

CRESCIMENTO DE PORTA-ENXERTO DE CAJUEIRO IRRIGADOS COM ÁGUA PRODUZIDA E SUBMETIDOS APLICAÇÕES DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Deybson Fernandes da Silva¹; Reginaldo Gomes Nobre²; Maria do Socorro Medeiros de Souza³; Guilherme da Silva Sales⁴; Keila Maria Pereira de Carvalho⁵; Antônio Wendelfy Moura Pereira⁶;

^{1,2,3,4,5,6} Estudantes de graduação da UFRSA - Mossoró, RN, Brasil
(deybsonsilva353@gmail.com)

² Professor da UFRSA, Caraúbas, RN, Brasil

Resumo: Este estudo, Visa contornar a escassez hídrica no semiárido avaliando o reuso da água produzida (AP), em combinação com a aplicação de H_2O_2 como mitigador de estresse salino em porta-enxertos de cajueiro. O experimento foi realizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UERSA), adotando um delineamento de blocos casualizados (2x5). Foram testadas duas concentrações de H_2O_2 (0 e 15 μM) associadas a cinco diluições de água produzida do petróleo sintética – AP, mesclada com água de abastecimento local – AA, (AP1 - 100%AA; AP2 - 75%AA + 25%AP; AP3 - 50%AA + 50%AP; AP4 - 25%AA + 75%AP; AP5 - 100%AP), com quatro repetições e duas plantas por parcelas. As seguintes variáveis foram avaliadas: número de folhas, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule.

Palavras-chave: Água produzida do petróleo (AP); Porta-enxertos de cajueiro; Peroxido de Hidrogênio (H_2O_2); Salinidade.

INTRODUÇÃO

A cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), é uma das principais frutíferas produzidas no mundo. Nativa da América do Sul, é uma espécie adaptada a regiões de clima tropical ou semitropical e cultivadas em diversos continentes como África e a Ásia. A cultura é amplamente valorizada pela indústria devido à sua produção de castanha e pseudofruto, destinado tanto *in natura* quanto industrializado (Lemos et al., 2021), possuindo grande relevância socioeconômica, especialmente na região Nordeste brasileiro, onde a atividade é bastante cultivada.

A produção agrícola, como outra atividade econômica está sujeita a situações adversas e a estresses, particularmente, quando cultivadas em regiões semiáridas, como é a realidade vivenciada no Nordeste brasileiro, onde ocorre longo períodos de estiagem, apresenta baixa disponibilidade hídrica, associado a altas temperaturas e elevada evapotranspiração, limitando a produtividade (Souza et al., 2023), obrigando os produtores a buscarem meios alternativos para suprir o déficit hídrico, muitas vezes utilizando águas de baixa qualidade com alto teor de sais (Shahid et al., 2020).

Apesar da frutífera, apresenta uma adaptabilidade as condições da região semiárida, demonstra viabilidade de produção, faz-se necessário avaliar fatores no momento de exploração como seleção genética,

condições climáticas, aliada práticas de manejo de solo, adubação e irrigação, garantido assim que esses fatores não comprometam o desenvolvimento da cultura (Veloso, 2023).

A região semiárida, especialmente a brasileira, empõem desafios ao setor agrícola, com baixa disponibilidade hídrica, o que se faz necessário a busca por fontes de água alternativas, visando a necessidade hídrica e, utilizando a irrigação para compensar a déficit hídrico presenciado no semiárido. A utilização de água residuais como água cinza, água negra, até mesmo a reutilização de água produzida do petróleo (AP) surge como alternativa viáveis para amenizar o estresse hídrico, uma vez que, na região Nordeste, a produção média dos campos petrolíferos é composta por 95% de água e apenas 5% de petróleo bruto. Esse processo gera um volume anual expressivo de 4.139.864 m³ de água., conforme ANP (2016a). Porém a reutilização destas águas, de acordo com Crisóstomo et al. (2016), devem ser ocorrer após tratamento adequado. Devido ao ambiente estressante, o desenvolvimento das atividades, como a falta de água, altos níveis de salinidade e calor, que promovem o desequilíbrio no desenvolvimento vegetativo. Pesquisadores avaliando o desenvolvimento das culturas com auxílio de água residuais e espécies reativas de oxigênio (EROs), como peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que atua como uma molecular sinalizado, estimulando o porta-enxerto a produzir

enzimas de proteção antioxidante, o que promove melhorias fisiológicas e atenua os efeitos do estresse salino (Ramos et al., 2021). Agindo como alternativa para reduzir os danos causados pela salinidade (Santos et al., 2019). A análise do desenvolvimento dos porta-enxertos de cajueiro sob diferentes diluições de água produzida (AP), associado a concentrações de peróxido de hidrogênio, avaliando para condições de semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2023 sobre condições de ambiente protegido (telado), situado na área experimental no Centro Multidisciplinar de Caraúbas da Universidade Federal do Semiárido - UFERSA, na qual se localiza na região oeste do estado do Rio Grande do Norte. O clima predominante na região é classificado segundo Koppen como BSh, como semiárido (Alvares et al., 2013). O município de Caraúbas RN, geograficamente apresenta uma extensão territorial de 1.132,86 km², com clima predomina quente característico do semiárido Nordeste, com temperatura média de 32°C e com coordenadas geográficas 05°46'23" S e 37°34'12" W e altitude de 144m.



Figura 1. Delimitação do Campus da UFE RSA, Caraúbas-RN.

Utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x5, com a aplicação de duas concentrações de H₂O₂ (0 e 15 µM), associado a cinco diluições de água produzida do petróleo sintética – AP em água de abastecimento local – AA, nas seguintes proporções: AP1 - 100%AA; AP2 - 75%AA + 25%AP; AP3 - 50%AA + 50%AP; AP4 - 25%AA + 75%AP; AP5 - 100%AP), com quatro repetições e duas plantas por parcelas. as concentrações de peróxido de hidrogênio forma estabelecidas com base no estudo de Silva et al. (2019), com aplicações realizadas na cultura da graviola. Sendo selecionado o genótipo de cajueiro, mas adequando no desenvolvimento da pesquisa devido suas características apresentadas, como rusticidade e adaptabilidade à realidade climática vivenciada no semiárido nordestino. Além disso, apresenta também alta produtividade e boa aceitação comercial no mercado Brasileiro (Matos et al., 2020).

Tabela 1. Características físicas e químicas da mistura solo/substrato utilizado para condução das plantas de algodoeiro. UFERSA, 2024.

Análise de solo														
Areia			Silte		Argila		Classificação textural		CEes		pHes H ₂ O		M.O	
-----%-----									dS m ⁻¹				g kg ⁻¹	
16		79,3		4,7		Franca		0,41		6,38		33,08		
P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H ⁺ +Al)	SB	T	CTC	V	m	PST		
cmolc dm ⁻³			-----cmolc dm ⁻³ -----							-----%----				
313,3	66,8	50,2	8,20	3,95	0,00	2,08	12,54	12,54	14,62	86	0	1,0		

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

Os porta-enxertos de cajueiro, foram conduzidos em sacola plásticas de 1,3 L, preenchidas com solo franco-arenoso e substrato orgânico (palha de carnaúba triturada, esterco bovino e pó de carvão) na proporção de 5:1 (Tabela1). Previamente à semeadura, o substrato foi umedecido com água de abastecimento até atingir a capacidade de campo. Em seguida, semeou-se uma castanha por recipiente a 3 cm de profundidade, posicionada verticalmente com a base volta para cima, conforme Cavalcante júnior e Chaves (2001). O manejo adotado consiste em irrigação diárias, iniciando com 50 ml por planta, com volume ajustado posteriormente de acordo com a necessidade da cultura, determinada via balanço hídrico por meio de coletores de drenagem.

Durante a condução do experimento, preparou-se água sintética com base nos componentes físico-químicos encontrada em águas extraídas de campos de petróleo (AP) localizado na Bacia potiguar. A formulação seguiu as médias obtidas na pesquisa realizada por Figueredo et al., (2014). A solução foi composta por matéria orgânica e diversos reagentes, tais como: cloreto de bário, cloreto de manganês, brometo de potássio, ácido bórico, cloreto de sódio, cloreto de cálcio, fluoreto de amônio e água mãe e ácido acético, substituindo o ácido fórmico), além de matérias orgânicas. Sendo misturada a água de sintética do petróleo (AP) em abastecimento local (AA), provenientes de poços tubulares da região, controlados pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN).

A qualidade da água produzidas e de abastecimentos foram previamente analisadas quimicamente no laboratório da UFERSA, Campus Caraúbas - RN, neste processo, foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE),

além as composições dos diferentes componentes químicos citados acima, presentes na amostra. As águas foram armazenadas em reservatórios plásticos (tambores) de 90 litros, correspondendo a cada tratamento. Os tratamentos provenientes das diferentes águas apresentaram os seguintes valores de CEa e pH (AP1 - 0,5 dS m⁻¹ e 7,1; AP2 - 1,3 dS m⁻¹ e 7,4; AP3 - 2,1 dS m⁻¹ e 7,7, AP4 - 2,6 dS m⁻¹ e 7,8; e AP5 - 3,5 dS m⁻¹ e 7,8).

A irrigação utilizando água de abastecimento seguiu até a fase de emergência das plantas que foi por volta de 16 dias após o semeio (DAS), as mudas começaram a receber os tratamentos adotadas no estudo aos 33 DAS. O controle fitossanitário foi de caráter preventivo, visando à incidência de pragas e doenças. Para isso, foram removidas plantas invasoras, nocivas e ramos ladrões sempre que necessário, sendo a condução das mudas realizada em haste única.

Foram realizados os tratamentos nos seguintes dias 39,49,58 DAS, sendo realizado a aplicação das concentrações de peróxido de hidrogênio, sendo aplicado por meio de pulverização foliar nas faces adaxial e abaxial, de modo manual, sendo escolhido o horário das 17:00 horas para evitar interferência do vento na aplicação concentrações, com auxílio borrifador foi aplicando um volume médio de 3 ml por plantas.

A evolução do crescimento dos porta-enxerto foi analisada aos 39 e 58 DAS, respectivamente, mediante a determinação do número de folhas (NF), através de uma simples de contagem de folhas verdes de cada planta, considerando-se as folhas com limbo foliar completamente exposto e maior de 2 cm. Analisou-se ainda o diâmetro de caule (DC), com o auxílio de um paquímetro digital a 3 cm do colo das plantas e, por último a altura da planta (AP), sendo realizada à aferição da distância existem entre o colo da planta e o ápice da planta, contagem dos números de folhas (NF); e a área foliar (AF) para avaliar o crescimento, conforme Almeida et al., (2006) medido o comprimento da nervura principal da folha.

$$AF = 5,71 + 0,64 * X \quad \text{Eq. 1}$$

Em que, AF= Área foliar em (cm²); e X= Produto entre o comprimento pela largura em (cm).

Com base dos dados obtidos (NF, DC, AP e AF) entre o período de 39 até 58 DAS, foram calculadas as taxas as taxas de crescimento absoluto da área foliar (TCAaf), do diâmetro do caule (TCAdc) e da altura das plantas (TCAap) de mudas de cajueiro, conforme Equação 2 (Benincasa, 2003).

$$TCA = A2 - A1 / T2 - T1 \quad \text{Eq. 2}$$

Em que, TCA - é taxa de crescimento absoluto; A1 e A2 - Variáveis estudadas (AP, NF, DC e AF), obtidas no início e fim do período de estudo; T2-T1 = é a diferença de dias entre as análises realizadas.

As médias das variáveis foram submetidas de variância, com Teste F (1 e 5% de probabilidade) e comparadas pelo teste de Tukey (1 e 5% de probabilidade), utilizando software estatístico SISVAR/UFLA (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, através do resumo da análise de variância (Tabela 2), que houve efeito significativo da interação entre os fatores água produzida do petróleo (AP) e as concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), sobre o número de folhas (NF) e a altura de planta (AP) aos 58 DAS. Houve ainda efeito significado no fator altura de planta (AP) sobre número de folhas (NF), o diâmetro de caule (DC) e área foliar (AF) aos 58 DAS; e do fator concentrações de H₂O₂ sobre o diâmetro de caule (DC) e a taxa de crescimento absoluta da altura de planta de cajueiro (TCAap) no período de 39 a 58 DAS.

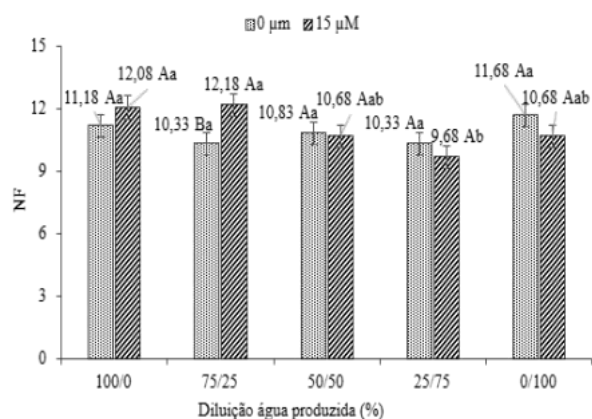
Tabela 2. Resumo da análise de variância, o número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC), altura de planta (AP) e área foliar (AF) aos 58 DAS; e taxa de crescimento absoluto da altura de planta (TCAap), do diâmetro de caule (TCAdc) e da área foliar (TCAaf) de porta-enxerto de cajueiro no período entre 39 e 58 DAS sob distintas diluições de água produzida do petróleo e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂).

Fonte de Variação	Quadrados Médios						
	NF	DC	AP	AF	TCAap	TCAdc	TCAaf
Água produzida do petróleo (AP)	3,077*	1,2797*	11,648ns	11067,544*	0,011ns	0,0023ns	4,567ns
Concentrações de H ₂ O ₂	0,361ns	2,2637*	13,806ns	877,03ns	0,136*	0,0024ns	21,418ns
Interação (AP x H ₂ O ₂)	2,749*	0,7416ns	31,639*	5225,554ns	0,100ns	0,0011ns	8,419ns
Bloco	4,824*	0,6809ns	41,592*	22278,882*	0,034ns	0,0009ns	8,402ns
CV (%)	10,13	8,08	14,32	19,58	38,03	19,72	36,83

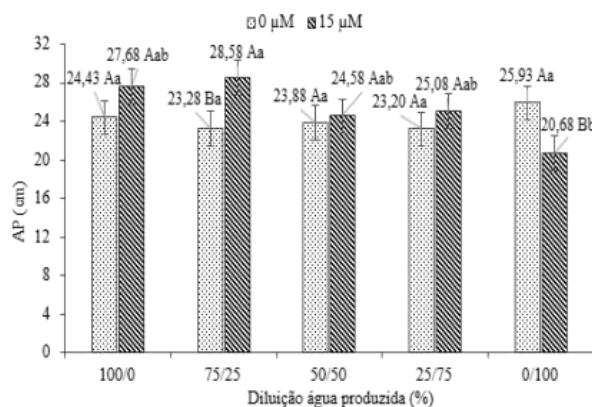
Conforme observado na Tabela 2, houve efeito significativo da interação entre as concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e diluições de água produzidas (AP) sobre o número de folhas (NF) e a altura de plantas (AP). A análise foi realizada conforme o teste de média (Figura 2A e 2B), demonstrando que os porta-enxertos tratados com H₂O₂ e irrigados com a diluição AP-2, apresentado um desempenho superior àqueles que foram submetidos ao tratamento AP-5.

A variável NF, o tratamento AP-2 que proporcionou a maior média com (12,18 folhas), embora não tenha

diferido estatisticamente das diluições AP-1, AP-3 e AP-5. Comportamento semelhante foi verificado na AP, em que os porta-enxertos irrigados com AP-2 atingiram o maior crescimento (28,58 cm), e não diferiram estatisticamente dos tratamentos AP-1, AP-3 e AP-4, tendo um ganho superior ao tratamento AP-5 de 27,64 % (7,9 cm). Esse desenvolvimento segundo Ramos et al. (2021), quando em concentrações adequadas, o H_2O_2 atua como uma molécula sinalizadora, estimulando o porta-enxerto a produzir enzimas de proteção antioxidante, o que promove melhorias fisiológicas e atenua os efeitos do estresse salino.



(A)



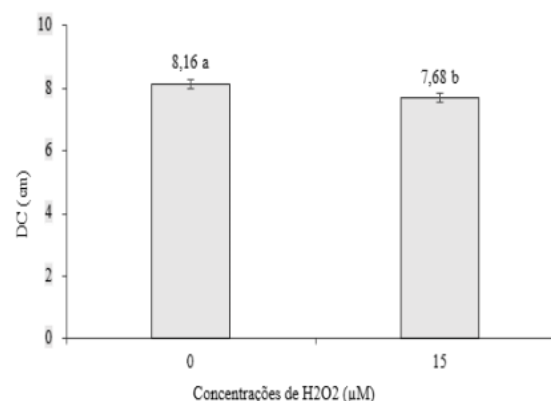
(B)

Figura 2. Número de folhas - NF (A) e altura de planta - AP (B) em função da interação entre diluições de água produzida do petróleo e concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) aos 58 dias após semeio (DAS).

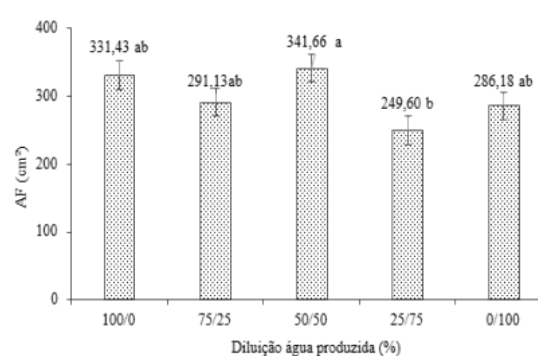
Observou-se segundo a Tabela 2, que houve efeito significativo de forma isolada pelas concentrações de H_2O_2 na variável diâmetro de caule (DC), onde se vê (Figura 3A), que a maior DC foi produzido por porta-enxertos de cajueiro que receberam as concentrações de 0 μM , sendo superior (5,88%) em relação os porta-enxertos submetidos 15 μM . Diante desse cenário, faz-se necessário a adoção de concentrações

adequadas, pois conforme Rodrigues. (2023, p. 02-46 apud Silva et al., 2016; Silva et al., 2019), a utilização em baixas concentrações contribuem para a melhoria e aumentam a capacidade da planta resistir ao estresse, além de promover menos danos celulares.

A área foliar (AF) dos porta-enxertos de cajueiro foi significativamente influenciada pelas diferentes diluições de água produzida (Figura 3B). As plantas irrigadas sob o tratamento AP-3 (50% AA + 50% AP) apresentaram a maior média de AF (341,7 cm^2). Esse valor não diferido tenha diferido estatisticamente dos tratamentos AP-1, AP-2 e AP-5, foi 26,94 % superior ao observado no AP-4. O desempenho foliar mais expressivo em AP-3, cuja condutividade elétrica (CE) atinge 2,1 $dS m^{-1}$, indica a elevada tolerância inicial da cultura à salinidade imposta pela água produzida.



(A)



(B)

Figura 3. Diâmetro de caule- DC (A) e Área foliar- AF (B) de porta-enxerto de cajueiro em função das concentrações de peróxido de hidrogênio e das diluições de água produzida do petróleo aos 58 dias após semeio (DAS).

CONCLUSÃO

O uso do peróxido de hidrogênio, atenuou o estresse os efeitos do salino em porta-enxertos irrigados com água produzida petróleo, mesmo sob condutividade



elétrica de água (CEa) de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$, sem prejuízos significativos ao número de folhas, à altura e à fitomassa da parte aérea.

A concentração de $15 \mu\text{M}$ de H_2O_2 destacou-se como a mais eficiente para promover o crescimento e o acúmulo de biomassa. Além disso, em condições de semiárido, a diluição composta por 50% de água de abastecimento e 50% de água produzida (AP-3), mostrou-se ser uma alternativa viável para fins de irrigação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e apoio à pesquisa, especialmente pela disponibilização da área experimental para o desenvolvimento deste estudo, bem como a todos os autores envolvidos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **GEO Brasil recursos hídricos: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília, ANA, 2017.

ALMEIDA, G.; SANTOS, J.; ZUCOLOTO, M.; VICENTINI, V.; MORAES, W.; BREGONCIO, I.; COELHO, R. Estimativa de área foliar de graviola (*Annona muricata* L.) por meio de dimensões lineares do limbo foliar. **Revista UNIVAP**, v. 1, p.1035-1037, 2006.

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

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; CHAVES, J. C. M. Produção de mudas de cajueiro. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2001. 43 p. (Documentos, 42).

CRISÓSTOMO, L. A.; WEBER, O. B.; MIRANDA, F. R.; ARAGÃO, F. A. S.; OLIVEIRA, M. E. B. Irrigação com água produzida: efeitos sobre características do solo e a produção do girassol. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2016. 35p.

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.

FIGUEIREDO, K. S. L., MARTINEZ-HUITLE, C. A., TEIXEIRA, A. B. R., DE PINHO, A. L. S., VIVACQUA, C. A.; DA SILVA, D. R.. Study of

produced water using hydrochemistry and multivariate statistics in different production zones of mature fields in the Potiguar Basin–Brazil. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 116, 109-114, 2014.

LEMOS, M.S.; BORDALLO, P. do N.; VIDAL NETO, F. das C.; LIMA, E. N.; HOLANDA, I. S. A. Genetical and physicochemical diversity among twelve Brazilian cultivars of cashew (*Anacardium occidentale*). **Acta Botanica Mexicana**, v.128, n.1, e1775, 2021.

MATOS, V. et al. Determinação das temperaturas cardinais de frutos de cajueiros utilizando um modelo não linear de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 717-725, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-77863540079>. Acesso em: 26 fev. 2026.

SANTOS, B. D. B.; BONOU, S. I.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; ANDRADE C., J.H.; OLIVEIRA, R. C.; LIMA, V. L. A. Tratamento pré-germinativo de sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 307-313, 2019.

SHAHID, M. A.; SARKHOSH, A.; KHAN, N.; BALAL, R. M.; ALI, S.; ROSSI, L.; GÓMEZ, C.; MATTSO, N.; NASIM, W.; GARCIA-SANCHEZ, F. Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. **Agronomy**, v.10, n.7, e938, 2020.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursoy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 23, p. 257-263, 2019.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H. R. Induction of tolerance to salt stress in soursoy seedlings using hydrogen peroxide. **Comunicata Scientiae horticultural journal**, v. 10, n. 4, p. 484-490, 2019.

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 H_2O_2 em 34 milho sob estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, p.1-7, 2016.

SOUZA, V. F. O.; SANTOS, G. L. dos; MAIA, J. M.; MAIA JÚNIOR, S. de O.; SANTOS, J. P. de O.; COSTA, J. E.; SILVA, A. F. da; DIAS, T. J.; FERREIRA-SILVA, S. L.; TANIGUCHI, C. A. K. Salinity tolerant dwarf cashew rootstock has better ionic homeostasis and morphophysiological performance of seedlings. **Revista Brasileira de**



Engenharia Agrícola e Ambiental, v.27, n.2, p.92-100, 2023.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. Z. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: **Embrapa Solos**, 2017.

VELOSO, L. L. de S. A. et al. Peróxido de hidrogênio na aclimação de genótipos de algodão colorido ao estresse salino. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 414-423, 2023.