

ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NO CULTIVO DE ALFACE HIDROPÔNICO

Lailton da Silva Lima¹, Everton Alencar Patrício², Ana Célia Maia Meireles³, Ana Alice Cardoso Carneiro², Carlos Wagner Oliveira³, Antônio Gebson Pinheiro²

RESUMO: O cultivo de alface em sistema hidropônico destaca-se, sobretudo, por minimizar alguns fatores abióticos que podem prejudicar a qualidade produtiva do vegetal, além de contribuir para uma boa produtividade. Os usos de mitigadores de estresses abióticos podem ser alternativas para preservar a produção e a qualidade das culturas. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os aspectos de rendimento e produção de biomassa da alface hidropônica sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva com e sem a aplicação de silício. Para isso, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas em esquema fatorial 4 x 2, com 4 repetição contabilizando 32 parcelas. Os tratamentos foram 4 níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 2,5; 3,5; 4,5 dS m⁻¹) e duas doses de silício (0,0 e 6,0 mM). As variáveis analisadas foram: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA), índice de produção de massa da parte aérea (IPMPA) e índice de produção de massa da raiz (IPMR). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para os níveis de salinidade na MSPA, %MSPA, IPMPA e IPMR. Logo, os melhores resultados de produção para a alface nessas condições são em valores baixos de CE do meio nutritivo.

PALAVRAS-CHAVE: hidroponia; *Lactuca sativa* L.; salinidade

SALICYLIC ACID AS AN ATTENUATOR OF SALINE STRESS IN HYDROPONIC LETTUCE CULTIVATION

ABSTRACT: Lettuce cultivation in a hydroponic system stands out, above all, for minimizing some abiotic factors that can harm the plant's productive quality, in addition to contributing to

¹ Discente do curso de Agronomia da Universidade Federal do Cariri, Crato, CE. E-mail: lailton.lima@aluno.ufca.edu.br

² Discentes do curso de Agronomia da Universidade Federal do Cariri, Crato, CE.

³ Docentes do curso de Agronomia da Universidade Federal do Cariri, Crato, CE.

good productivity. The use of abiotic stress mitigators can be alternatives to preserve crop production and quality. Therefore, the objective was to evaluate the yield and biomass production of hydroponic lettuce under different nutrient solution salinity levels with and without silicon application. A randomized complete block design with split plots in a 4 x 2 factorial arrangement was used, with four replicates totaling 32 plots. The treatments consisted of four nutrient solution salinity levels (1.5, 2.5, 3.5, and 4.5 dS m⁻¹) and two silicon doses (0.0 and 6.0 mM). The variables analyzed were: shoot dry mass (SDM), root dry mass (RSM), percentage of shoot dry mass (%SDM), shoot mass production index (SPM), and root mass production index (RSPI). There was a significant difference ($p < 0.05$) only for salinity levels in SDM, %SDM, SPM, and RPI. Therefore, the best production results for lettuce under these conditions are at low EC values of the nutrient medium.

KEYWORDS: hydroponics; lettuce sativa l.; salinity

INTRODUÇÃO

A seguridade da produção agrícola enfrenta desafios que limitam a qualidade e quantidade na produção de alimentos. Dentre esses desafios, estresses abióticos como a seca e a salinidade destacam-se por comprometerem o rendimento e a qualidade das culturas em todo o mundo (Thorne et al., 2020).

A situação da água em regiões como o Nordeste do Brasil é considerada delicada, sobretudo por apresentar ambientes de elevada evapotranspiração na qual somada com inconstâncias nas precipitações tornam o abastecimento irregular e muitas vezes insuficiente (Paulino, 2023). Diante disso, vários estudos vêm sendo realizados para analisar a viabilidade da produção de hortaliças empregando água com elevada salinidade e explorando diferentes sistemas de cultivos (DIAS, 2019).

O estresse salino é uma das principais restrições abióticas que afeta criticamente o crescimento das plantas e causa grande perda de rendimento por efeitos combinados de toxicidade iônica e perturbação osmótica (Dhiman et al., 2021; Han et al., 2021). Há, portanto, a necessidade de aprimoramento e desenvolvimento de estratégias que visem atenuar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas. Nesse contexto, a suplementação de silício (Si) é considerada um dos métodos promissores para melhorar a resiliência das plantas sob estresse salino (Dhiman et al., 2021).

Segundo Roshdy et al. (2021), em condições de estresse salino, o silício pode atuar em vários processos fisiológicos e bioquímicos, contribuindo para o aumento da atividade fotossintética por meio de melhorias na defesa antioxidante e metabólica das plantas. Em situações de salinidade o silício age como um composto sinalizador, reduzindo o acúmulo de EROs (espécies reativas de oxigênio), fortalece o equilíbrio da membrana celular e diminui a perda de eletrólitos (Arif et al., 2021).

O cultivo hidropônico também pode ser um aliado no convívio com a agricultura que depende da água salobra, uma vez que essa técnica pode reduzir os efeitos da salinidade nas plantas devido à ausência do potencial mátrico (Silva, et al., 2022). Segundo Adekiya et al. (2022), os sistemas hidropônicos são tecnologias importantes para melhor eficiência no uso da água e aumento da produtividade e qualidade do cultivo, especialmente de hortaliças.

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a mais consumida no mundo (Faostat, 2022). Esse fato está atrelado à crescente demanda por uma alimentação saudável e a uma melhor qualidade de vida, e também por ser uma hortaliça que apresenta muitos minerais, vitaminas e compostos bioativos como carotenoides e compostos fenólicos (Kim et al., 2016; Serra et al., 2020).

Considerando a importância que o silício pode desempenhar na convivência com o estresse salino, estudos são importantes para avaliar os efeitos e o limiar para uso desse elemento nas espécies vegetais. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar os aspectos de rendimento e produção de biomassa da alface hidropônica sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva com e sem a aplicação de silício nas plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 05 de maio a 02 de junho de 2025, em ambiente protegido no Centro de Ciências Agrária e da Biodiversidade (CCAB), da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato-CE (7°14'03" S e 39°24'34" W, altitude de 420 m). O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas 4 x 2, sendo 4 repetições com total de 32 parcelas. Foram atribuídos 4 tratamentos de salinidade da solução nutritiva (1,5; 2,5; 3,5; 4,5 dS m⁻¹), sendo esses testados com e sem a presença de silício nas concentrações de (0,0 e 6,0 mM).

Os compostos que fizeram parte da solução para garantir os padrões adequados de testes foram o cloreto de sódio, no quesito de elevar a salinidade, e o ácido salicílico, sendo aplicado

semanalmente, com auxílio de um pulverizador de forma manual e diretamente na área fotossintética da alface. Cada concentração salina teve um reservatório específico com volume de 50 litros, e o sistema de bombeamento da lâmina de água desses depósitos para os perfis hidropônico foi realizado por meio de 4 bombas automáticas controladas por um Arduino, as quais mantiveram as soluções circulando nos perfis por 15 minutos, com intervalos de 15 e 30 minutos durante o dia e a noite respectivamente.

A solução nutritiva foi elaborada conforme descreve Furlani (1998), e as aferições do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica do meio (CE) foram realizadas diariamente. A cultura estabelecida foi a alface cv. Crespa, sendo transplantadas para os perfis após 15 dias da semeadura, com 4 folhas definitivas. As variáveis analisadas foram a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA), índice de produção de massa da parte aérea (IPMPA) e índice de produção de massa da raiz (IPMR). Todas as leituras foram realizadas seguindo o princípio aplicado por Zamora (2018).

Em que para o percentual de massa seca da parte aérea, o cálculo foi realizado segundo a equação 1.

$$\%MSPA = \left(\frac{MSPA}{MFPA} \right) \times 100 \quad (1)$$

Sendo a %MSPA representando a porcentagem de massa seca da parte aérea (%), o MFPA a massa fresca da parte aérea (g) e a MSPA a massa seca da parte aérea (g).

Já para o cálculo do índice de produção de massa da parte aérea e da raiz, segue as seguintes equações 2 e 3.

$$IPMPA = \frac{MSPA}{MST} \quad (2)$$

$$IPMR = \frac{MSR}{MST} \quad (3)$$

Em que, o IPMPA retrata o índice de produção de massa na parte aérea (%), o IPMR índice de produção de massa na raiz (%), MSPA a massa seca da parte aérea (g), MSR a massa seca da raiz (g) e o MST a massa seca total (g).

E após completado o ciclo da espécie, descartou-se 1 planta em cada extremidade usadas como bordaduras recorrendo apenas as 3 plantas centrais do tubo para as aferições.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Quando constatado efeito significativo dos fatores, esses foram avaliados mediante análise de regressão polinomial e teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Os gráficos foram confeccionados no Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a tabela de análise de variância (Tabela 1), houve diferença significativa ($p < 0,05$) apenas para o fator níveis de salinidade para as variáveis: MSPA, %MSPA, IPMPA, IPMR. Não houve efeitos dos blocos sobre os parâmetros de análise, o que demonstrou uma homogeneidade na condução dos tratamentos em todo o experimento. O valor de CV mais elevado foi o da MSPA (35,27%), onde é considerado adequado para uma boa confiabilidade dos dados, classificando-se como médio.

Tabela 1. Análise de variância para a massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), porcentagem de massa seca da parte aérea (%MSPA), e índice de produção de massa da parte aérea (IPMPA) e da raiz (IPMR), da alface sob cultivo hidropônico em função de níveis de salinidade com e sem a aplicação de silício.

FV	GL	Quadrado Médio		
		MS _{PA}	MS _R	%MS _{PA}
Níveis de Salinidade (S)	3	55,016*	1,141 ^{ns}	36,908*
Silício (Si)	1	22,128 ^{ns}	0,583 ^{ns}	10,870 ^{ns}
S x Si	3	19,323 ^{ns}	0,136 ^{ns}	7,576 ^{ns}
Bloco	3	22,135 ^{ns}	0,458 ^{ns}	10,442 ^{ns}
Resíduo	21	14,887	0,576	11,450
CV	%	35,27	33,91	24,76

FV	GL	Quadrado Médio	
		IPM _{PA}	IPM _R
Níveis de Salinidade (S)	3	87,283*	116,678*
Silício (Si)	1	11,222 ^{ns}	3,538 ^{ns}
S x Si	3	1,583 ^{ns}	8,247 ^{ns}
Bloco	3	31,283 ^{ns}	4,091 ^{ns}
Resíduo	21	26,471	33,076
CV	%	6,28	32,19

ns: não significativo; * * e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Para a variável MSPA (Figura 1A) houve um decréscimo de 1,97 g para cada aumento unitário dos níveis de salinidade. Entre o nível de salinidade de 1,5 dS m⁻¹ (13,89 g) a 4,5 dS m⁻¹ (7,98 g) a redução percentual foi de 42,5%. Com o aumento da salinidade na solução nutritiva, o acúmulo de massa seca da parte aérea foi comprometido, refletindo o efeito deletério do excesso de sais para as plantas. Segundo Hassanein et al. (2022), o estresse salino diminui a área vegetativa, as atividades metabólicas e, conseqüentemente, a produtividade das plantas. Em trabalho realizado por (Aguilar, 2022), onde foi testado a alface crespa da cv. Moana sob diferentes níveis de salinidade, observou-se que a medida que se elevou as concentrações de sais na solução nutritiva, o crescimento das plantas diminuíram por respostas lineares ou por vezes com variações mais acentuadas como a quadrática, sendo que a partir da dosagem de 2,0

dS m^{-1} já se presenciava uma queda no crescimento das plantas, sendo que os efeitos mais danoso se tornaram ainda mais evidentes no nível de $4,1 \text{ dS m}^{-1}$.

Já para a %MSPA (Figura 1B) observa-se aumento percentual dessa variável até a concentração salina de $2,85 \text{ dS m}^{-1}$, no qual obteve-se o valor de 15,85 %. Entretanto, em níveis salinos superiores houve um decréscimo substancial representando cerca de 29,02 % em relação ao maior teor salino ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$). Resultados similares foi observado no trabalho de Sousa et al. (2020), onde teve um pico máximo da massa fresca da parte aérea até as concentrações de CEs de 1,31 e $1,03 \text{ dS m}^{-1}$ nas cultivares Bruma e Astra respectivamente, e posteriormente decresceu.

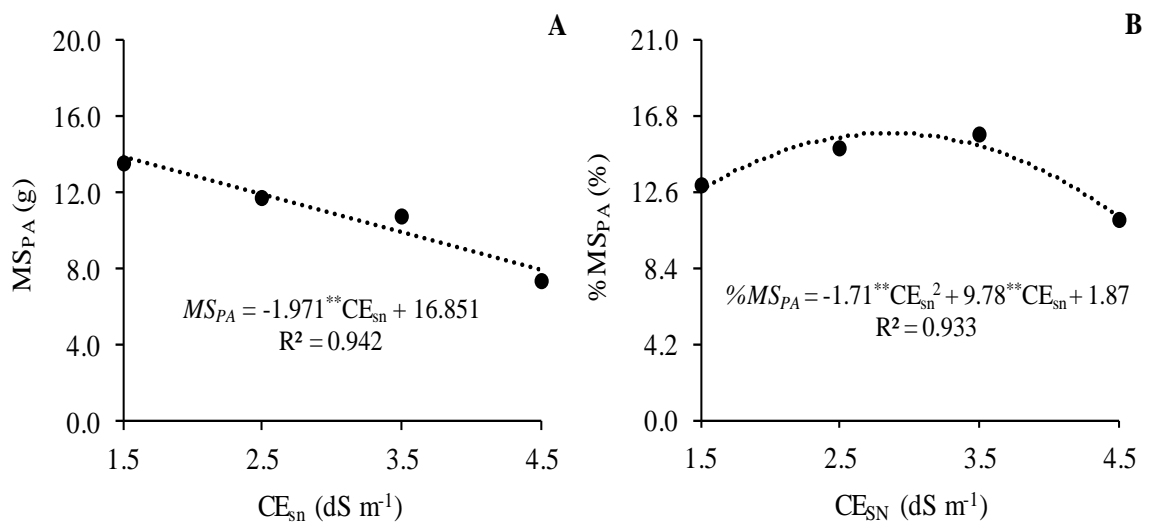


Figura 1. Massa seca da parte aérea (A) e porcentagem de massa seca da parte aérea (B) em função dos diferentes níveis de salinidade. ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No que se refere ao IPMPA (Figura 2A), nota-se uma redução discreta em comparação as crescentes dosagens salinas. Na qual na concentração de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ alcançou 85,69% e na de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ (78,05%), tendo uma discrepância percentual total de 8,92 %. Efeitos similares foi constatado no experimento realizado por Santos et al. (2019) onde a elevação do teor salino promoveu uma diminuição linearmente em todas as variáveis analisadas. Resultados semelhantes foi encontrado no experimento de Dias (2019), onde as cultivares Solaris e Betânea foram prejudicadas conforme aumentava a salinidade, sendo que essa última apresentou quedas na área foliar de 15,4%; 18,24%; 22,32% e 28,7% para cada incremento de 1dS m^{-1} . Observou-se respostas similares no trabalho de Rodrigues et al. (2022), onde a partir dos dez primeiros dias do desenvolvimento da alface, houve diferença entre os tratamentos T1 ($1,5$) e T2 ($2,0$) dS m^{-1} para o número de folhas. Contudo, em se tratando do diâmetro caulinar não houve alteração, demonstrando que a salinidade teve maior impacto sobre a folhagem do vegetal e os tratamentos

T3 (2,5), T4 (3,0) e T5 (3,5) dS m^{-1} obtiveram médias equivalentes para o número de folhas (NF), enquanto que os tratamentos T3 e T4 mostraram valores de diâmetros caulinar parecidos, ambos menores quando comparados com T1 e T2, que se sobressaíram nesses aspectos.

Para o IPMR retratado na Figura 2B, constata-se uma elevação significativa desse índice conforme aumenta-se a concentração salina da solução, configurando-se uma disparidade percentual de 65,18% entre 1,5 dS m^{-1} (13,47%) e 4,5 dS m^{-1} (22,25%).

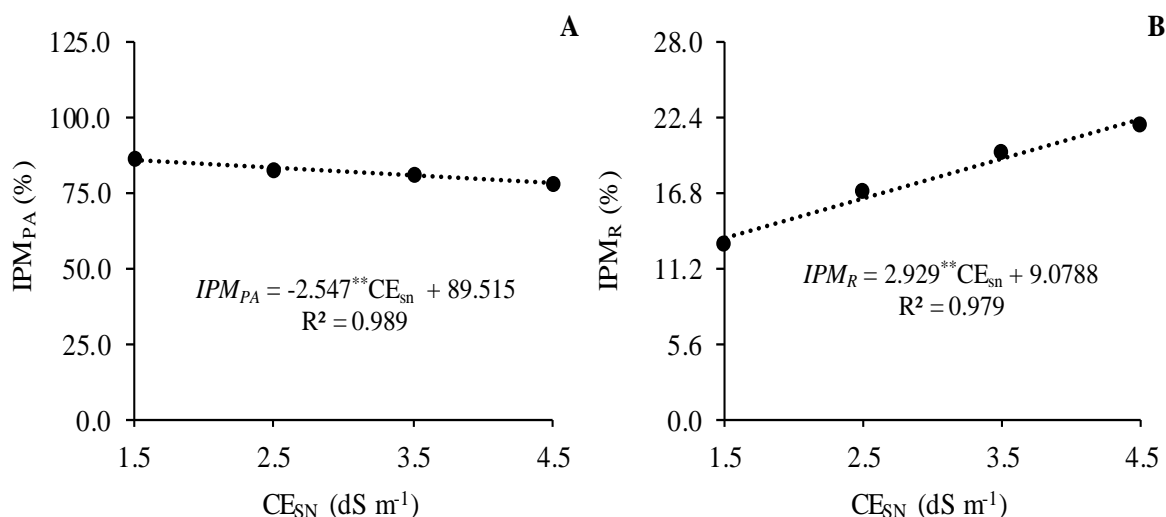


Figura 2. Índice de produção de massa da parte aérea (A) e da raiz (B) da alface sob efeito isolado dos níveis de salinidade. ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Esse comportamento pode estar atrelado aos próprios mecanismos fisiológicos de adaptabilidade e resistência da planta. Com a elevação do teor salino, e consequentemente a manifestação do estresse ambiental, o vegetal passa, como estratégia de sobrevivência, a direcionar o seu metabolismo para desenvolver o sistema radicular e garantir sua continuação mesmo em condições adversas. O acúmulo de íons Na^+ , geralmente, influencia nos processos fisiológicos e bioquímicos ligado ao do K^+ , obtendo, com isso, alterações metabólicas que comprometem o desenvolvimento da planta (MEKAWY et al., 2015).

CONCLUSÕES

Com aumento da concentração salina da solução houve um efeito danoso sobre as variáveis IPMPA, MSPA e %MSPA, provocando uma redução no desenvolvimento da alface. Por outro lado, para o IPMR o acréscimo de sais contribuiu de forma positiva no seu desenvolvimento. Tais resultados podem estar associados a resposta fisiológica da cultura sobre os efeitos negativos provocados pela salinidade. Em relação a aplicação do silício, não houve

influência sobre o desenvolvimento da cultura. Estes resultados, podem estar associados as dosagens submetidas no teste. Nesse sentido, torna-se fundamental novos estudos relacionados as diferentes concentrações do silício, como atenuante ao estresse salino.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa LEMGE (Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento) e a Universidade Federal do Cariri (CCAB/UFCA, Crato, CE) pelo apoio, orientação e logística na realização dos trabalhos. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADEKIYA, A. O; DAHUNSI, S. O; AYENI, J. F; AREMU, C; ABOYEJI, C. M; OKUNLOLA, F; OYELAMI, A. E. Organic and in-organic fertilizers effects on the performance of tomato (*Solanum lycopersicum*) and cucumber (*Cucumis sativus*) grown on soilless medium. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 12212, 2022.

AGUIAR, K. A. T. **Desempenho de alface sob diferentes níveis de salinidade em sistema semi-hidropônico**. 2022. 41 f. Monografia (Engenheira Agrônoma) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

ARIF, Y.; SINGH, P.; BAJGUZ, A.; ALAM, P.; HAYAT, S. Silicon mediated abiotic stress tolerance in plants using physio-biochemical, omic approach and cross-talk with phytohormones. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p.278-289, 2021.

DHIMAN, P.; RAJORA, N.; BHARDWAJ, S.; SUDHAKARAN, S. S.; KUMAR, A.; RATURI, G.; CHAKRABORTY, K.; GUPTA, O. P.; DEVANNA, B. N.; TRIPATHI, D. K.; DESHMUKH, R. Fascinating role of silicon to combat salinity stress in plants: An updated overview. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 162, p. 110–123, 2021.

DIAS, R. H. **Desempenho de cultivares de alface em sistema semi-hidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas**. 2019. 22 f. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and Livestock Products**. 2021. Available online: <http://faostat.fao.org/faostat> (accessed on 22 february 2025).
- FURLANI, P. R. **Instrucoes para o cultivo de hortalias de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1998. 30p.
- HAN, W.; JIA, J.; HU, Y.; LIU, J.; GUO, J.; SHI, Y.; HUO, H.; GONG, H. (2021). Maintenance of root water uptake contributes to salt-tolerance of a wild tomato species under salt stress. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 2, p. 205–217, 2021.
- HASSANEIN, R. A.; HUSSEIN. O. S.; FARAG, I. A.; HASSAN, Y.E.; ABDELKADER, A. F.; IBRAHIM, M. Respostas do coentro (*Coriandrum sativum* L.) estressado por sal a pré-tratamentos com silicato de potássio, ácido húmico e irradiação gama. **Agronomy**, Basel, v. 12, n. 10, p. 2268, 2022.
- KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J. C.; MOU, B.; WATERLAND, N. L. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, p. 19-34, 2016.
- MEKAWY, A. M. M.; ASSAHA, D. V. M.; YAHAGI, H.; TADA, Y.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**. Versailles, v. 87, n. 1, p. 17-25, 2015.
- PAULINO, L. C. **Plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas à água salina e doses de resíduos orgânicos agroindustriais**. 2023. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- RODRIGUES, L. G.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; BERNARDO, L. S.; SIMÕES, D. H. P.; GONÇALVES, A. H. M. Crescimento inicial da alface hidropônica sob diferentes níveis de salinidade em sistema automatizado com Arduino Uno em função da temperatura e umidade do ar no semiárido. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. e34311125136-e34311125136, (2022).
- ROSHDY, A. E. D; ALEBIDI, A; ALMUTAIRI, K; AL-OBEED, R., ELSABAGH, A. O efeito do ácido salicílico no desempenho de plantas de morango sob estresse salino, atividade enzimática e índice de tolerância ao sal. **Agronomia**, v. 11, n. 4, p. 775, 2021.

SANTOS, R. S. S.; COSTA, L. F. F.; SILVA, J. C.; SILVA, J. H. G.; ALMEIDA, R. S.; BARROS, A. C. Components of lettuce production as a function of salt levels in irrigation water. **Revista Ambientale**, v. 11, n. 1, p. 24-34, 2019.

SERRA, M. R.; EVERTON, G. O.; TELES, A. M.; MOUCHREK, A. N. Avaliação microbiológica e eficiência de sanitizantes convencionais em hortaliças (*Lactuca sativa* e *Nasturtium officinale*) de cultivo convencional e hidropônico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 8, 2020.

SILVA, A. A. R.; SOUSA, P. F. N.; DE LIMA, G. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. V. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 6, p. 198, 2022.

SOUSA, J. I.; FREITAS, C. A. S.; SANTOS, F. G. B.; SARAIVA, K. R.; CARVALHO, C. M.; CUNHA, L. S.; FREITAS, R. M. O. Utilização de diferentes concentrações salinas da solução nutritiva na produção de cultivares de alface em cultivo hidropônico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 10, p.17, 2020.

THORNE, S. J.; HARTLEY, S. E.; MAATHUIS, F. J. M. Is Silicon a Panacea for Alleviating Drought and Salt Stress in Crops? **Frontiers in Plant Science**, V. 11, p. 1–16, 2020.

ZAMORA, V. R. O. **Gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade da cultura do coentro**. 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.