

ESTADO HÍDRICO DO ALMEIRÃO CULTIVADO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE E TEMPERATURA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Ellyelson Henrique Lopes da Silva¹, Ronievon Lima Lucena¹, Tarcísio Ferreira de Oliveira², José Amilton Santos Júnior³, Alexsandro Oliveira da Silva⁴, Rafaela da Silva Arruda⁵

RESUMO: O resfriamento da solução nutritiva tem sido apontado como uma estratégia importante para minimizar os efeitos negativos da salinidade, ajudando a manter a integridade das membranas celulares e melhorando a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Neste contexto, objetivou-se avaliar os efeitos dos estresses de salinidade e temperatura na zona radicular sobre o estado hídrico do almeirão cv. Folha Larga. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs_n (1,7; 3,2; 4,7 e 6,2 dS m⁻¹) e duas temperaturas da solução nutritiva (ambiente e controlada na faixa entre 25-30 °C). Foram avaliados o consumo hídrico, a eficiência de uso da água baseada na massa fresca da parte aérea, o extravasamento de eletrólitos e a suculência foliar. De maneira geral, verificou-se que o resfriamento da solução nutritiva contribuiu para minimizar os efeitos nocivos da salinidade sobre o estado hídrico do almeirão, favorecendo um maior consumo hídrico, bem como promovendo a estabilidade na integridade das membranas celulares em relação ao dano causado pela salinidade, dentro do intervalo salino analisado.

PALAVRAS-CHAVE: hidroponia, estresse salino, resfriamento.

WATER STATUS OF CHICORY CULTIVATED UNDER DIFFERENT LEVELS OF SALINITY AND TEMPERATURE OF NUTRIENT SOLUTION

ABSTRACT: Cooling of the nutrient solution has been recognized as an important strategy to minimize the negative effects of salinity, helping to maintain the integrity of cell membranes

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

² Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

³ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁴ Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Caixa Postal 12.168, CEP 60450-760, Fortaleza, CE. Fone (85) 33669758. e-mail: alexsandro@ufc.br

⁵ Doutoranda em Fisiologia Vegetal, Depto de Biologia Vegetal, UFV, Viçosa, MG

and improve the absorption of water and nutrients by the roots. In this context, the aim was to evaluate the effects of salinity and temperature stresses in the root zone on the water status of the chicory cv Folha Larga. The experimental design was a randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement and four replications. The treatments consisted of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution – ECns (1.7; 3.2; 4.7 e 6.2 dS m⁻¹) and two temperatures of the nutrient solution (ambient and controlled within the range of 25-30 °C). Were evaluated water consumption, water use efficiency based on shoot fresh matter, electrolyte leakage and leaf succulence. In general, it was found that cooling the nutrient solution contributed to minimize the harmful effects of salinity on the water status of chicory, favoring greater water consumption, as well as promoting stability in the integrity of cell membranes in relation to salinity damage within the studied saline range.

KEYWORDS: hydroponics, salt stress, cooling.

INTRODUÇÃO

Desenvolver a agricultura em áreas com escassez de recursos hídricos é um desafio significativo para a produção agrícola, especialmente quando as únicas fontes de água disponíveis para este fim, por vezes, possuem altas concentrações de sais, como é o caso de comunidades difusas da região semiárida do Brasil (SILVA et al., 2018). Diante disso, diferentes estudos já verificaram com sucesso a possibilidade técnica de usar águas salobras no preparo de soluções nutritivas para o cultivo de hortaliças folhosas (CRUZ et al., 2018; ATZORI et al., 2019; LEMA et al., 2019).

Apesar dos benefícios da hidroponia para o uso de águas salobras, nas regiões áridas e semiáridas são registradas altas temperaturas do ar na maior parte do ano. Com isso, o efeito da salinidade pode ser ainda mais potencializado com o aumento das temperaturas das soluções nutritivas (SILVA et al., 2020a). Para minimizar esses efeitos negativos, o resfriamento das soluções nutritivas pode ser considerado uma estratégia eficiente, já que pequenas variações na temperatura da zona radicular podem impactar significativamente o desenvolvimento das plantas (THAKULLA et al., 2022).

O almeirão (*Cichorium intybus* L.) é uma hortaliça frequentemente utilizada em saladas (D'IMPERIO et al., 2018). Embora seja capaz de tolerar altas temperaturas durante o crescimento e reprodução, seu melhor desempenho ocorre em temperaturas amenas, entre 12 e 24 °C (PEREIRA et al., 2012). Boyd & Rogers (2004) indicaram que o almeirão apresenta um

grau de resistência à salinidade e isso o torna adequado para ser cultivado em áreas de salinidade relativamente moderada. No estudo de Atzori et al. (2019) em condições salinas, foi observado que o almeirão cultivado em sistema hidropônico demonstrou maior eficiência de uso da água em comparação ao cultivo convencional do solo, evidenciando o potencial dessa cultura nesse sistema.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos dos estresses de temperatura e salinidade na zona radicular sobre o estado hídrico do almeirão cv. Folha Larga. Assim, os resultados desse estudo apresentarão uma nova perspectiva para a gestão sustentável do uso da água no cultivo hidropônico do almeirão, especialmente em áreas com disponibilidade limitada de recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre dezembro de 2021 e fevereiro de 2022 em ambiente protegido na Universidade Federal Rural de Pernambuco (8° 01' 07" de latitude Sul e 34° 56' 53" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, analisado em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de quatro níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas – CE_{sn} (1,7 – controle; 3,2; 4,7 e 6,2 dS m⁻¹), que simularam alguns mananciais presentes na região Nordeste do Brasil (HOLANDA et al., 2016), preparadas em águas salobras obtidas através da solubilização de NaCl (0; 16,43; 32,85 e 49,28 mmol L⁻¹) em água de abastecimento (CE_a = 0,12 dS m⁻¹), que foram aplicadas em duas temperaturas (ambiente e controlada na faixa entre 25-30°C). Para determinação do quantitativo de fertilizantes, utilizou-se a proposta de Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas.

O sistema hidropônico utilizado era composto por tubos de PVC de 2 m de comprimento e 0,1 m de diâmetro, dispostos horizontalmente em uma estrutura vertical de madeira, por reservatórios de 15 L e eletrobombas para circulação da solução nutritiva em intervalos de 15 minutos, das 09:00 às 18:00 h. Válvulas foram acopladas nas extremidades dos tubos, garantindo um nível constante de 0,04 m de solução nutritiva dentro de cada tubo para todas as plantas. O volume evapotranspirado era repostado diariamente com a respectiva água salobra.

A solução nutritiva nos tratamentos resfriados foi mantida entre 25 e 30 °C das 09:00 às 18:00 h, assim como o reservatório e o canal de cultivo foram revestidos com manta térmica

aluminizada. O resfriamento da solução foi realizado em freezers horizontais e durante a noite, todas as soluções foram mantidas à temperatura ambiente.

O semeio do almeirão (*Cichorium intybus* L.) cv. Folha Larga foi realizado em bandejas de poliestireno expandido contendo substrato de fibra de coco, com três sementes em cada célula. Posteriormente, as plântulas foram transferidas para copos plásticos de 180 mL com o mesmo substrato e transplantadas para o sistema hidropônico aos 30 dias após a semeadura.

Foram avaliados consumo hídrico (CH) através do volume diário evapotranspirado por planta; eficiência de uso da água baseada na massa fresca da parte aérea (EUA-MFPA) mediante a relação entre a MFPA e o CH; extravasamento de eletrólitos (EE), conforme metodologia descrita por Paulino et al. (2020); e suculência foliar (SF), de acordo com a seguinte equação descrita por Cruz et al. (2018): $SF = (MFF - MSF) / AF$, em que MFF - massa fresca das folhas, MSF - massa seca das folhas e AF - área foliar.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em nível de 0,05 de probabilidade. Os níveis de CEs_n foram submetidos à análise de regressão. As análises foram realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo hídrico (CH) das plantas foi máximo sob a CEs_n estimada em 2,37 dS m⁻¹ na solução a temperatura ambiente e 2,07 dS m⁻¹ na solução resfriada, atingindo 4,53 e 6,23 L por planta, respectivamente (Figura 1). No entanto, houve uma redução significativa de 54,84% (ambiente) e 58,89% (25 a 30 °C) no CH das plantas expostas ao maior nível salino (6,2 dS m⁻¹) em relação ao consumo máximo estimado, corroborando com os resultados obtidos por Alves et al. (2019) e Silva et al. (2020b) em que o aumento da concentração de sais na solução nutritiva reduziram significativamente o consumo hídrico da chicória.

Ao realizar o desdobramento da temperatura da solução nutritiva dentro de cada CEs_n, observou-se que o almeirão aumentou seu consumo de água em 39,09; 34,81 e 31,22% sob as CEs_n de 1,7; 3,2 e 4,7 dS m⁻¹, respectivamente, quando exposto a solução nutritiva com temperatura entre 25 e 30 °C em comparação com a temperatura ambiente.

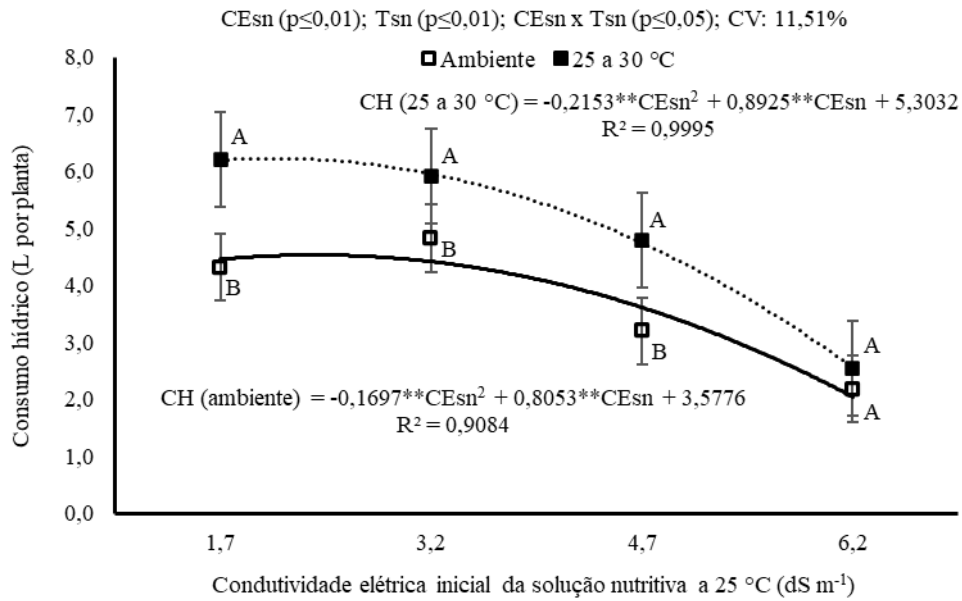


Figura 1. Consumo hídrico de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperaturas ambiente e na faixa entre 25 e 30 °C.

A eficiência de uso da água baseada na massa fresca da parte aérea (EUA-MFPA) foi mínima (14,90 e 15,59 g L⁻¹) nas CEsn estimadas em 4,25 e 3,42 dS m⁻¹ em temperaturas ambiente e entre 25 e 30 °C, respectivamente. Além disso, independentemente da temperatura da solução nutritiva, a EUA-MFPA foi igual (15,60 g L⁻¹) na CEsn estimada de 3,49 dS m⁻¹ (Figura 2).

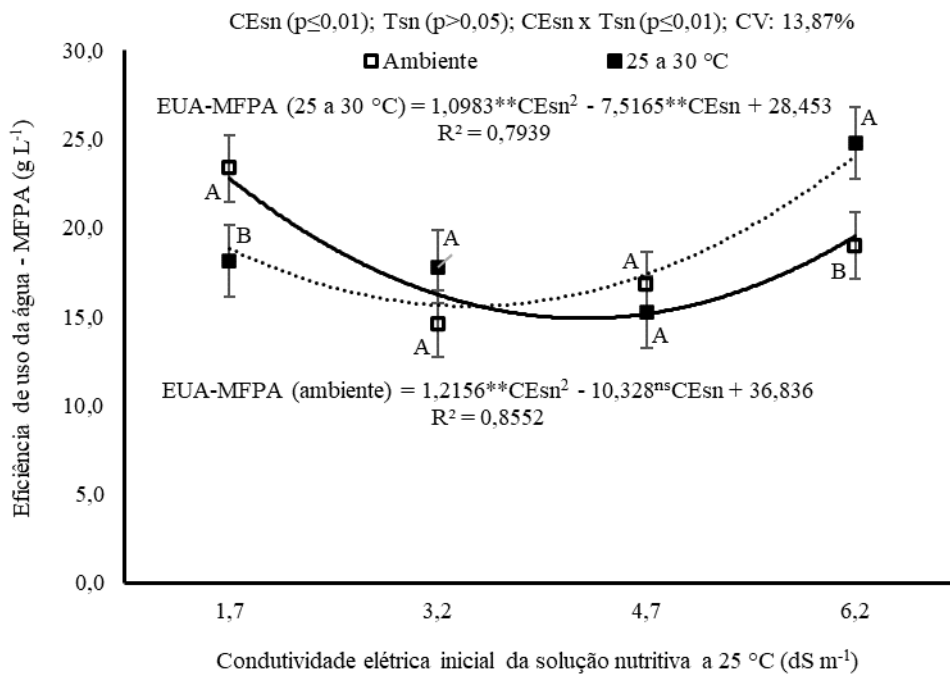


Figura 2. Eficiência de uso da água baseada na massa fresca da parte aérea de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperaturas ambiente e na faixa entre 25 e 30 °C.

Quando as plantas foram cultivadas sob a CEs_n de 1,7 dS m⁻¹, verificou-se que a produção de MFPA (g) por litro consumido foi 20,92% maior nas plantas expostas a soluções nutritivas em temperatura ambiente em relação as plantas sob solução resfriada. Isto pode ser devido ao maior consumo de água das plantas expostas à solução nutritiva na faixa de 25 a 30 °C em comparação com as plantas cultivadas em solução à temperatura ambiente. Por outro lado, controlar a temperatura da solução nutritiva na faixa de 25 a 30 °C teve um efeito positivo na redução dos danos causados pelo maior nível de salinidade (6,2 dS m⁻¹), melhorando a disponibilidade de água nas raízes e favorecendo a produção de MFPA por litro de água consumido.

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) no extravasamento de eletrólitos (Figura 3) em plantas expostas a soluções nutritivas na faixa de 25 a 30 °C, com média de 10,43%, ou seja, mesmo com o aumento da concentração de sais na solução, os danos causados à integridade das membranas foram estabilizados pelo resfriamento da solução nutritiva. Já quando se analisa a CEs_n dentro da Tsn (ambiente), houve aumento de 0,8537% por cada dS m⁻¹, com dano na membrana celular de até 13,77% na CEs_n estimada em 6,2 dS m⁻¹.

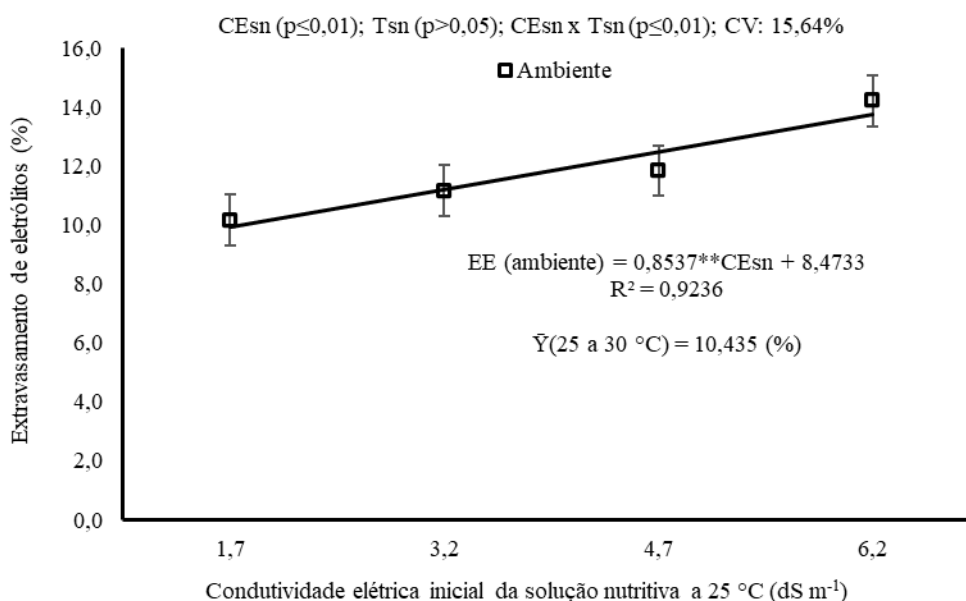


Figura 3. Extravasamento de eletrólitos de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperaturas ambiente e na faixa entre 25 e 30 °C.

Em um estudo anterior, Freitas et al. (2019) observaram um aumento de 61% no extravasamento de eletrólitos em plantas de alface hidropônica sob estresse salino (40 mM de NaCl) em comparação ao tratamento controle. O extravasamento de eletrólitos é utilizado como um indicador de danos à membrana celular e estresse oxidativo em condições de salinidade elevada.

A suculência foliar (Figura 4) atingiu seu valor máximo (2,63 g H₂O dm⁻²) na CEsn estimada de 4,65 dS m⁻¹ e não foi afetada (p>0,05) pela temperatura. Esse aumento sugere um limite de tolerância à salinidade pela cultura (LEMA et al., 2019). No entanto, a redução da suculência a partir desse ponto máximo pode ser explicada pela maior dificuldade de absorção de água pelas raízes das plantas sob estresse salino (CRUZ et al., 2018).

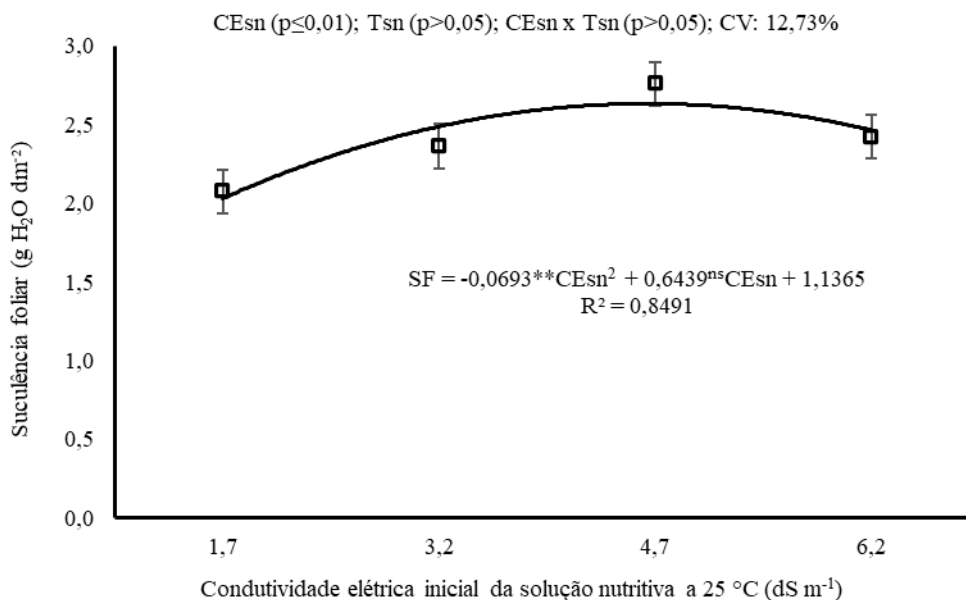


Figura 4. Suculência foliar de plantas de almeirão, cv. Folha larga, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e dispostas em temperaturas ambiente e na faixa entre 25 e 30 °C.

CONCLUSÕES

O resfriamento da solução nutritiva entre 25 e 30 °C aumentou o consumo hídrico do almeirão até a condutividade elétrica de 4,7 dS m⁻¹. A manutenção da temperatura controlada nessa mesma faixa (25 a 30 °C) proporcionou maior eficiência de uso da água em termos de produção da massa fresca da parte aérea das plantas quando cultivadas na condutividade elétrica de 6,2 dS m⁻¹.

A exposição das plantas a soluções nutritivas em temperatura ambiente resultou em aumento gradativo do dano à integridade da membrana, enquanto nas plantas cultivadas em soluções com temperatura entre 25 e 30 °C, o dano se manteve estável dentro do intervalo salino estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. S.; SILVA, M. G.; GHEYI, R. H.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; RAFAEL, M. R. S. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. **Irriga**, v.24, p.758-769, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n4p758-769>>.

ATZORI, G.; NISSIM, W. G.; CAPARROTTA, S.; SANTANTONI, F.; MASI, E. Seawater and water footprint in different cropping systems: a chicory (*Cichorium intybus* L.) case study. **Agricultural Water Management**, v.211, p.172-177, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.040>>.

BOYD, D. C.; ROGERS, M. E. Effect of salinity on the growth of chicory (*Cichorium intybus* cv. Puna) - a potential dairy forage species for irrigation areas. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.189-192, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1071/EA02124>>.

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, Ê. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.622-627, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p622-627>>.

D'IMPERIO, M.; MONTESANO, F. F.; RENNA, M.; LEONI, B.; BUTTARO, D.; PARENTE, A.; SERIO, F. NaCl stress enhances silicon tissue enrichment of hydroponic “baby leaf” chicory under biofortification process. **Scientia Horticulturae**, v.235, p.258-263, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.001>>.

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

FREITAS, W. E. S.; OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; CARVALHO, H. H.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Sulfur-induced salinity tolerance in lettuce is due to a better P and K uptake, lower Na/K ratio and an efficient antioxidative defense system. **Scientia Horticulturae**, v.257, p.108764, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108764>>.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999. 52p. Boletim Técnico IAC, 180

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.4, p.35-50.

LEMA, M.; ALI, M. Y.; RETUERTO, R. Domestication influences morphological and physiological responses to salinity in *Brassica oleracea* seedlings. **AoB Plants**, v.11, p.1-14, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/aobpla/plz046>>.

PAULINO, M. K. S. S.; SOUZA, E. R.; LINS, C. M. T.; DOURADO, P. R. M.; LEAL, L. Y. C.; MONTEIRO, D. R.; REGO JUNIOR, F. E. A.; SILVA, C. U. C. Influence of vesicular trichomes of *Atriplex nummularia* on photosynthesis, osmotic adjustment, cell wall elasticity and enzymatic activity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.155, p.177-186, 2020. Disponível em: <<https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.plaphy.2020.07.036>>.

PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F. H.; MALLMANN, L. S.; COSTA, L. A. D. M.; COSTA, M. S. D. M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1100-1106, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001000010>>.

SILVA, M. G.; ALVES, L. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; BIONE, M. A. A. Growth, production and water use efficiency of chicory (*Cichorium endivia* L.) in hydroponic systems using brackish waters. **Advances in Horticultural Science**, v.34, p.243-253, 2020b. Disponível em: <<https://doi.org/10.13128/ahsc-8855>>.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, p.547-552, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>>.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, M. G. B.; SANTOS, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, v.40, p.674-683, 2020a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n6p674-683/2020>>.

THAKULLA, D.; DUNN, B.; HU, B.; GOAD, C.; MANESS, N. Nutrient solution temperature affects growth and °Brix parameters of seventeen lettuce cultivars grown in an NFT hydroponic system. **Horticulturae**, v.7, p.321, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/horticulturae7090321>>.