandes, com limbo profundamente recortados, lobadas e com pecíolos longos, com coloração esverdeada e áreas avermelhadas; é uma planta arbustiva, podendo medir até três metros de altura, com porte ereto e caule semilenhoso, podendo ocorrer ramificações laterais devido a práticas de manejo, como o uso de espaçamentos maiores no cultivo (MORAES et al., 2018).

Sua propagação é realizada via sementes, sendo utilizada comumente a semeadura direta, isso se deve ao processo de polinização cruzada, ser mais fácil, os frutos do quiabeiro possui formato redondo ou pentagonal, tipo capsular, cada fruto pode conter em média 60 sementes (COSTA et al., 2017).

O desenvolvimento da cultura do quiabeiro pode ser bastante variável, isso tem relação aos tratamentos culturais utilizados durante os períodos vegetativos e reprodutivos, além de ser bastante influenciados pela cultivar utilizada. A realização da colheita dos frutos pode ser feita várias vezes, porém devem-se observar alguns aspectos, tais como o fruto deve ser macio ou tenro com coloração verde brilhante e não apresentar estruturas fibrosas, sendo facilmente observado quebrando-se a ponta do fruto.

A cultura do quiabeiro se desenvolve bem em vários tipos de solo, mas é importante que os mesmos tenham uma boa drenagem, contendo os nutrientes ideais para a cultura, tais como N, P, K, Ca e Mg, a adubação orgânica também pode trazer inúmeros benefícios (FILGUEIRA, 2012).

No Brasil, de acordo com o senso Agropecuário do IBGE (2017), os maiores estados produtores desta olerícola são Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e Sergipe, representando 68,9% da produção nacional, com 77.157 toneladas. A região Nordeste se

destaca como a segunda região maior produtora, produzindo por ano 32.187 toneladas, a Paraíba está em 20º com uma produção anual de 448 toneladas.

Uso de águas salinas na agricultura

A irrigação é uma prática adotada para suprir a deficiência total ou parcial de água necessária à produção agrícola. No Brasil, há aproximadamente 3,5 milhões de hectares irrigadas, o que corresponde cerca de 6% da área plantada, responsável por 35% da renda gerada pela agricultura (BRASIL, 2019). O Brasil está entre os países com maior área irrigada do planeta, embora ainda utilize apenas uma pequena parte do seu potencial para a atividade. A região Nordeste é a quarta região em área irrigada, com 16,8% da área irrigada nacional (BRASIL, 2015).

O menor percentual de área irrigada no Nordeste brasileiro ocorre devido à baixa precipitação e altas taxas evaporativas ocasionando escassez hídrica nessa região. Com isso, a irrigação com águas subterrâneas usadas há muitos anos como uma alternativa para o desenvolvimento agrícola. No entanto, as altas concentrações de sais dessas águas torna-se um limitante para o desenvolvimento de culturas sensíveis ao estresse salino, pois o excesso de sais na solução do solo pode diminuir o potencial osmótico, dificultando a absorção de água pelas plantas, e alterações na homeostase iônica (PEREIRA et al., 2020).

O estresse salino é um dos fatores que mais limitam o crescimento e o desenvolvimento na maioria das culturas em regiões semiáridas, devido a redução no potencial osmótico da solução do solo e as alterações nos processos fisiológicos das plantas, como emergência (OLIVEIRA et al., 2020), crescimento (SOUSA et al., 2019), trocas gasosas (SOARES et al., 2018), fluorescência (BRITO et al., 2020), pigmentos fotossintéticos (SILVA et al., 2019), produção e qualidade pós-colheita (SOARES et al., 2020).

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).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), a quantidade de sódio, cálcio, cloreto, potássio e sulfato e outros componentes dissolvidos na água é indicativo da qualidade da água, sendo classificada quanto a condutividade elétrica em relevância ao uso na agricultura

como nenhuma restrição ($CEa < 0,7 \text{ dS m}^{-1}$), moderada ($0,7 > CEa < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$) e severa ($CEa > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$).

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 dS m^{-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.

Estresse salino em quiabeiro

O quiabeiro é classificado como uma planta sensível a salinidade com salinidade limiar de 1,3 dS m^{-1} no extrato de saturação (CAMPOS, 2013). A salinidade da água de irrigação a partir desse nível pode ocasionar efeito deletérios nas plantas, afetando negativamente variáveis de crescimento como altura de plantas e área foliar (PEREIRA et al., 2018), número de folhas (MODESTO et al., 2019) e o acúmulo de fitomassa seca de folhas, de caule e raízes do quiabeiro (NASCIMENTO et al., 2017).

Nascimento et al. (2013) estudando a qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina, observaram que os frutos apresentaram perdas de massa durante o armazenamento e em todos os tratamentos, sendo as maiores reduções observadas sob maior salinidade (2,5 dS m^{-1}). Soares et al. (2020) também verificaram que a salinidade

(2,3 dS m⁻¹) da água de irrigação afetou negativamente o comprimento, peso, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e potencial hidrogênio dos frutos de quiabo.

Alternativas para o cultivo do quiabeiro vêm sendo estudadas no sentido de mitigar os efeitos deletérios da salinidade, fornecendo subsídios para o desenvolvimento produtivo da cultura na região semiárida. Sales et al. (2021) em sua pesquisa avaliando os índices fisiológicos de quiabeiro irrigado com água salina e adubação organomineral, verificaram que os fertilizantes orgânicos e minerais são recomendados em plantações de quiabo em condições salinas. Modesto et al. (2019) analisando o crescimento, a produção e o consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas, verificaram que a produtividade máxima estimada do quiabeiro para as condições analisadas foi de 31,36 t ha⁻¹. De acordo com estes autores, a salinidade limiar da solução nutritiva do quiabeiro em cultivo hidropônico foi de 5,43 dSm⁻¹.

Estudando o estresse salino em mudas de quiabeiro, Goes et al. (2020), ressaltaram que o uso de substrato composto com 50% fibra de coco + 50% vermiculita amenizou os efeitos da salinidade da água sobre o comprimento da radícula, altura de plântula e diâmetro do caule. Paes et al. (2012) ao avaliarem os efeitos da salinidade sobre a produção de frutos do quiabeiro Santa Cruz 47, verificaram que as plantas irrigadas com as lâminas de 100 e 120% e submetida a salinidade de 2,5 dS m⁻¹ obtiveram redução nas variáveis de produção.

Os efeitos da salinidade da água de irrigação no crescimento, produção e consumo de água do quiabo também foram investigados por Ünlükara et al. (2008), avaliando cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,5, 2,5, 3,5, 5,0 e 7,0 dS m⁻¹) verificaram que o aumento dos níveis de salinidade ocasionou reduções no consumo de água da planta de 2,43% por aumento unitário da salinidade.

Tolerância das plantas à salinidade

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). Tais mecanismos definem a tolerância das plantas, os quais são ativados como resposta aos obstáculos que afetem, direta ou indiretamente, o seu crescimento (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

As plantas podem ser classificadas em dois grandes grupos, de acordo com o grau de tolerância aos sais: halófitas e glicófitas (OLIVEIRA JUNIOR, 2017). As halófitas são aquelas que se desenvolvem naturalmente em ambientes com elevadas concentrações salinas, constituídos principalmente por Na^+ e Cl^- , podendo produzir rendimentos aceitáveis nessas condições e as glicófitas que são mais sensíveis a níveis de salinidade relativamente baixos, sendo incapazes de se desenvolver em ambientes com elevadas concentrações salinas (TUTEJA et al., 2011).

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).

Outro mecanismo de tolerância usado pelas plantas é a redução da área foliar, que tem por finalidade de diminuir a superfície transpirante, tendo em vista que as folhas são os órgãos responsáveis pela maior taxa de transpiração e sua redução consiste em um recurso que viabiliza a diminuição da perda de água (OLIVEIRA et al., 2013). Entretanto, o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa pela folha, resultando na conversão da luz em energia química e formação de carboidratos para serem alocados para os demais órgãos da planta (GOMES et al., 2011).

De maneira geral, a adaptação dos vegetais ao estresse salino consiste na habilidade de desenvolverem respostas reguladoras, de forma que excessivas quantidades de sais provenientes do substrato alcancem o protoplasma, e também de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento da concentração de sais (LARCHER, 2000). Ademais, as respostas à salinidade podem variar em função de vários fatores, como o genótipo, estágio de desenvolvimento, composição salina do meio, duração e intensidade do estresse e condições climáticas da região (BRAY et al., 2000).

Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino

Práticas de manejo da irrigação com águas salinas associadas à aplicação de substâncias exógenas pode ser uma importante estratégia para diminuir os impactos que a

salinidade pode ocasionar durante todo o ciclo da planta. Destacando-se o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) por ser uma das espécies reativas de oxigênio (EROs) mais estável, sendo um componente vital para o desenvolvimento, metabolismo e homeostase de diferentes organismos (BIERNERT et al., 2006).

Operóxido 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 conseguinte 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).

Também atua nas células como mensageiro secundário, aumentando o fluxo de íons Ca^{2+} , e modificando o padrão de proteínas e de expressão gênica (BIENERT et al., 2006). De acordo com Silva et al. (2019c) o peróxido de hidrogênio em pequenas concentrações, atua como um sinalizador, pois sua aplicação em baixas concentrações de forma prévia, antes da exposição da planta ao estresse, faz com que, seu sistema de defesa seja ativado, favorecendo uma adaptação rápida as condições adversas.

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.

Pesquisas desenvolvidas com a aplicação de H_2O_2 em plantas submetidas a estresses moderados constataram melhorias nos atributos fisiológicos (VEAL et al., 2007; FORMAN et al., 2010). Em várias culturas foi constatado que o peróxido de hidrogênio atua na aclimação ao estresse salino como, trigo (WAHID et al., 2007), citros (TANOU et al., 2009) e milho (AZEVEDO NETO et al., 2005).

Andrade et al. (2018) avaliando quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 20, 40 e 60 μM) em maracujazeiro-azedo, evidenciaram efeitos benéficos deste composto na concentração de 20 μM tanto em aspectos relacionados ao crescimento e indicadores fisiológicos; assim como em aspectos relacionados ao fruto (diâmetro, acidez titulável e vitamina C).

De acordo com Silva et al. (2019b) a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em concentrações de 25 e 50 μM atenuou os efeitos deletérios do estresse de sais na condutância estomática, taxa de assimilação de CO_2 e conteúdo de clorofila *a* da gravioleira. Resultados semelhantes nas variáveis fisiológicas também foram observados na cultura do maracujazeiro-azedo submetido a diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio na aclimação ao estresse salino. Já Silva et al. (2021) verificaram que as concentrações entre 10 e 30 μM induziram a aclimação do maracujazeiro amarelo ao estresse salino, mitigando os efeitos deletérios da salinidade sobre a taxa de crescimento relativo no diâmetro do caule e área foliar, condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO_2 e eficiência de carboxilação instantânea.

Na cultura da abobrinha, Dantas et al. (2021) também constataram que a concentração de 40 μM mitigou o estresse salino sobre a eficiência de instantânea de carboxilação das plantas cultivadas em sistema hidropônico sob a salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m^{-1} . No feijão-caupi, a concentração de 0,5 mM favoreceu o crescimento e as características fisiológicas das plantas, aos 45 dias após a semeadura (HASAN et al., 2016).

Em outras espécies, como o milho (*Zea mays* L.), a aplicação de H_2O_2 variando de 7 a 8 μmol , foi observada eficiência da aplicação na semeadura e, posteriormente, na pulverização foliar, também promoveu a aclimação ao estresse salino, com os melhores resultados ocorrendo na fase de crescimento inicial (SILVA et al., 2016). Carvalho et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes em arroz (*Oryza sativa* L.), onde o pré-tratamento com baixas doses de 1 μM de H_2O_2 foi capaz de minimizar os efeitos deletérios da salinidade ao induzir a ativação dos sistemas de defesa antioxidante.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área experimental

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo com sombreamento de 70%, durante o período de dezembro de 2020 a março de 2021, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, nas coordenadas geográficas 6°46'13" S, 37°48'06" O e altitude de 193 m. Os dados de temperatura máxima e mínima do ar, precipitação e umidade relativa do ar durante o período experimental estão apresentados na Figura 1.

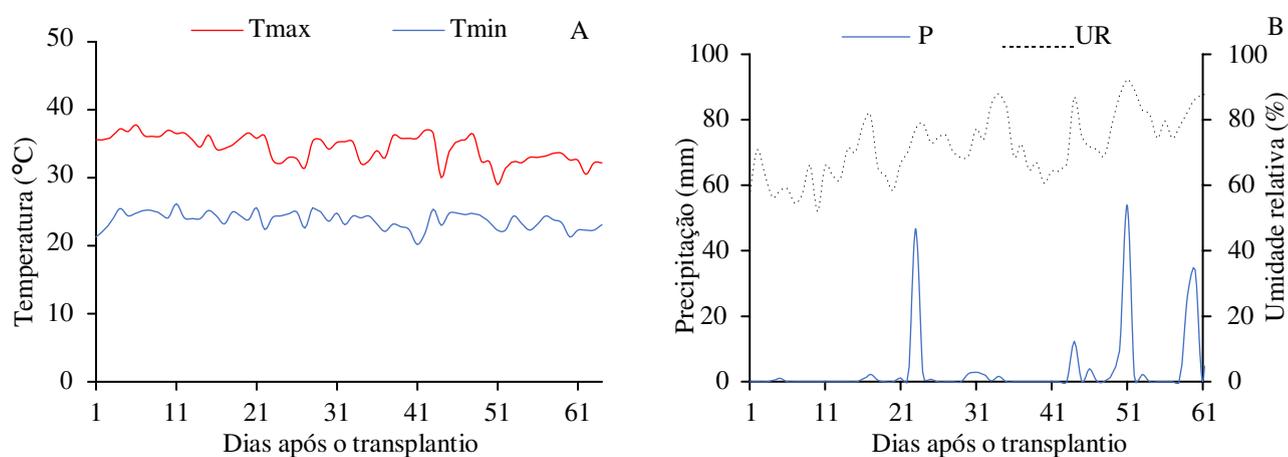


Figura 1. Dados climáticos de temperatura máxima - T max e mínima - T min do ar (A) e precipitação – P e umidade relativa do ar - UR (B) durante o período experimental.

Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x 3, referente a cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹) e três concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (0,25 e 50 μM). A combinação entre os fatores resultou em 15 tratamentos, com cinco repetições e uma planta por parcela. Devido a poucos estudos com H₂O₂ em hortaliças, as concentrações utilizadas nesta pesquisa foram baseadas em trabalhos realizados com abobrinha (DANTAS et al., 2021), maracujazeiro (RAMOS et al., 2021) e graviola (SILVA et al., 2019), enquanto os níveis salinos foram baseados em Soares et al. (2020).

Semeadura

A semeadura foi realizada em bandeja de polietileno com 162 células, com capacidade de 50 ml, utilizando duas sementes por células na profundidade de 0,5 cm (Figura 2A) da cv. Clemson Americano 80, que têm como característica frutos cilíndricos com ponta, sem fibras e de casca verde claro. Os frutos podem ser empregados tanto para consumo fresco, como para processamento na forma de molhos líquidos e desidratados (FISCHER et al., 2014). O substrato utilizado foi obtido pela mistura de solo, areia e esterco bovino curtido na proporção de 2:1:1, respectivamente, nessa fase as plantas foram irrigadas diariamente com água de baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), posteriormente, foi realizado o desbaste de plantas, deixando-se apenas uma planta por célula (Figura 2B).

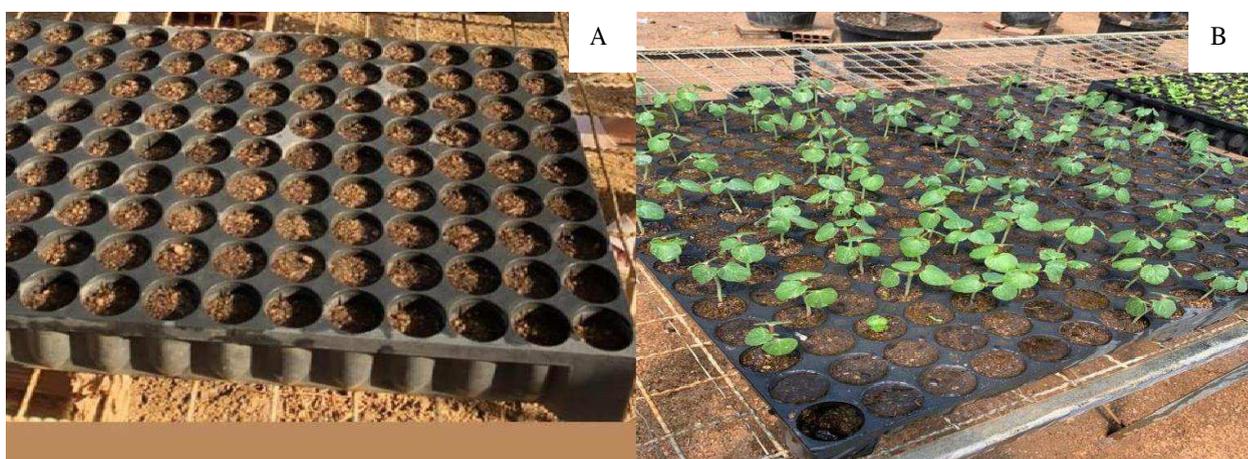


Figura 2. Semeadura em bandejas de polietileno (A) e mudas de quiabeiro cv. Clemson Americano aos 15 dias após a semeadura (B).

Unidade experimental

Aos 20 dias após a semeadura, momento em que as plantas atingiram 10 cm de altura e dois pares de folhas definitivas, foi realizado o transplântio para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com 20 L de capacidade, os quais receberam uma camada de 3 cm de brita sob uma manta geotêxtil cobrindo a base do recipiente, para evitar a obstrução dos drenos pelo material de solo. Na base de cada recipiente, foi instalada uma mangueira de 15 mm de diâmetro, como dreno, acoplada a um recipiente plástico (2 L) para coleta da água drenada. Em seguida, os vasos receberam 22 kg de um NeossoloFlúvico de textura Franco Arenoso, cujas características químicas e físico-hídrica (Tabela 1) foram determinadas de acordo com Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

		Características químicas						
pH H ₂ O)	MO.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
(dS m ⁻¹)	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, MO. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1, 2} referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente

A adubação com NPK (100 mg N kg⁻¹ de solo; 300 mg P₂O₅ kg⁻¹ de solo e 150 mg K₂O kg⁻¹ de solo) foi realizada conforme recomendação de Novais et al. (1991). Foi utilizado como fonte de NPK, a ureia, monoamônio fosfato e o cloreto de potássio, respectivamente, aplicados em cobertura, divididas em três parcelas, sendo a primeira adubação aos 10 dias após o transplante. O fornecimento de micronutrientes foi realizado quinzenalmente, e teve início aos 20 dias após o transplante com o produto comercial Micro Rexene[®] contendo: Mg - 1,2%; B - 0,85%; Zn - 4,2%; Fe - 3,4%; Mn - 3,2%; Cu - 0,5% e Mo - 0,06%. Os vasos foram dispostos em fileiras simples espaçadas de 1,5 m e 1,0 m entre plantas na fileira (Figura 3).



Figura 3. Vista externa da área experimental (A) e distribuição das parcelas experimentais (B).

Preparo das águas de irrigação

A água de menor condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) foi obtida do sistema público de abastecimento de Pombal-PB e os demais níveis de CEa foram preparadas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) considerando a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme Eq. 1:

$$C (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}) = 10 \times \text{CEa} (\text{dS m}^{-1}) \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

C = concentração de sais a ser aplicado ($\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$); e,

CEa = condutividade elétrica da água (dS m^{-1})

Manejo de irrigação

Antes do transplante elevou-se o teor de umidade do solo ao nível correspondente a capacidade máxima de retenção de água, sendo as irrigações realizadas diariamente com água de baixa condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) até os 17 DAT. Após este período iniciou-se a irrigação com os diferentes níveis salinos, com turno de rega de um dia, cuja lâmina aplicada foi determinada com base na lisimetria de drenagem de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração de lixiviação a cada 15 dias, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9 para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, visando promover a lixiviação do excesso de sais na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Eq. 2).

$$V_i = \frac{V_A - V_D}{1 - FL} \dots\dots\dots (2)$$

Em que:

V_i - volume de água a ser usado no evento de irrigação (L);

V_a - volume aplicado no evento de irrigação anterior (L);

V_d - volume drenado (L); e,

FL - coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de 10%.

Tratos culturais e fitossanitários

O controle fitossanitário foi realizado por intervenções químicas, com aplicações preventivas de defensivos comerciais, como inseticidas e fungicidas, utilizando-se de pulverizador manual de compressão prévia. Para o controle de plantas invasoras nos

lisímetros, foram efetuadas capinas manuais com o objetivo de neutralizar a competição interespecífica por água e nutrientes.

Preparo das soluções de peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

A solução estoque do peróxido de hidrogênio foi obtida pela diluição do H₂O₂ – 30% em água deionizada, armazenada em recipientes plásticos revestidos com papel alumínio e conservados em ambiente refrigerado com temperatura < 23°C. Após o transplante, as plantas receberam, conforme tratamento, a aplicação exógena do peróxido de hidrogênio via pulverização foliar com início ao anoitecer, sendo realizada de forma manual com um borrifador, visando obter o molhamento completo das folhas (faces abaxial e adaxial), no intervalo de 15 dias após transplante e 72 horas antes do início da aplicação dos níveis salinos, conforme seus respectivos tratamentos, totalizando três aplicações. Durante aplicação dos tratamentos, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva sobre as plantas vizinhas.

Variáveis analisadas

Parâmetros fisiológicos

As trocas gasosas foram mensuradas aos 75 dias após transplante (DAT) através da condutância estomática - g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ - C_i (mmol mol^{-1}), transpiração - E ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e taxa assimilação de CO₂ - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Com esses dados foram determinadas a eficiência instantânea no uso da água - $EiUA$ (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})$] com um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser, modelo LCpro – SD da ADC Bioscientific, UK).

Variáveis de crescimento

Nesta mesma época foi avaliado o crescimento do quiabeiro, sendo determinados:

a) Número de folhas (NF)

Na contagem, foram consideradas as folhas maduras com comprimento superior a 3 cm e com coloração característica da cultivar.

b) Área foliar (AF)

Determinada com auxílio de uma régua graduada, sendo o somatório da área foliar da planta mensurado de acordo com a metodologia estabelecida por Fideles Filho et al. (2010), conforme Eq. 3:

$$AF = \sum 0,7254 (x)^{2,08922} \quad (3)$$

Em que:

AF - área foliar por planta (cm²); e,

x - comprimento da nervura principal da respectiva folha (cm);

c) Altura da planta (AP)

Comprimento da parte aérea, em centímetros, do nível do solo (colo da planta) até a gema apical do ramo principal.

d) Diâmetro do caule (DC)

Determinado a 2 cm do solo, com uso de paquímetro digital, com leituras em 'mm'.

Produção de fitomassa

Ao final do ciclo da cultura, aos 82 DAS, coletaram-se as plantas, separando-as em folhas, caules e raízes, para serem acondicionadas as partes em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante; posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR), cujo somatório da FSF e de FSC resultou na fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e relação raiz/parte aérea (R/PA).

Componentes de produção

Aos 59 DAT iniciaram as colheitas dos frutos manualmente à medida que se mostravam com a coloração verde típica dos frutos maduros, durante um período de 23 dias, totalizando 14 colheitas. Foram contabilizados: o número de frutos por planta (NFP), o comprimento médio do fruto (CMF), o peso médio de fruto (PM) e a produção por planta (PP). O comprimento do fruto foi medido a partir da ponta do fruto até o seu ponto de inserção do pedúnculo (Figura 4A). Os frutos obtidos em cada colheita foram levados à balança de precisão (0,01g), mensurando-se a massa de matéria fresca dos mesmos (Figura 4B).



Figura 4. Determinação do comprimento do fruto (A) e do peso médio de fruto (B).

Consumo hídrico e eficiência do uso da água

O consumo hídrico acumulado foi calculado a partir do somatório do consumo hídrico diário, por unidade experimental, registrados durante os 82 dias de condução do experimento. O consumo hídrico médio foi calculado pela média aritmética de cada tratamento aplicado.

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada como a razão direta entre a produção (massa fresca dos frutos) e o consumo hídrico acumulado até o final do ciclo de produção (Eq. 4).

$$EUA = \frac{Y_p}{CH_{acum}} \quad (4)$$

Em que:

EUA - eficiência do uso da água da produção do quiabeiro ($g L^{-1}$);

Y_p - massa de matéria fresca dos frutos (g por planta); e,

CH_{acum} - consumo hídrico acumulado por período (L^{-1} por planta).

4.0. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de condutividade elétrica da água e teste de comparação de médias (Tukey) para as concentrações de H_2O_2 , utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos níveis salinos da água (NS) sobre a condutância estomática (gs), a transpiração (E) e taxa de assimilação de CO_2 (A) das plantas de quiabeiro (Tabela 3). As concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) afetaram de forma significativa todas as variáveis estudadas. A interação entre os fatores (NS \times H_2O_2) influenciou de forma significativa todas as variáveis de trocas gasosas, exceto a eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) do quiabeiro, aos 75 dias após o transplântio.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO_2 (Ci), taxa de assimilação de CO_2 (A) eficiência instantânea no uso da água ($EiUA$) e eficiência instantânea de carboxilação ($EiCi$) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80 cultivadas com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio, aos 75 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		gs^1	E	Ci	A^1	$EiUA$	$EiCi^1$
Níveis salinos (NS)	4	0,003*	0,28*	160,61 ^{ns}	16,23*	0,76 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,01**	0,66**	77,76 ^{ns}	33,15*	0,008 ^{ns}	0,01**
Regressão Quadrática	1	0,001 ^{ns}	0,40*	17,14 ^{ns}	14,36 ^{ns}	2,59*	0,0006 ^{ns}
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	2	0,01**	1,53**	1070,56*	74,87**	2,27*	0,008**
Interação (NS \times H_2O_2)	8	0,002*	0,35**	1172,79**	19,59**	0,62 ^{ns}	0,003**
Blocos	4	0,001 ^{ns}	0,42	520,74 ^{ns}	4,11 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,001 ^{ns}
CV (%)		10,35	6,92	11,16	7,83	9,48	13,88
Média		0,34	4,33	154,08	30,76	7,13	0,20

^{ns}, *, ** respectivamente não significativos e significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade; ¹dados transformados em \sqrt{x}

A condutância estomática (Figura 5A) diminuiu linearmente com o aumento da salinidade da água nas plantas de quiabeiro cultivadas sob as concentrações de 0 e 25 μM de H_2O_2 . Pelas equações de regressão (Figura 5A) verifica-se reduções na gs de 4,33 e 3,50% por incremento unitário da CEa, respectivamente, nas plantas que receberam as concentrações de 0 e 25 μM . Enquanto, que as plantas que receberam a concentração de 50 μM de H_2O_2 obtiveram um valor médio de gs ($0,344 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Denota-se que o incremento salino tenha promovido o fechamento dos estômatos e conseqüentemente á diminuição da gs pois, as células estomáticas, recebem água e quando se torna túrgidas ocorre a abertura do ostíolo, porém quando as plantas não conseguem absorver água do solo, logo afeta tal mecanismo, ocasionado pelo efeito osmótico. O fechamento estomático é uma estratégia para evitar a perda de água para o meio e manter o status hídrico elevado na célula (DIAS et al., 2019). Diminuição na gs em plantas cultivadas sob salinidade da água também foram observados em

outras culturas, como milho verde (LACERDA, 2015), feijão-caupi (OLIVEIRA et al., 2017) e abobrinha (DANTAS et al., 2021).

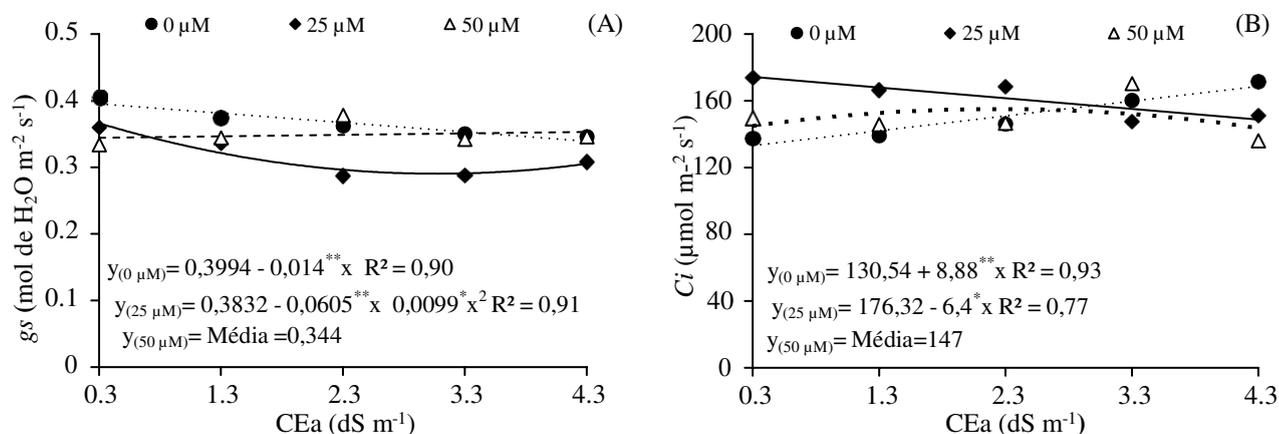


Figura 5. Condutância estomática- g_s (A) e concentração interna de CO_2 - C_i (B) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação-CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 75 após o transplantio.

Verifica-se aumento na concentração interna de CO_2 nas plantas submetidas a 0 μM de H_2O_2 em resposta ao incremento nos níveis de CEa (Figura 5B), cujo o aumento foi de 6,80% por incremento unitário da CEa. Esse aumento na C_i , mesmo com a diminuição na condutância estomática nas plantas de quiabeiro cultivadas sob menor CEa na (Figura 5A) pode ser atribuída não somente ao fechamentos dos estômatos que restringe a difusão do CO_2 na câmara subestomática (ALAM et al., 2015), sendo a disponibilidade de CO_2 a ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase prejudicada, o que predispõe o aparato fotossintético ao aumento da dissipação de energia e à regulação negativa da fotossíntese quando as plantas são submetidas à alta luz e temperatura (CHAVES et al., 2009).

Dantas et al. (2021) em pesquisa avaliando as trocas gasosas em abobrinha italiana cultivada sob salinidade de soluções nutritivas em sistema hidropônico e aplicação foliar de H_2O_2 , também verificaram que a concentração interna de CO_2 diminuiu com o aumento dos níveis salinos, sendo a redução de 4,04% por incremento unitário da CESn. A diminuição na C_i é um indicativo que o CO_2 fixado na célula do mesofilo está sendo consumido na síntese de açúcares durante o processo fotossintético (DIAS et al., 2018). Calvacante et al. (2019) ao avaliarem as trocas gasosas de plantas de pimentão cv. All Big cultivadas sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn de 1,7 a 11,7 $dS\ m^{-1}$) em

hidroponia também verificaram que ocorreu redução na concentração interna de CO_2 com o aumento nos níveis de CEsn.

Já as plantas que receberam a concentração de $25 \mu\text{M H}_2\text{O}_2$, tiveram a C_i reduzida como aumento da salinidade, com decréscimo de 3,62% por aumento unitário da CEa. De acordo com Sousa et al. (2019), o aumento da salinidade interfere negativamente na abertura estomática, afetando a concentração interna de CO_2 e a taxa de assimilação líquida de CO_2 que pode ser influenciada também pela diminuição da área foliar e pelos danos fotoquímicos causados pelo Na^+ e íons Cl^- . Os dados de C_i das plantas submetidas à concentração de $50 \mu\text{M H}_2\text{O}_2$ não se ajustaram aos modelos testados, obtendo-se valor médio de $147 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

A transpiração também foi influenciada pela interação entre os fatores ($\text{NS} \times \text{H}_2\text{O}_2$). Através das equações de regressão (Figura 6A) observa-se que a E das plantas que receberam 0 e $25 \mu\text{M}$ de H_2O_2 diminuiu de forma linear com o incremento nos níveis de salinidade da água, cujas reduções foram de 1,93 e 4,36% por aumento unitário da CEa. As plantas submetidas às concentrações de 0 e $25 \mu\text{M}$ de H_2O_2 e irrigadas com CEa de $4,3 \text{ dSm}^{-1}$ reduziram a transpiração em 7,78 e 17,67%, respectivamente, em relação aquelas cultivadas sob o menor nível salino ($0,3 \text{ dSm}^{-1}$).

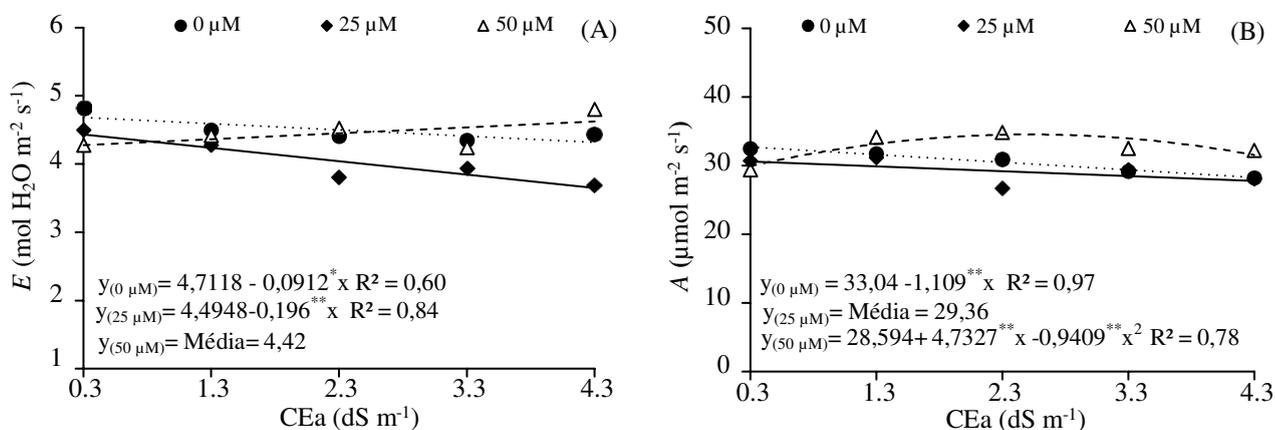


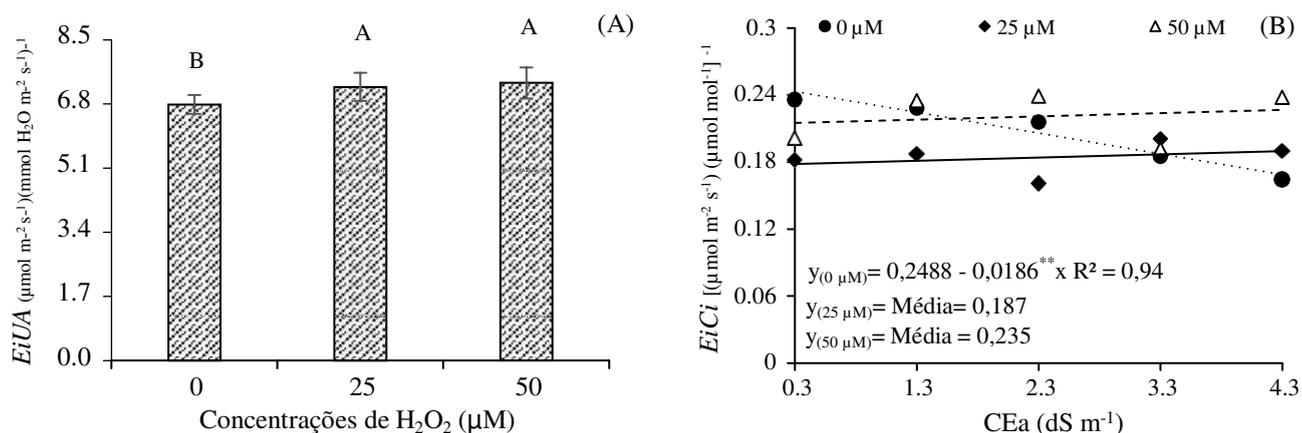
Figura 6. Transpiração- E (A) e taxa de assimilação de CO_2 – A (B) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação- CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 75 após o transplantio.

Já as plantas que receberam a concentração de $50 \mu\text{M}$ de H_2O_2 os dados não se ajustaram aos modelos de regressão testados, contudo, obtiveram uma transpiração média de $0,344 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 6B). A redução da transpiração pode está relacionado ao baixo

potencial hídrico das raízes ocasionado pelo estresse osmótico, que promove mudanças fisiológicas nas plantas como, fechamento dos estômatos, com consequente diminuição da transpiração. A redução da transpiração também se destaca como uma forma de evitar a desidratação das folhas pela perda de água para atmosfera (LIMA et al., 2017).

A taxa de assimilação de CO₂ (Figura 6B) das plantas cultivadas sem aplicação foliar de H₂O₂ (0 μM) reduziu de forma linear, cujo decréscimo foi de 3,35% por incremento unitário da CEa. Essa diminuição na *A* pode ser explicada pela redução da condutância estomática, pois esse controle da abertura e fechamento dos estômatos favorece entrada de CO₂ no mesofilo foliar, contribuindo para aumentar a concentração interna de CO₂, isto é, o substrato para fotossíntese (SILVA et al., 2019a). As plantas que receberam aplicação foliar de 25 μM de H₂O₂ obtiveram valor médio de 29,36 μmol m⁻² s⁻¹. As plantas de quiabeiro submetidas a 50 μM de H₂O₂ obtiveram o valor máximo estimado de *A* sob salinidade da água de 2,3 dS m⁻¹, havendo redução a partir desse nível de CEa. Os efeitos benéficos do peróxido de hidrogênio podem está relacionados, pelo fato de funcionar como moléculas sinalizadoras e atuar na regulação de diversas vias, incluindo respostas ao estresse salino. O H₂O₂ pode ser encontrado na literatura como um regulador de diversos mecanismos, estando sob condições de estresse bióticos ou abióticos (OROZCO-CÁRDENAS et al., 2001; MALOLEPSZA; RÓZŹYALSKA, 2005).

Para eficiência instantânea no uso da água (Figura 7A), nota-se que as plantas que receberam aplicação foliar de 25, e 50 μM de H₂O₂ tiveram a *EiUA* superior estaticamente as plantas cultivadas sem H₂O₂ (0 μM). Contudo, ao comparar a *EiUA* das plantas que recebera 25 e 50 μM, observa-se que não houve diferença significativas entre si. De acordo com Carvalho et al. (2011) a pré exposição das plantas a metabólitos sinalizadores como o H₂O₂, pode resultar numa sinalização metabólica na célula, ou seja, aumento de metabólitos ou enzimas antioxidativas e, portanto, resultar num melhor desempenho fisiológico, quando estiveram expostas as condições de estresse mais severo. Nesse caso observa-se que as concentrações de peróxido conseguiram atenuar os efeitos deletérios nas plantas, contribuindo na assimilação de CO₂ com perdas mínimas de água para atmosfera.



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 7. Eficiência instantânea no uso da água – *EiUA* das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 (A) e eficiência instantânea de carboxilação – *EiCi* (B) em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água – CEA e das concentrações de H_2O_2 , aos 75 dias após o transplântio.

Com relação à eficiência instantânea da carboxilação das plantas de quiabeiro (*EiCi*), observa-se efeito negativo da salinidade da água de irrigação na ausência de H_2O_2 . De acordo com a equação de regressão (Figura 7B), observa-se redução na *EiCi* de 7,23% por incremento unitário da CEA, ou seja, diminuição de 30,58% nas plantas irrigadas com água de maior salinidade ($4,3 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao menor nível salino ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). A redução na *EiCi* é um indicativo de que fatores de origem não estomáticos também influenciaram na atividade fotossintética das plantas, como baixa atividade da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), provavelmente devido à limitada disponibilidade de substrato (ATP e NADPH) para a ativação e a regeneração da enzima (HUSSAIN et al., 2012). Em estudo Silva et al. (2019a) avaliando os efeitos do estresse salino e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nos parâmetros fotossintéticos da gravioleira, observaram redução na eficiência instantânea da carboxilação de 18,49% por incremento unitário da condutividade elétrica da água, ou seja, reduções de 59,47%, em plantas irrigadas com água de maior salinidade ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao menor nível salino ($0,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores ($NS \times H_2O_2$) para a altura de plantas e diâmetro de caule do quiabeiro (Tabela 3). Os níveis de salinidade da água influenciaram de forma significativa todas as variáveis mensuradas, aos 75 dias após o transplântio. As concentrações de peróxido de hidrogênio promoveram diferença significativa

apenas para o número de folhas e área foliar do quiabeiro. Modesto et al. (2019) em pesquisa analisando o consumo hídrico, o crescimento, a produção e a qualidade do quiabeiro, submetido a diferentes níveis de condutividade elétrica em sistema hidropônico, também observaram que o crescimento vegetativo do quiabeiro foi afetado significativamente pela condutividade elétrica da solução nutritiva.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC, mm), número de folhas (NF) e área foliar (AF) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80 cultivado com águas de distintas salinidades e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 75 dias após o transplântio (DAT).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AP	DC	NF	AF
Níveis salinos (NS)	4	1674,68 ^{**}	28,14 ^{**}	259,05 ^{**}	2296649,65 ^{**}
Regressão linear	1	6415,74 ^{**}	108,22 ^{**}	1008,80 ^{**}	6681759,64 ^{**}
Regressão quadrática	1	212,00 ^{**}	1,00 ^{ns}	2,976 ^{ns}	2141843,89 ^{**}
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	2	12,97 ^{ns}	0,47 ^{ns}	52,92 ^{**}	1368,75 ^{ns}
Interação (NS × H ₂ O ₂)	8	68,50 ^{**}	3,54 ^{**}	14,00 ^{ns}	280458,11 ^{ns}
Blocos	4	10,28 ^{ns}	0,30 ^{ns}	13,58 ^{ns}	390656,05 [*]
CV (%)		5,19	5,71	17,61	15,17
Média		62,10	16,91	15,96	2426,35

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

O aumento da CEa afetou de forma negativa a altura de plantas do quiabeiro, aos 75 DAT e de acordo com as equações de regressão (Figura 8A) verifica-se redução linear na altura das plantas cultivadas sob as concentrações de 0,25 e 50 μM de H₂O₂, sendo os decréscimos de 10,34; 6,74 e 8,18% por aumento unitário da CEa. A redução no crescimento em AP pode estar relacionada à deficiência hídrica, induzida pelo efeito osmótico, promovendo o fechamento dos estômatos, conseqüentemente, 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). Lima et al. (2020) estudando o crescimento do quiabeiro cv. Valença em função da irrigação com águas salinas (CEa variando de 0,3 a 3,1 dS m^{-1}), verificaram que a altura das plantas de quiabeiro diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação, aos 45 dias após o semeio.

Ressalta-se que a redução no crescimento em AP foi mais acentuada nas plantas que não receberam aplicação foliar de H₂O₂. Denota-setal resposta demonstra a eficiência da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) na aclimação das plantas ao estresse

salino. Infere-se que o quiabeiro não manteve sua taxa de crescimento, pois foi incapaz de realizar o ajustamento osmótico na raiz para manutenção da absorção de água e não foi eficiente na manutenção da homeostase iônica dentro dos tecidos, conforme relatado por Zanetti et al. (2019) para os quais esses são mecanismo fundamentais para o crescimento da planta em condições de estresse salino.

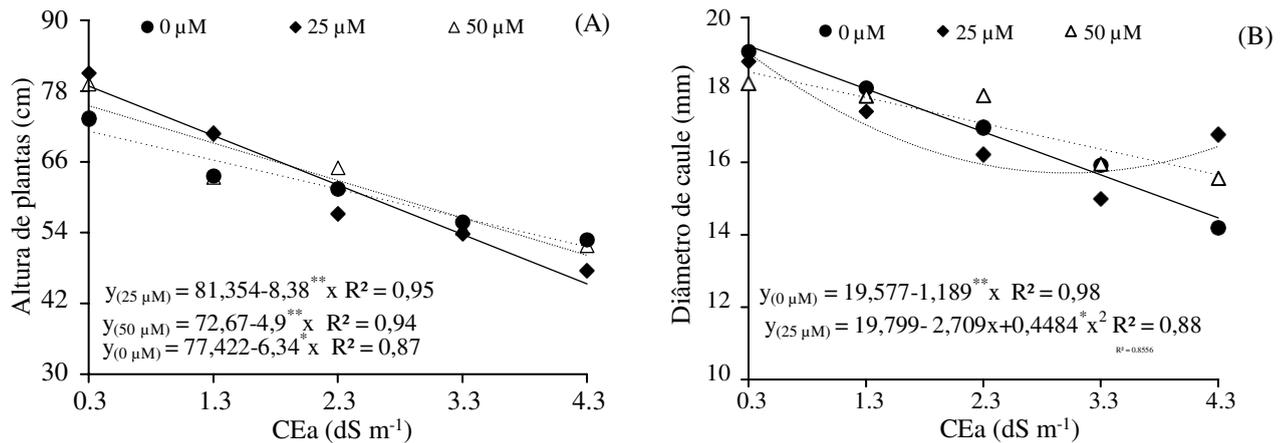


Figura 8. Altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂, aos 75 dias após a transplântio.

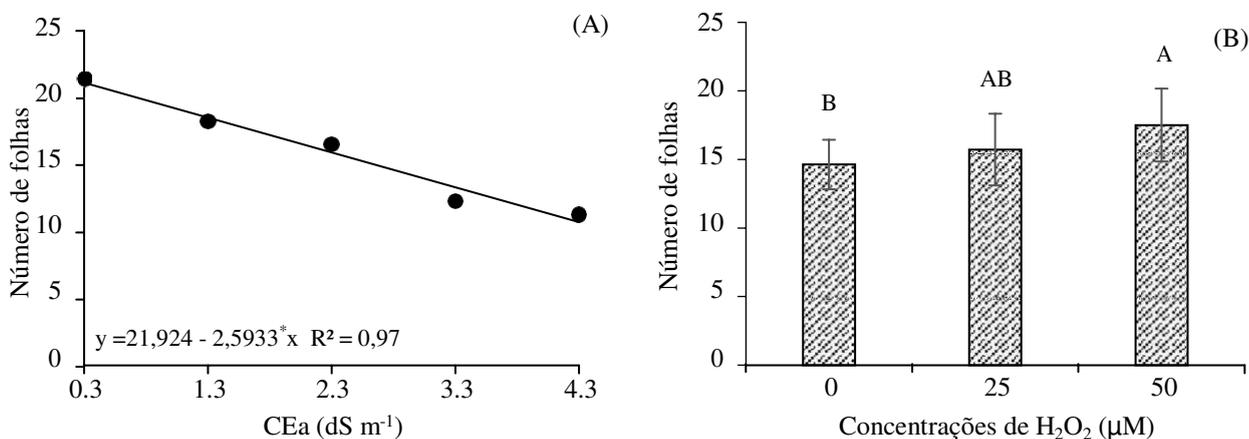
O diâmetro do caule das plantas de quiabeiro (Figura 8B) submetidas às concentrações de 0 e 50 μM de H₂O₂ decresceu de forma linear com o aumento da salinidade da água, cujos decréscimos foram de 6,07 e 3,80%, respectivamente, por incremento unitário da CEa. Ao comparar as plantas sob aplicação foliar de 0 e 50 μM de H₂O₂ e irrigadas com salinidade de 4,3 dS m⁻¹ em relação as cultivadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹, verifica-se redução de 4,75 e 2,85 mm, respectivamente. As plantas que receberam 25 μM de H₂O₂ obtiveram o valor máximo estimado de 16,8 mm, quando foram irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹. Denota-se que o excesso de sais na zona radicular, em geral, causa um efeito depressivo no crescimento das plantas devido ao dispêndio energético em decorrência de várias alterações metabólicas, como a peroxidação de lipídios, redução no teor de clorofila, aumento da síntese de espécies reativas de oxigênio e atividade enzimática antioxidante (FREIRE et al., 2016).

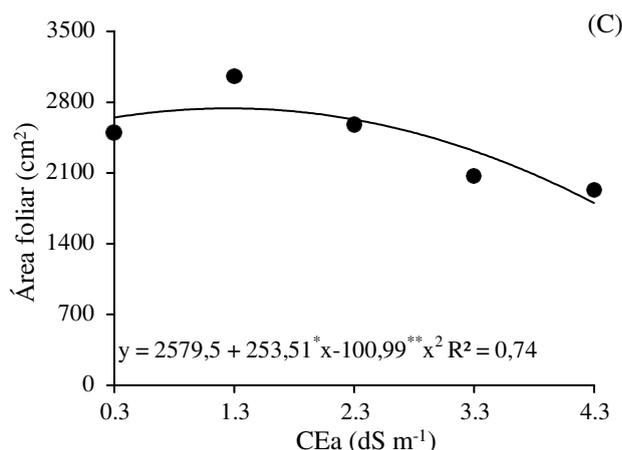
No entanto, pode-se notar que em altas concentrações o peróxido de hidrogênio foi prejudicial para o diâmetro do caule de plantas de quiabeiro possivelmente devido a mudanças que ocorrem em seu metabolismo, especialmente como consequência do estresse oxidativo, levando a restrição de processos fotossintéticos (CATTIVELLI et al., 2008). De acordo com

Farooq et al. (2017) o peróxido de hidrogênio é a espécie reativa de oxigênio mais estável em células e, em altas concentrações, pode se espalhar rapidamente através a membrana subcelular, resultando em dano oxidativo para a membrana celular.

Em pesquisa com o maracujazeiro-amarelo, Silva et al. (2021) observaram que aplicação de H_2O_2 em altas concentrações, casou efeito negativo nas variáveis taxas de crescimento absoluto e relativo, com os menores valores obtidos nas plantas que receberam a concentração de 75 μM . Andrade et al. (2019a) ao avaliarem o crescimento em diâmetro do caule de plantas de maracujazeiro amarelo sob irrigação com águas salinas preparadas com $Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ na proporção de 7:2:1 e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (variando de 0 a 60 μM), também verificaram que o DC foi negativamente afetado pela irrigação com águas com CEa a partir de 2,8 $dS m^{-1}$.

O número de folhas (NF) do quiabeiro, também foi afetado negativamente pela irrigação com águas salinas (Figura 9A), sendo a redução de 11,82% por incremento unitário da CEa. Ao comparar o NF das plantas submetidas à CEa de 4,3 $dS m^{-1}$ em relação as irrigadas com o menor nível de condutividade elétrica, observa-se diminuição de 50,9%. A redução do número de folhas em plantas submetidas ao estresse salino é considerada uma estratégia de proteção e/ou aclimatação à alta salinidade, como forma de minimizar as perdas de água através do processo de transpiração e manutenção de alto potencial hídrico na célula (NASCIMENTO et al., 2019). Bezerra et al. (2018) atribuem a menor emissão de folhas a uma alteração morfológica ou anatômica para manter a absorção de água e nutrientes em condições salinas e reduzir a transpiração e manter maior potencial hídrico celular. Lima et al. (2020) também verificaram que o aumento da salinidade da água de 0,3 para 3,1 $dS m^{-1}$ reduziu o número de folhas do quiabeiro cv. Valença, aos 70 dias após o semeio. Conforme estes autores a redução na emissão foliar é resultado das restrições hídricas ocasionadas pelo excesso de sais na solução do solo.





Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 9. Número de folhas do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) das concentrações de peróxido de hidrogênio- H_2O_2 (B) e área foliar (C) em função dos níveis de CEa, aos 75 dias após semeadura (DAS)

Com relação aos efeitos das concentrações de H_2O_2 sobre o número de folhas (Figura 9B) observa-se que as plantas submetidas a concentração de $50 \mu M$ tiveram um NF superior estatisticamente ao das que foram cultivadas na ausência de H_2O_2 ($0 \mu M$). Contudo, ao comparar o NF das plantas que receberam a aplicação exógena de 25 e $50 \mu M$, nota-se que não houve diferença significativa entre si. A aplicação de H_2O_2 em concentrações baixas, com o pré-tratamento antes da submissão de plantas a estresses abióticos, tem funcionado na ativação de respostas fisiológicas que permitem a tolerância das plantas a diferentes tipos de estresse (TERZI et al., 2014), devido o acúmulo de proteínas solúveis, carboidratos solúveis e NO_3^- e pela redução dos teores de Na^+ e Cl^- nas plantas (GONDIM et al., 2011).

A área foliar do quiabeiro também foi afetada pela salinidade da água e através da equação de regressão (Figura 9C) verifica-se que o valor máximo estimado de AF ($2738,39 \text{ cm}^2$) foi obtido nas plantas cultivadas sob CEa de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, decrescendo a partir deste nível salino e alcançando o valor mínimo de $1802,28 \text{ cm}^2$ sob salinidade da água de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$. A redução da área foliar em função do aumento da CEa, constitui uma das respostas iniciais da planta ao estresse salino e pode está relacionada à diminuição na divisão celular e expansão da superfície da folha (LIMA et al., 2017). Nessas condições, as plantas atrasam a emissão de folhas e desativam parte de sua área foliar, através da abscisão foliar, na tentativa de reduzir a perda de água por transpiração (DIAS et al., 2017). O excesso de sais na água também diminui a capacidade das plantas absorverem água e nutrientes, causando, de imediato, redução no crescimento e interferência nos no aparato fotossintético, de translocação de

carboidratos para tecidos drenos e no desvio de fontes de energia para outros processos, tais como: ajustamento osmótico, síntese de solutos compatíveis, reparo dos danos causados pela salinidade e manutenção dos processos metabólicos básicos (LUCENA et al., 2012).

Houve efeito significativo da interação entre os níveis salinos (NS × H₂O₂) para fitomassa seca de caule (FSC) de raiz (FSR) e relação raiz/parte aérea (R/PA) das plantas de quiabeiro (Tabela 4). Os níveis salinos da água afetaram significativamente todas as variáveis analisadas. Já as concentrações de peróxido de hidrogênio influenciaram de forma significativa a FSF, FSR e R/PA.

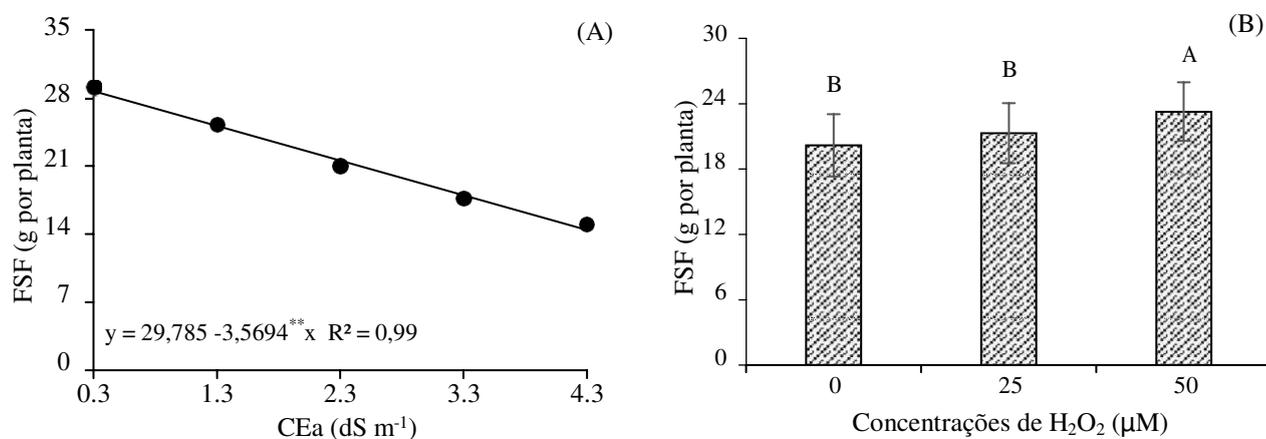
Tabela 4. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC), de raízes (FSR) e relação raiz/parte aérea (R/PA) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 82 dias após o transplântio (DAT).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		FSF	FSC	FSR	R/PA
Níveis salinos (NS)	4	480,87 ^{**}	593,06 ^{**}	1163,05 ^{**}	0,14 ^{**}
Regressão Linear	1	1911,16 ^{**}	2340,13 ^{**}	4608,83 ^{**}	0,56 ^{**}
Regressão Quadrática	1	9,62 ^{ns}	30,83 [*]	22,68 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	2	61,38 ^{**}	35,26 ^{ns}	122,27 ^{**}	0,07 ^{**}
Interação (NS × H ₂ O ₂)	8	5,31 ^{ns}	26,99 ^{**}	103,80 ^{**}	0,04 ^{**}
Blocos	4	4,40 ^{ns}	4,19 ^{ns}	13,87 ^{ns}	0,004 ^{ns}
CV (%)		9,36	14,00	15,64	16,59
Média		21,57	18,71	17,31	0,40

^{ns}, ^{*}, ^{**}, respectivamente não significativos e significativo a p < 0,05 e < 0,01; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade

A fitomassa seca de folhas do quiabeiro foi afetada de forma negativa pelo aumento nos níveis de condutividade elétrica da água (Figura 10A), com redução de 11,98% por incremento unitário da CEa. Comparando-se a FSF das plantas submetidas à CEa de 4,3 dS m⁻¹ em relação as que estavam sob irrigação com o menor nível de condutividade elétrica (0,3 dS m⁻¹), nota-se redução de 49,72% (14,27 g por planta). A diminuição no acúmulo de fitomassas é reflexo das alterações que ocorreram nas trocas gossas e no crescimento das plantas. O excesso de sais diminui o estado da energia livre da água no ambiente radicular e a disponibilidade hídrica e de nutrientes as planta e, compromete a atividade meristemática, alongamento celular e conseqüentemente a expansão das folhas (SILVA et al., 2020). As altas concentrações de sais na água também provocam distúrbios na permeabilidade da membrana e alterações na homeostase iônica, geração de estresse oxidativo ou inibição de atividade de

enzimas antioxidantes (SHANKAR et al., 2016).



Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Figura 10. Fitomassa seca de folhas – FSF das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio-H₂O₂ (B), aos 82 dias após o transplantio.

Ao analisar os efeitos das concentrações de H₂O₂ sobre a fitomassa seca de folhas de quiabeiro (Figura 10B), observa-se que as plantas submetidas à aplicação foliar de 50 μM de H₂O₂ tiveram um NF superior estatisticamente ao das que receberam 0 e 25 μM de H₂O₂. A aplicação de H₂O₂ pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que atuam como solutos orgânicos, contribuindo para o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, favorecendo maior absorção de água e nutrientes (CARVALHO et al., 2011). Dependendo da sua concentração, o H₂O₂ pode controlar diversos processos celulares e promover melhoras no desenvolvimento das plantas (DAS; ROYCHOUDHURY, 2014).

A fitomassa seca do caule das plantas de quiabeiro foi afetada pela interação entre os fatores (NS × H₂O₂) e, pelas equações de regressão (Figura 11A) nota-se que as plantas submetidas às concentrações de 0 e 25 μM de H₂O₂ reduziram de forma linear o acúmulo de FSC, com declínios de 15,00 e 16,31% por incremento unitário, respectivamente. Com relação às plantas cultivadas sob aplicação foliar de 50 μM (Figura 11A) verifica-se que o valor máximo estimado para a FSC (25,95 g por planta) foi obtido sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹. Apesar da redução no acúmulo de fitomassa com o aumento da salinidade da água, constata-se que as plantas que receberam 50 μM de H₂O₂ obtiveram maior FSC.

De acordo com Forman et al. (2010) a pré-exposição das plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores tais como o H_2O_2 , pode resultar em sinalização metabólica na célula (aumentos metabólitos e/ou de enzimas antioxidativas) e, portanto, em melhor desempenhos fisiológico e metabólico, quando as plantas são expostas as condições de estresses mais severo, resultando em maior tolerância das planta são estresse salino. Segundo Farouke Amira (2018) a aplicação de H_2O_2 em concentrações adequadas pode favorecer as plantas maior absorção de água e nutrientes, favorecendo o crescimento das plantas.

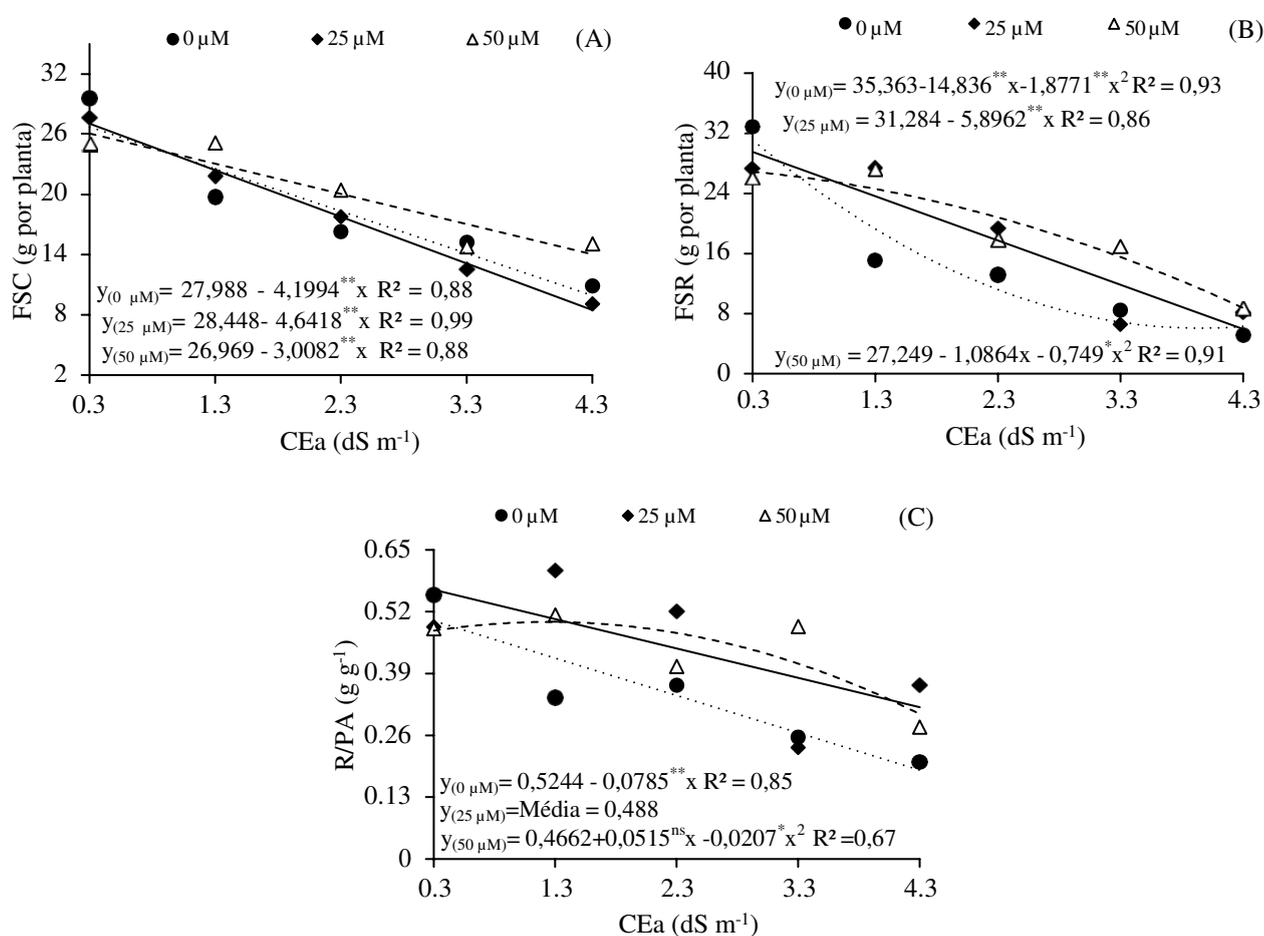


Figura 11. Fitomassa seca do caule – FSC (A), de raízes - FSR (B) e relação raiz/aérea- R/PA (C) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 , aos 82 dias após o transplantio.

A fitomassa seca de raiz das plantas de quiabeiro também foi influenciada pela

interação entre os fatores (NS \times H₂O₂). Semelhante ao observado para FSF (Figura 10A), as plantas submetidas às concentrações de 25 μ M de H₂O₂ reduziram a FSR de forma linear, com diminuição de 18,84% por aumento unitário da CEa. As plantas que receberam aplicação de 0 e 50 μ M de H₂O₂ obtiveram os valores máximos estimados de e 30,74 e 26,85 g por planta, respectivamente, sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹, decrescendo a partir deste nível de CEa. A redução no acúmulo de fitomassas em função do estresse ocasionado pela salinidade da água pode ser uma estratégia de tolerância da planta, com o propósito de reduzir a absorção dos íons tóxicos, possibilitando uma homeostase iônica no metabolismo vegetal (SÁ et al., 2013).

A relação raiz/parte aérea (R/PA) das plantas cultivadas sob aplicação foliar de 0 μ M de H₂O₂ decresceu linearmente com o aumento da salinidade da água (Figura 11C), com diminuição de 14,96% por incremento unitário da CEa. A R/PA das plantas submetidas à aplicação de 25 μ M de H₂O₂ não se ajustaram aos modelos testados, obtendo-se o valor médio de 0,488 g g⁻¹. Já as plantas cultivadas sob aplicação foliar de 50 μ M de H₂O₂ alcançaram o valor máximo estimado para R/PA (0,498 g g⁻¹) sob salinidade da água de 1,4 dS m⁻¹. O aumento na concentração de sais na água de irrigação alterou o particionamento de fitomassa seca na planta, estabelecendo uma competição pela distribuição de fotoassimilados entre a parte aérea e as raízes (PEREIRA et al., 2020). Por outro lado, a aplicação foliar de H₂O₂ pode induzir a tolerância das plantas á salinidade pela ativação do sistema de defesa de enzimas antioxidantes, como o superóxido dismutase, catalase, guaiacol peroxidase e as corbatoperoxidase (AZEVEDO NETO et al., 2005).

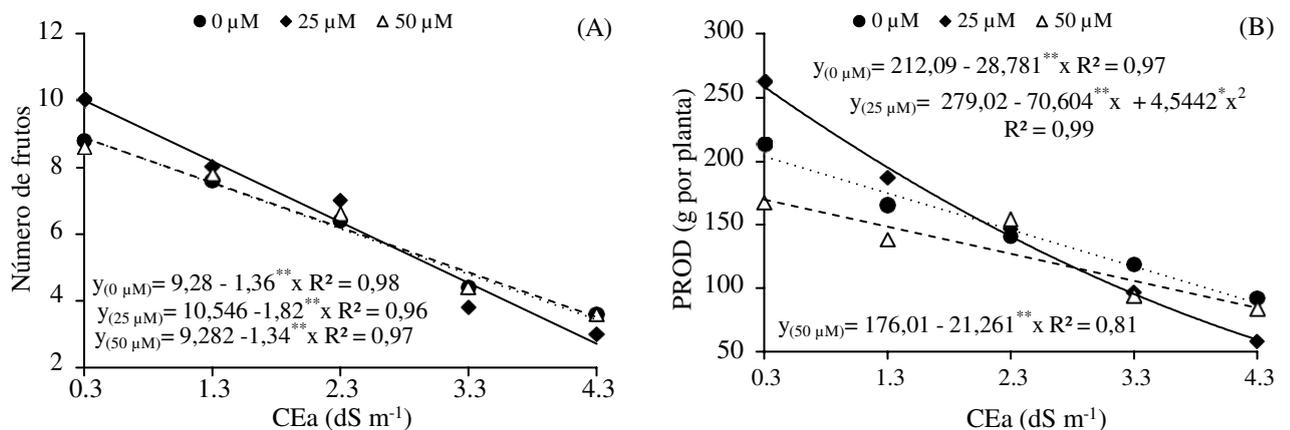
Observa-se efeito significativo da interação entre os fatores (NS \times H₂O₂) para número de frutos (NF), produção por planta (PROD), peso médio de frutos (PMF) e eficiência no uso da água (EUA) (Tabela 5). De forma isolada, verifica-se efeito significativo dos níveis salinos da água para todas as variáveis estudadas, exceto comprimento médio do fruto. Já as concentrações de peróxido de hidrogênio promoveram diferenças significativas sobre a produção por planta, peso médio dos frutos e eficiência no uso da água.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para número de frutos (NF), produção por planta (PROD), peso médio de fruto (PMF), comprimento médio de fruto (CMF), consumo hídrico (CH) e eficiência no uso da água (EUA) do quiabeiro cv. Clemson Americano 80, cultivado com águas salinas e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 82 dias após o transplantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		NF	PROD	PMF	CMF	CH	EUA
Níveis de salinidade (NS)	4	87,053**	42299,604**	28,945*	0,789 ^{ns}	142,001**	31,927**
Regressão Linear	1	340,506**	165810,934**	17,967 ^{ns}	1,626 ^{ns}	523,089**	124,619**
Regressão Quadrática	1	0,076 ^{ns}	549,238 ^{ns}	8,178 ^{ns}	0,016 ^{ns}	30,121**	1,675 ^{ns}
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	2	0,280 ^{ns}	3669,260**	62,634**	1,428 ^{ns}	0,636 ^{ns}	4,231**
Interação (NS × H ₂ O ₂)	8	1,113**	3300,000**	32,922**	1,024 ^{ns}	2,555 ^{ns}	4,011**
Blocos	4	0,886 ^{ns}	842,520*	7,422 ^{ns}	1,387 ^{ns}	1,266 ^{ns}	1,149 ^{ns}
CV (%)		9,69	10,51	14,56	9,41	5,59	12,64
Média		6,24	140,92	22,84	12,34	25,24	5,45

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

O número de fruto de quiabeiro das plantas submetidas às concentrações de H₂O₂ de 0, 25 e 50 µM decresceu linearmente com aumento dos níveis condutividade elétrica da água (Figura 12A), cujas reduções foram de 14,65, 17,25 e 14,43%, respectivamente. Comparando-se o número de frutos das plantas que receberam aplicação foliar de H₂O₂ de 0, 25 e 50 µM, verifica-se diminuições de 61,31, 72,80 e 60,36%, respectivamente, entre os níveis de CEa de 0,3 e 4,3 dS m⁻¹. A redução no número de frutos nas plantas de quiabeiro pode estar relacionada à dificuldade na absorção de água e nutrientes pelas plantas, devido à diminuição do potencial osmótico da solução do solo, ocasionado pelo excesso de sais. A salinidade da água induziu o fechamento estomático, situação verificada pela redução da condutância estomática e alterações na taxa de assimilação de CO₂. Dantas et al. (2021) avaliando a cultura da abobrinha italiana em cultivo hidropônico, em função da salinidade da solução nutritiva verificaram que houve redução linear no número de frutos, sendo o declínio de 5,87% por incremento unitário de condutividade elétrica da solução nutritiva.



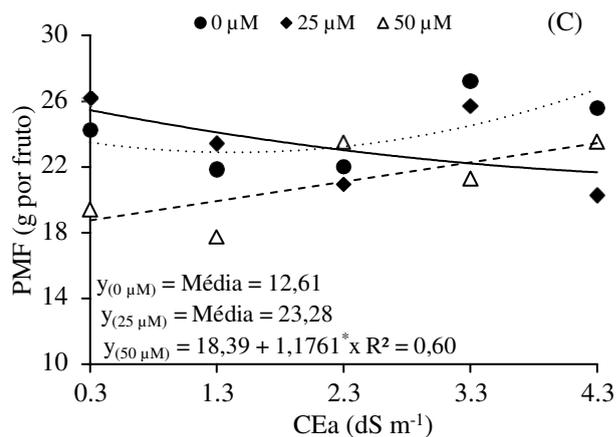


Figura 12. Número de frutos (A), produção por planta – PROD (B) e peso médio dos frutos – PMF (C) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ aos 82 dias após o transplântio.

A produção das plantas (Figura 12B) cultivadas sob concentrações de 0 e 50 μM de H₂O₂ reduziu de forma linear, sendo os decréscimos de 13,57 e 12,07% por aumento unitário da condutividade elétrica da água de irrigação, ou seja, plantas submetidas a CEa de 4,3 dS m⁻¹ reduziram em 56,58 e 50,13%, respectivamente, em comparação com aqueles que receberam 0,3 dS m⁻¹ de água. As plantas de quiabeiro cultivadas sob aplicação foliar de 25 μM de H₂O₂ obtiveram o valor máximo estimado (258,24 g por planta) no nível de CEa de 0,3 dS m⁻¹ ocorrendo decréscimo a partir deste nível salino e alcançando o menor valor (59,44 g por planta) sob salinidade da água de 4,3 dS m⁻¹. A redução na produção das plantas sob condições de estresse salino também estar relacionado ao desvio de energia para manutenção das atividades metabólicas, devido à restrição na absorção de água e nutrientes provocada pelo o estresse osmótico e iônico, decorrentes da elevada concentração de sais na solução do solo, especialmente dos íons Na⁺ e Cl⁻, a desorganização do sistema de membranas e a produção de espécies reativas de oxigênio (LUCENA et al., 2012).

O peso médio dos frutos das plantas de quiabeiro também foi afetado pela a interação entre os fatores (NS × H₂O₂). Para as plantas submetidas às concentrações de 0 e 25 μM de H₂O₂ os dados não se ajustaram aos modelos de regressão testados, obtendo-se os valores médios de 12,61 e 23,28 g por fruto (Figura 12C). Já as plantas de quiabeiro submetidas à aplicação exógena de 50 μM de H₂O₂ aumentaram linearmente o PMF, sendo o incremento de 6,39% por incremento unitário da CEa. Ao comparar o PMF das plantas irrigadas com CEa de 4,3 dS m⁻¹ em relação as que foram cultivadas sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹, verifica-

se aumento de 20,06% (4,70 g por fruto). O aumento no PMF pode estar associado ao papel do peróxido de hidrogênio como molécula sinalizadora sob estresses bióticos e abióticos. Além disso, o H₂O₂ atua induzindo o sistema de defesa de enzimas antioxidantes quando aplicado em baixas concentrações, atenuando os efeitos deletérios da salinidade (PETROV; BREUSEGEM, 2012).

O consumo hídrico das plantas de quiabeiro reduziu de forma quadrática com o aumento nos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 13A). As plantas de quiabeiro irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹ obtiveram o maior CH (29,718 L por planta), decrescendo de forma acentuada a partir deste nível salino e alcançando o menor CH nas que foram cultivadas sob salinidade da água de 4,3 dS m⁻¹ (22,249 L por planta). Comparando-se as plantas submetidas à CEa de 4,3 dSm⁻¹ em relação as que foram cultivadas sob salinidade da água de 0,3 dS m⁻¹, verifica-se diminuição no consumo hídrico de 7,469 L por planta. A diminuição na absorção de água pelas plantas sob condições de estresse salino é consequência do acúmulo de sais na solução do solo, diminuindo a energia livre da água, aumentando a tensão necessária para a planta absorver a água do solo, pois seu potencial hídrico torna-se mais negativo. Dessa forma, a planta terá mais dificuldade em utilizar essa água, que não está prontamente disponível, apesar de sua presença no solo (LIMA et al., 2018). Em pesquisa com a cultura do algodoeiro de fibra naturalmente colorida, Lima et al. (2018) também observaram que o incremento nos níveis de CEa de 5,1 para 9,1 dS m⁻¹ resultou em diminuição no consumo hídrico pelas plantas, sendo a redução de 6,33% por aumento unitário na CEa.

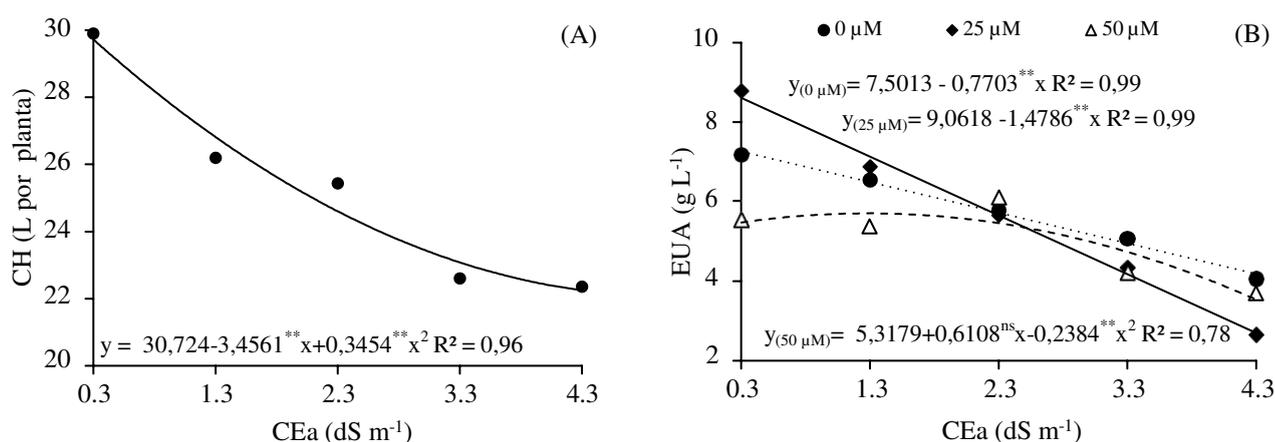


Figura 13. Consumo hídrico – CH, das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e eficiência no uso da água – EUA (B), em função da salinidade da água de irrigação - CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio-H₂O₂, aos 82 dias após o transplante.

A eficiência no uso da água (Figura 13B) das plantas de quiabeiro que receberam a aplicação exógena de 0 e 25 μM de H_2O_2 decresceu linearmente com aumento dos níveis de condutividade elétrica, cujos decréscimos foram de 10,26 e 16,31% por incremento unitário de CEa, respectivamente. Nestas concentrações de H_2O_2 , as plantas quando foram irrigadas com CEa de 4,3 dS m^{-1} reduziram a EUA em 42,38 e 68,62% em relação as que estavam submetidas ao menor nível salino da água (0,3 dS m^{-1}). As plantas que receberam aplicação foliar de 50 $\text{Mm H}_2\text{O}_2$ obtiveram o valor máximo estimado para EUA (5,709 g L^{-1}) sob irrigação com CEa de 1,3 dS m^{-1} . Dessa forma, pode-se inferir que as plantas de quiabeiro tiveram uma menor capacidade para converter o volume de água efetivamente consumido em fotoassimilados, fato observado pelo acúmulo de fitomassas, devido provavelmente maior dispêndio energético para manutenção da biossíntese de solutos osmóticos e a geração de energia necessária para esta biossíntese, além de outros processos importantes para o ajustamento osmótico das plantas contribuírem para absorção de água e nutrientes pelas plantas (LIMA et al., 2020). Resultados semelhantes também foram observados por Lima et al. (2018) em pesquisa com o algodoeiro cv. BRS Rubi irrigadas com diferentes níveis de CEa (5,1 a 9,1 dS m^{-1}), verificaram redução de 8,17% por incremento unitário da CEa.

5. CONCLUSÕES

As plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80 são sensíveis a salinidade da água a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, apresentando redução no crescimento, nas trocas gasosas, nos componentes de produção, no consumo e na eficiência no uso da água das plantas.

A aplicação foliar de $25 \mu\text{M}$ de H_2O_2 promove maior redução na produção por planta, número de fruto e na eficiência no uso da água das plantas de quiabeiro, aos 82 dias após o transplântio.

A inibição na taxa de assimilação de CO_2 das plantas de quiabeiro está associada a fatores de origem estomáticos e não estomáticos.

O peróxido de hidrogênio na concentração de $50 \mu\text{M}$ ameniza os efeitos do estresse salino sobre a transpiração, a taxa de assimilação de CO_2 , a eficiência instantânea de carboxilação, a fitomassa seca de folhas e o peso médio de frutos de quiabeiro cv. Clemson Americano 80.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, A. M.; JURAIMI, A. S.; RAFII, M. Y.; HAMID, A. A. Effect of salinity on biomass yield and physiological and stem-root anatomical characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. **Bio Med Research International**, v.15, n.1, p.1-15, 2015.
- 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.
- 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. G.; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; SILVA, S. S. da; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, A. C.; GOMES, J. P.; SOARES, L. A. dos A. Production and postharvest quality of yellow passion fruit cultivated with saline water and hydrogen peroxide. **Agriculture and Food**, v.4, n.4, p.907–920, 2019a.
- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; SILVA, S. S. da; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. da. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.12, p. 945-951, 2019b.
- ARAÚJO, G. do S. **Análise comparativa do metaboloma e proteoma de folhas de milho na aclimação á salinidade induzida pelo pré – tratamento com H₂O₂**. Fortaleza: UFC, 2021. 38p. Tese Doutorado.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 145p. Irrigação e Drenagem, 29.
- AZEVEDO NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS FILHO, J.; ROLIM, M. S, J.; GOMES FILHO, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, p.1114–1122, 2005.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de, SANTOS, J. B. dos; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, v.13, n.3, e2130, 2018.
- BIENERT, G. P.; SCHJOERRING, J. K.; JAHN, T. P. Membrane transport of hydrogen peroxide. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1758, n.8, p.994-1003,2006.

- BRASIL. ATLAS IRRIGAÇÃO: uso da água na agricultura irrigada. **Agência Nacional de Águas**, Brasília, 2015. Disponível em: <<http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>>. Acesso em: 20 Dez. 2020.
- BRASIL. **Usos da água: irrigação**. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/ usos-da-agua/irrigacao>> Acesso em: 20 Dez. 2020.
- BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry and molecular biology of plants**, p.1158-1203, 2000.
- BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; SANTOS, M. R. dos; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; SANTOS, A. J. dos. Photochemical efficiency in pineapple plants under saline water irrigation. **Revista Ambiente & Água**, v.15, n.5, p.25-64, 2020.
- CAMPOS, M. S. **Balanço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro irrigado sob diferentes lâminas de água salobra**. Mossoró: UFRSA, 2013. 74p. Dissertação de Mestrado.
- 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.
- CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F. W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A. M.; FRANCA, E.; MARÉ, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A. M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v.105, n.1-2, p.1-14, 2008.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n.4, p.551-560, 2009.
- COSTA, K. D. da S. Melhoramento do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade: uma revisão de literatura. **XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**. Universidade do Vale do Paraíba. 2017. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0214_0069_02.pdf. > Acesso em 24 de Mar 2021.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEY, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. de A.; FERNANDES, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous

- application of H₂O₂ in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v.12, n.1, e3464, 2021.
- DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v.2, n.53, p.1-13, 2014.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SOUZA, L. de P.; BEZERRA, I. L. Crescimento do algodoeiro 'BRS Rubi' em função da irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, n.7, p.1945-1955, 2017.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. da. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v.23, n.2, p.220-234, 2018.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.628-633, 2018.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of west indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.32, n.2, p.429-439, 2019.
- 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.
- FAROUK, S.; AMIRA, M. S. A. Q. Enhancing seed quality and productivity as well as physio-anatomical responses of pea plants by folic acid and/or hydrogen peroxide application. **Scientia Horticulturae**, v.240, n.1, p. 29-37, 2018.
- 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.
- FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO N. E. DE M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.736-741, 2010.
- FILGUEIRA, F. A. R.. Novo manual de olericultura. Ed. UFV, 3 ed. Viçosa MG, 2012. 421p.

- FISCHER, I. H.; FILETTI, M. de S. CRUZ, J. C. S.; BUENO, C. Efeito da temperatura e reação de genótipos de quiabeiro ao mofo branco. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.1, p.49-53, 2014.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. **Biochemistry**, v.49, n.5, p.835-842, 2010.
- FREIRE, J. L. de O.; CAVALCANTE, L. F.; DANTAS, M. M. M.; SILVA, A. G. da. Estresse salino e uso de biofertilizantes como mitigadores dos sais nos componentes morfofisiológicos e de produção de glicófitas. **Revista Principia**, v.1, n.29, p.29-38, 2016.
- GARG, N.; BHANDARI, P. Interactive effects of silicon and arbuscular mycorrhiza in modulating ascorbate-glutathione cycle and antioxidant scavenging capacity in differentially salt-tolerant *Cicer arietinum* L. genotypes subjected to long-term salinity. **Protoplasma**, v.253, n.9, p.1325-1345, 2016.
- 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.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2 ed. Foz de Iguaçu, INCTSal, 2016. 504p.
- GOES, G. F.; Guilherme, J. M. da S.; SALES, J. R. da S.; SOUSA, G. G. de. Ambiente agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.5, p.3646-3655, 2020.
- GOMES, K. R. AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.365-370, 2011.
- 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.
- HASAN, S. A.; IRFAN, M.; MASRAHI, Y. S.; KHALAF, M. A.; HAYAT, S.; TEJADA MORAL, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. **Cogent Food & Agriculture**, v.2, n.1, p.115-331, 2016.
- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride

- accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v.81, n.1, p.103-112, 2012.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia. Censo agropecuário 2017: resultados preliminares. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954>>. Acesso em 09 de Mar. 2021.
- ISLAM, M. N., ISLAM, A., BISWAS, J. C. Effect of gypsum on electrical conductivity and sodium concentration in salt affected paddy soil. **International Journal of Agricultural Papers**, v.2, n.1, p.19-23, 2017.
- JESUS, E., CRUZ, P. V., PACÍFICO, J. A., SILVA, A. S. Removal of turbidity, suspended solids and ions of Fe from aqueous solution using okra powder by coagulation-flocculation process. **American Journal of Water Resources**, v.1, n.3, p.20-24, 2014.
- LACERDA, F. H. D. **Peróxido de hidrogênio como amenizador da suscetibilidade do milho verde ao estresse salino**. Campina Grande: UFCG, 2015. 40p. Dissertação de mestrado.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA, Artes e textos, 2000. 531p.
- LAW-OGBOBO, K. E.; OSAIGBOVO, A. U.; EWANSIHA, S. U. Responses of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) to various periods of weed interference in a humid tropical environment. **International Journal of Agriculture and Rural Development**, v.16, n.1, p.136-871, 2013.
- 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 Agro@mbiente Online**, v.9, n.1, p.27-34, 2015.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. de F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. **Irriga**, v.22, n.4, p.757-774, 2017.
- LIMA, G. S. de; SANTOS, J. B. dos; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.4, p.513-522, 2017.
- LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; ANDRADE, E. M. G. Saline water irrigation and nitrogen fertilization on the cultivation of colored fiber cotton. **Revista Caatinga**, v.31, n.1, p.151-160, 2018.

- LIMA, N. da S.; SILVA, E. F. de F.; MENEZES, D.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Fruit yield and nutritional characteristics of sweet pepper grown under salt stress in hydroponic system. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p.297-305, 2018.
- 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, G. S. de; Souza, C. M. A. de; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Guedes, M. A. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.5, p. 1937-1950, 2020.
- LUCENA, C. C. de; SIQUEIRA, D. L. de; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.1, p. 297-308, 2012.
- MALOLEPSZA, U.; ROZALSKA, S. Nitric oxide and hydrogen peroxide in tomato resistance. Nitric oxide modulates hydrogen peroxide level in o-hydroxyethylrutin-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato. **Plant Physiology and Bio chemistry**, v.43, n.6, p.623–635, 2005.
- MARIJUAN, M. P; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in plant science**, v.18, n.12, p.660-666, 2013.
- MARIN, M. V.; SANTOS, L. S.; GAION, L. A.; RABELO, H. O.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M.; BRAZ, L. T. Selection of resistant rootstocks to *Meloidogyne enterolobii* and *M. incognita* for okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.77, n.1, p.58-64, 2017.
- MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. A. C. dos; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. dos. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido á salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v.24, n.1, p.86-97, 2019.
- MORAES, E. R. de; REIS, A. C. dos; SILVA, N. E. P. da; FERREIRA, M; MENEZES, F. G. de. Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, n.1, p.60-65, 2018.
- NASCIMENTO, I. B. do; FERREIRA, L. E.; MEDEIROS, J. F. de; AROUCHA, E. M. M.; SOUSA, C. M. G. de; SILVA, N. K. C.; IZIDIO, N. S. de C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina. **Revista Agropecuária científica no semiárido**, v.9, n. 2, p.88-93, 2013.

- NASCIMENTO, E. S. **Obtenção de hidrolisado proteico de sementes de quiabo *Abelmoschus esculentus* L. Moench e sua capacidade antioxidante.** João Pessoa: UFPB, 2015. 80p. Dissertação de mestrado.
- NASCIMENTO, P. dos S.; PAZ, V. P. da S.; JÚNIOR, L. S. F.; COSTA, I. P. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**.v.13, n.1, p.10-15, 2017.
- NASCIMENTO, E. C. S.; NASCIMENTO, R. do; SILVA, A. A. R. da; BEZERRA, C. V. de C.; BATISTA, M. C.; VELOSO, L. L. de S. A.; PEREIRA, M. C. de A.; OLIVEIRA, H. Growth and photosynthetic pigments of cotton cultivars irrigated with saline water. **Agricultural Sciences**, v.10, n.1, p.81-91, 2019.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado.** In: OLIVEIRA, A. J. (ed). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- OLIVEIRA JUNIOR, L. D. de. **Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio.** Lavras: UFLA, 2017, 173p. Dissertação de mestrado.
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. dos P.; MAIA, P. DE M. E.; CÂNDIDO, W. dos S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.79-87, 2013.
- 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.
- OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R. do; NASCIMENTO, E. C. S.; LIMA, R. F. de; BEZERRA, C. V. de C. Emergence and growth of maize submitted to inoculant doses associated with saline water irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.50, n.1, e66102, 2020.
- OROZCO-CÁRDENAS, M L.; NARVÁEZ-VÁSQUEZ, J.; A RYAN, C. Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defense genes in tomato plants in response to wounding, system in, and methyl jasmonate. **Plant Cell**, v.13, n.1, p.179-91, 2001.
- PAES, H. M. F.; ESTEVES, B. dos S.; SOUSA, E. F. de. Determination of water requirement of okra in Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.2, p.256-261, 2012.

- PEREIRA, M. C. de A.; RAMOS, J. G.; AZEVEDO, C. A. V. de; PEREIRA, M. de O.; CABRAL, J. H. de A. Crescimento do quiabeiro submetido a diferentes níveis de salinidade associadas a doses de adubação potássica. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2018.
- PEREIRA, E. G.; SARAIVA, A. G.; SILVA, C. S. R. de A.; GOMES, L. B. E.; ALMEIDA, L. C. H. Alterações nos teores de metabólitos solúveis em plantas de arroz submetidas a estresse salino. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.4, p.19612-19620, 2020.
- PEREIRA, F. H. F.; SILVA, L. J. da S.; SILVA, F. de A. da; DIAS, M. dos S. Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e potencial osmótico de plantas de tomate submetidas a condições salinas. **Revista Pesquisagro**, v.3, n.1, p.36-51, 2020.
- PETROV, V. D.; BREUSEGEM, F. V. Hydrogen peroxide: a central hub for information flow in plant cell. **AoB Plants**, v. 2012, n.1, p. 1-13, 2012.
- PUTTI, F. F.; SILVA, A. O. da; JUNIOR, J. F. S.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; KLAR, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. **Irriga**, v.23, n.4, p.713-726, 2018.
- RAMOS, J. G.; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; PAIVA, F. J. da S.; NUNES, K. G.; PEREIRA, M. de O.; FERNANDES, P. D.; SABOYA, L. M. F. Foliar application of H₂O₂ as salt stress attenuator in ‘BRS Rubi do Cerrado’ sour passion fruit. **Semina: Ciências Agrárias**, v.42, n.4, p.2253-2270, 2021.
- RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, Cap.2. p. 9-15, 2016.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA Agricultural Handbook, 60.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.
- SALES, J. R. da S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G. S.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. de.; SOUSA, G. G. de. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.7, p.466-471, 2021.

- SHANKAR, V.; KUMAR, D.; AGRAWAL, V. Assessment of Antioxidant Enzyme Activity and Mineral Nutrients in Response to NaCl Stress and its Amelioration Through Glutathione in Chickpea. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.178, n.1, p.267-284, 2016.
- SILVA, E. M. da; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, S. A. de; SOUZA, L. de 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, n.3, p.1-7, 2016.
- 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, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. de P.; VELOSO, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.49, n.1, e55671, 2019a.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. de P.; VELOSO, L. L. de S. A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.257-263, 2019b.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; VELOSO, L. L. de S. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. de A. Hydrogen peroxide on acclimation of soursop seedlings under irrigation water salinity. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.1441-1454, 2019c.
- SILVA, F. de A. da; CAMPOS JÚNIOR, J. E.; DIAS, M. dos S.; SILVA, L. J. da S.; SANTOS, R. H. S. dos; BATISTA, M. C. Crescimento inicial do meloeiro sob salinidade da água e aplicação exógena de H₂O₂. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.1, n.3, p.2-8, 2019.
- 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, A. A. R. da; 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

- passion fruit seedlings to salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.2, p.116-123, 2021.
- SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D.; Lima, G. S. de; SUASSUNA, J. F.; PEREIRA, R. F. Gas exchanges and production of colored cotton irrigated with saline water at different phenological stages. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, n.2, p.239-248, 2018.
- SOARES, L. A. dos A.; SILVA, R. G. da; LIMA, G. S. de; SALES, G. N. B.; COSTA, F. B. da.; NETA, A. M. de S. S.; MOREIRA, R. C. L.; GOMES, J. P. Preservation by lactic fermentation and physicochemical characterization of okra produced under water salinity and potassium fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.6, p.2495-2508, 2020.
- 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- TANOOU, G.; JOB, C.; RAJJOU, L.; ARC, E.; BELGHAZI, M.; DIAMANTIDIS, G.; JOB. Proteomics reveals the overlapping roles of hydrogen peroxide and nitric oxide in the acclimation of citrus plants to salinity. **The Plant Journal**, v.60, n.5, p.795-804, 2009.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa. 573, p. 2017.
- TERZI, R.; KADIOGLU, A.; KALAYCIOGLU, E.; SAGLAM, A. Hydrogen peroxide pretreatment induces osmotic stress tolerance by influencing osmolyte and abscisic acid levels in maize leaves. **Journal of Plant Interaction**, v.9, n.1, p.559-565, 2014.
- TUTEJA, N.; GILL, S. S.; TUTEJA, R. **Omics and plant stress tolerance**. Bentham Science, 2011. p.39-64.
- ÜNLÜKARA, A.; SEMİZ, D. G.; YURTSEVEN, E.; KURUNC, A. Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.134, n.2, p.160-166, 2008.
- VEAL, E. A.; DAY, A. M.; MORGAN, B. A. Hydrogen peroxide sensing and signaling. **Molecular cell**, v.26, n.1, p.1-14, 2007.

- 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.
- WAHID, A.; PERVEEN, M.; GELANI, S.; BASRA, S.M. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. **Journal of Plant Physiology**, v.164, n.3, p.283-294, 2007.
- ZANETTI, F.; ZEGADA-LIZARAZU, W.; LAMBERTINI, C.; MONTI, A. Salinity effects on germination, seedlings and full-grown plants of upland and lowland switchgrass cultivars. **Biomass and Bioenergy**, v.120, n.1, p.273-280, 2019.