



MONITORAMENTO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS DE ACORDO COM AS METODOLOGIAS DE FURLANI, BERNARDES, CASTELANE E ARAÚJO

Josilda de França Xavier¹, Leandro Fabrício de Sena¹, Carlos Alberto Vieira de Azevedo², Gleyka Nóbrega Vasconcelos¹, Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo³, Aline Costa Ferreira⁴

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi monitorar as diferentes concentrações do potencial hidrogeniônico - pH e condutividade elétrica - CE em soluções nutritivas preparadas de acordo com as metodologias de Furlani, Bernardes, Castelane e Araújo no cultivo da alface crespa. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais-CCAA da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB Campus II, situado na zona rural da cidade de Lagoa Seca-PB, com coordenadas geográficas: (7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W), via técnica Fluxo Laminar de Nutrientes-NFT. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas em esquema 7 x 3 com três repetições, cujos fatores foram 7 soluções nutritivas e três cultivares da alface crespa. As soluções nutritivas foram dispostas nas parcelas e as cultivares nas sub-parcelas. A parcela experimental foi constituída pelas soluções nutritivas (S). S1=Água de açude; S2=Furlani (SNA); S3=Furlani (CNA); S4 = Castelane e Araújo (SNA); S5=Castelane e Araújo (CNA); S6 = Bernardes (SNA) e S7=Bernardes (CNA) e a subparcela pelas três cultivares da alface Crespa (Elba, Filó e Milena) cada sub parcela foi composta por seis plantas. Os menores valores de pH observados foram de (4,6; 4,7; 4,4 e 4,6) nas soluções S1 (1,000), S4 (3,586), S5 (4,190) e S7 (3,360 dS m⁻¹). Notou-se que o maior valor de pH encontrado foi na solução S2 (3,292 dS m⁻¹) com valor de (7,8). Os valores mais elevados de CE ocorrem nos dias 6 e 11 nas soluções nutritivas S5 e S4 (5,377 e 5,152 dS m⁻¹). A solução S3 = (2,530 dS m⁻¹) obteve o maior

¹ Doutorando (a) em Engenharia Agrícola. UAEA/PPGEA/UFCG, CEP: 58429-900 Campina Grande, PB, Fone: (83) 21011184 4, e-mail: josildaxavier@yahoo.com.br

² Dr. Prof. Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-UAEA, Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Agrícola-PPGEA, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

³ Dra. Profa. DAA/CCAA Campus II, Lagoa Seca-PB, (83) 98702-4299 mazevedo@ccaa.uepb.edu.br

⁴ Dra. Profa. Dra. Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias-UAGRA, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. (CCTA), Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

consumo hídrico no dia 170 apresentando valor de (3,633,33 ml), em relação as demais soluções nutritivas.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo Laminar de Nutrientes, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica.

MONITORING OF NUTRITIONAL SOLUTIONS PREPARED ACCORDING TO THE METHODOLOGIES OF FURLANI, BERNARDES, CASTELANE AND ARAÚJO

ABSTRACT: The objective of this work was to monitor the different concentrations of the hydrogenic potential - pH and electrical conductivity - EC of the nutritive solutions prepared according to the methodologies of Furlani, Bernardes, Castelane and Araújo in the cultivation of curly lettuce. The experiment was carried out in a protected environment, at the Center for Agricultural and Environmental Sciences-CCAA of the State University of Paraíba-UEPB Campus II, located in the rural area of the city of Lagoa Seca-PB, with geographic coordinates: (7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W), via Laminar Flow of Nutrients-NFT technique. The experimental plot consisted of nutrient solutions (S). S1=Water from a dam; S2=Furlani (SNA); S3=Furlani (CNA); S4=Castelane and Araújo (SNA); S5=Castelane and Araújo (CNA); S6 = Bernardes (SNA) and S7=Bernardes (CNA) and the subplot by the three cultivars of Crespa lettuce (Elba, Filó and Milena) each subplot was composed of six plants. The lowest pH values observed were (4.6; 4.7; 4.4 and 4.6) in solutions S1 (1.000), S4 (3.586), S5 (4.190) and S7 (3.360 dS m⁻¹). It was noted that the highest pH value found was that of solution S2 (3.292 dS m⁻¹) with a value of (7.8). The highest EC values occur on days 6 and 11 in nutrient solution S5 and S4 (5.377 and 5.152 dS m⁻¹). The solution S3 = (2.530 dS m⁻¹) obtained the highest water consumption on day 170, presenting a value of (3.633.33 ml), in relation to the other nutrient solutions.

KEYWORDS: Laminar Flow of Nutrients, hydrogen potential, electrical conductivity.

INTRODUÇÃO

A hidroponia é um sistema de cultivo de plantas onde se utiliza solução nutritiva como principal componente (RESH, 1995; SANTOS et al., 2010). Segundo Oliveira et al. (2014) a solução nutritiva para o cultivo hidropônico é de fundamental importância, pois o crescimento,

desenvolvimento e a produção da cultura dependerão de uma formulação adequada e balanceada com os macros e micronutrientes necessários para a cultura.

A solução nutritiva deve conter os macros e micronutrientes adequados na sua formulação, levando em consideração a necessidade fisiológica da planta a ser cultivada com esta solução, que é de fundamental importância para o desenvolvimento, crescimento e frutificação da mesma, (OLIVEIRA et al., 2014; XAVIER et al., 2021). A solução nutritiva é considerada uma das partes mais importante de todo o sistema hidropônico (FERREIRA et al., 2021).

A solução nutritiva deve ser composta pelos macros e micronutrientes, como: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (FURLANI et al., 1999).

No entanto existe diversas formulações sugeridas para o cultivo hidropônico, dependendo assim da espécie a ser cultivada que apresentam diferentes concentrações de nutrientes, pH e condutividade elétrica e o cultivo de hortaliças existe grandes variações das fórmulas recomendadas (PAULUS et al., 2008).

Mas existe diversas formulações sugeridas para o cultivo hidropônico, dependendo assim da espécie a ser cultivada que apresentam diferentes concentrações de nutrientes, potencial hidrogeniônico - pH e condutividade elétrica - CE e o cultivo de hortaliças existe grandes variações das fórmulas recomendadas (PAULUS et al., 2008).

Durante todo esse processo do cultivo hidropônico, alguns parâmetros, tais como pH e condutividade elétrica da água, devem ser monitorados com certa frequência. Uma vez que a alteração destes parâmetros pode prejudicar o desenvolvimento do vegetal em cultivo, o produtor deve saber a forma adequada de realizar a correção destes fatores. Porém, um dos motivos que provavelmente mais desestimulam a adoção do cultivo hidropônico seja o seu maior investimento inicial em relação ao método de cultivo tradicional (ECOCENTER, 2022).

O pH e a CE da água é de suma importância para um sistema hidropônico, Furlani et al. (1999), recomenda que o pH das soluções nutritivas devem ser verificadas diariamente mantendo seu valor na faixa de 5,5 a 6,5 como também recomendam que faixas de C.E.: 1,5 a 2,5 para alface.

O objetivo desse trabalho foi monitorar as diferentes concentrações do potencial hidrogeniônico - pH e condutividade elétrica - CE em soluções nutritivas preparadas de acordo com as metodologias de Furlani, Bernardes, Castelane e Araújo no cultivo da alface crespa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico (Figura 1) adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT) em ambiente protegido do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais-CCAA da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB Campus II, situado na zona rural da cidade de Lagoa Seca-PB e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: (7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W), segundo a classificação climática de Köppen-Geige (BRASIL, 1971).



Figura 1. Vista geral do sistema hidropônico utilizando a técnica (Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas em esquema 7 x 3 com três repetições, cujos fatores foram 7 soluções nutritivas e três cultivares da alface crespa. As soluções nutritivas foram dispostas nas parcelas e as cultivares nas sub-parcelas. A parcela experimental foi constituída pelas soluções nutritivas (S). S1=Água de açude; S2=Furlani (SNA); S3=Furlani (CNA); S4 = Castelane e Araújo (SNA); S5=Castelane e Araújo (CNA); S6 = Bernardes (SNA) e S7=Bernardes (CNA) e a subparcela pelas três cultivares da alface Crespa (Elba, Filó e Milena) cada sub parcela foi composta por seis plantas.

As soluções nutritivas S2, S3, S4, S5, S6 e S7 foram preparadas conforme as metodologias propostas Furlani (1999), Castelane & Araújo (1994) e Bernardes (1997). As formulações das soluções nutritivas otimizadas, foram realizadas utilizando-se a ferramenta SOLVER, para isto, montou-se uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel contendo a composição química da água de qualidade inferior de açude. Para a solução S1 considerou só

os nutrientes existem na água de qualidade inferior de açude. As soluções nutritivas S2, S4 e S6 foram formuladas sem levar em consideração os nutrientes existentes na água do açude (SNA), enquanto as soluções S3, S5 e S7 foram preparadas levando em consideração os nutrientes presentes na água do açude (CNA).

Uma vez formuladas, os minerais foram misturados, durante a condução do experimento as soluções eram calibradas realizando-se leituras da CEs e pH utilizando condutivímetro e peagâmetro portátil. A CEs foi mantida a aproximadamente a das soluções estoque e o pH entre 5,5 e 7,0 mantendo-o próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou HCL (5 mol L^{-1}).

O manejo das soluções nutritivas foi realizado diariamente, após a leitura da CE, quando verificado a variação inferior ou superior a 20% da inicial para cada tratamento, a reposição era realizada com soluções estoque ou água de abastecimento, retornando assim, a CE para o valor original, independente dos tratamentos, as soluções nutritivas foram trocadas em períodos equidistantes de sete dias.

Tabela 1. Caracterização físico-química da água utilizada no experimento.

Determinações	Água do açude
Potencial Hidrognônico-pH	6,9
Condutividade Elétrica (dS m^{-1})	1,373
Cálcio (Ca^{++}) (mg/L)	22,1
Magnésio (Mg^{++}) (mg/L)	31,8
Sódio (Na^+) (mg/L)	195,6
Potássio (K^+) (mg/L)	22,0
Cloretos (Cl^-) (mg/L)	342,2
Alumínio (Al^{3+}) (mg/L)	0,08
Ferro Total (mg/L)	1,13
Alcalinidade em bicarbonato (CaCO_3) (mg/L)	78,0
Alcalinidade total (CaCO_3) (mg/L)	78,0
Gás carbônico - CO_2 livre (mg/L)	15,1
Sulfato (SO_4^-) (mg/L)	117,0
Fósforo Total (mg/L)	14,0
Nitrato (NO_3^-) (mg/L)	0,24
Nitrito (NO_2^-) (mg/L)	0,050
Amônia (NH_3) (mg/L)	2,08
Sílica (SiO_2) (mg/L)	349
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	1,40
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C) (mg/L)	864,2

Os quantitativos dos fertilizantes minerais e da composição química da solução nutritiva estão dispostos na Tabela 2 para isto, utilizou-se a ferramenta Solver do Microsoft Office Excel todas as soluções foram preparadas para 200 L.

Tabela 2. Composição química das soluções nutritivas minerais para 200 litros (mg L^{-1}) conforme as metodologias propostas Furlani (1999), Castelane & Araújo (1994), e Bernardes (1997).

Fertilizantes	Soluções nutritivas					
	Furlani		Castelane e Araújo		Bernades	
	S ₂ (SNA)*	S ₃ (CNA)**	S ₄ (SNA)*	S ₅ (CNA)**	S ₆ (SNA)*	S ₇ (CNA)**
KCl	124,61	25,00	170,84	54,34	108,30	50,87
(NH ₄) ₂ SO ₄	8,69	11,74	76,52	10,76	3,77	4,50
NH ₄ H ₂ PO ₄ - MAP	10,72	9,07	20,00	21,58	23,40	18,65
Ca (NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	266,67	194,63	288,00	187,10	236,00	179,55
KNO ₃	0,00	171,99	0,00	219,32	0,00	66,31
Mn SO ₄ ·H ₂ O	50,82	0,00	50,21	0,00	101,65	36,2
H ₃ BO ₃	0,42	0,54	0,58	0,75	0,59	0,58
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0,04	0,05	0,02	0,23	0,00	0,00
CuSO ₄ ·7H ₂ O	0,06	0,07	0,05	0,06	0,02	0,02
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,40	0,51	0,34	0,44	0,31	0,30
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,20	0,25	0,26	0,34	0,05	0,05
Fe-Q48 (g/L)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

KCl - cloreto de potássio; (NH₄)₂SO₄ - Sulfato de amônio, NH₄H₂PO₄ - MAP - Fosfato Monoamônico, Ca (NO₃)₂·6H₂O - Nitrato de cálcio, KNO₃ - Nitrato de potássio, Mn SO₄·H₂O - Sulfato de manganês, H₃BO₃ - Ácido bórico, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O - Molibdato de amônio, CuSO₄·7H₂O - Sulfato de cobre, MnSO₄·H₂O - Sulfato de manganês, ZnSO₄·7H₂O - sulfato de zinco, Micro Fe-Q48 (g/L) - Ferro. *S₂ = Furlani (SNA); **S₃ = Furlani (CNA); *S₄ = Castelane e Araújo (SNA); **S₅ = Castelane e Araújo (CNA); *S₆ = Bernardes (SNA) e **S₇ = Bernardes (CNA).

Após as formulações cada solução nutritiva apresentou as seguintes Condutividade elétrica – CE (dS m^{-1}) e potencial hidrogeniônico-pH de acordo com cada metodologia sugerida pelos autores (Tabela 3) e foram armazenadas em bombonas de 200L (solução estoque).

Tabela 3. Condutividade elétrica – CE (dS m^{-1}) e Potencial Hidrognônico-pH das soluções nutritivas estoque após a formulações.

Soluções nutritivas	CE	pH
S ₂ = Furlani (SNA)	3,292	7,4
S ₃ = Furlani (CNA)	2,530	6,8
S ₄ = Castelane e Araújo (SNA)	3,586	6,7
S ₅ = Castelane e Araújo (CNA)	4,190	6,5
S ₆ = Bernardes (SNA)	3,360	6,6
S ₇ = Bernardes (CNA)	2,862	6,6

A Condutividade elétrica – CE (dS m^{-1}) e o Potencial Hidrognônico-pH foram medidos com aparelhos digitais portátil.

Com os dados coletados, montou-se uma planilha no EXCEL, para realizar a estatística descritiva e entender o comportamento dos parâmetros avaliados durante a condução do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento registrou-se diariamente os valores da temperatura mínima, média, máxima no horário das 8:00hs, cujos dados estão demonstrados na (Figura 2).

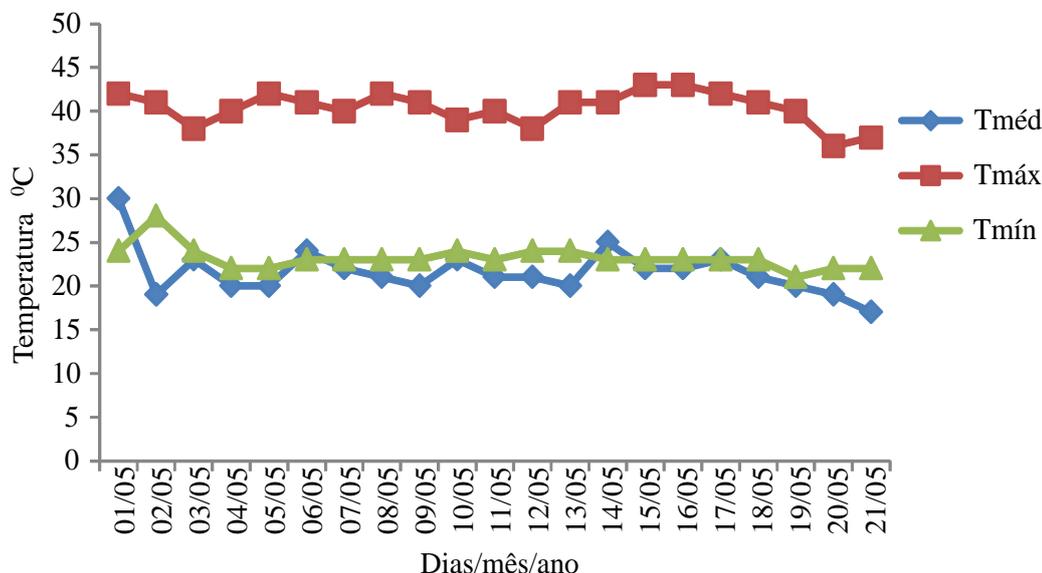


Figura 2. Dados de temperatura máxima (T. Máx.), temperatura mínima (T. Mín.), temperatura média (T. Méd.) e temperatura registrada as 8:00hs durante a condução do experimento.

Os resultados foram descritos de acordo com a análise da estatística descritiva dos dados de CE e pH, coletados diariamente. A (Figura 3 A e B) mostra os gráficos do potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) respectivamente, durante o período que as cultivares da alface crespas estiveram no perfil hidropônico. Analisando a (Figura 3A), os menores valores de pH observados foram de (4,6; 4,7; 4,4 e 4,6) nas soluções S1 (1,000), S4 (3,586), S5 (4,190) e S7 (3,360 dS m⁻¹) respectivamente, esses valores de pH pode causar um comprometimento da permeabilidade das membranas e o crescimento radicular é retardado. Isto resulta da ação dos íons H⁺ (acidez) sobre as membranas das células das raízes. Ainda na a (Figura 3A), notou-se que o maior valor de pH encontrado foi o da solução S2 (3,292 dS m⁻¹) com valor de (7,8), restante das soluções nutritivas o pH variou em torno de (5,0 a 7,5). No intervalo dos dias 9 aos 18, observa-se que houve variações nos valores do pH em todas as soluções nutritivas.

Na (Figura 3B), observa-se o gráfico da variação da CE de cada solução nutritiva, analisando, observa-se as soluções nutritivas que a menor variação das soluções S1 (0,999), S2 (2,584), S3 (1,759), S4 (3,315), S5 (3,895), S6 (2,919) e S7 (2,589 dS m⁻¹) respectivamente, é perceptível também que ao longo do experimento as soluções obtiveram valores mais alto nos dias 6 e 11 nas solução nutritiva S5 e S4 (5,377 e 5,152 dS m⁻¹) respectivamente, é provável

que essas oscilações ocorrem devido as altas temperaturas nestes dias, deste modo fazendo com que haja uma maior absorção de solução nutritiva pelas as plantas, assim fazendo com que exista uma maior concentração de sais nas soluções nutritivas.

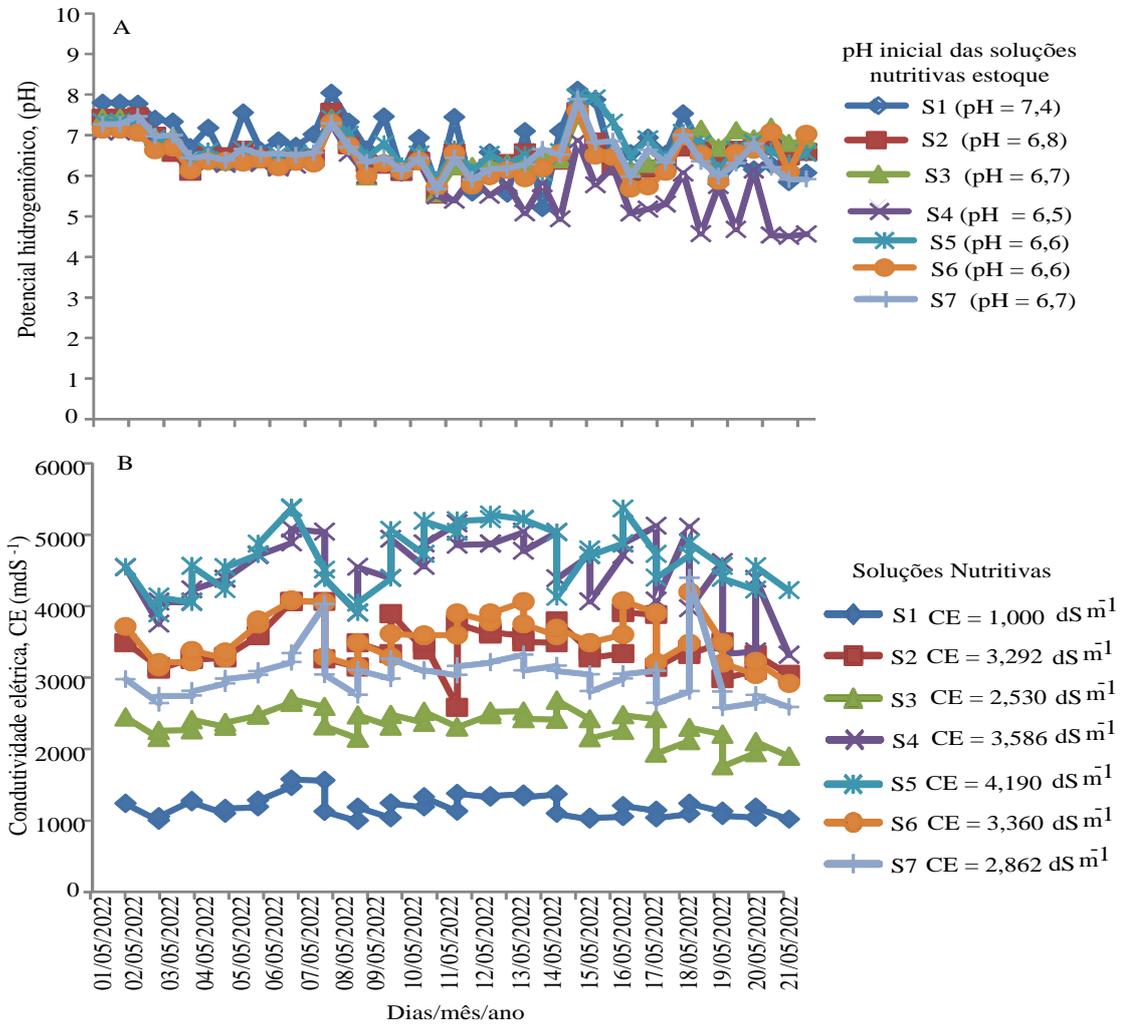


Figura 3. Variação do potencial hidrogeniônico-pH (A) e Condutividade elétrica-CE (B) das três cultivares da alfaca crespa durante o período experimental das soluções nutritivas S1 = água de qualidade inferior de açude; S2 = Furlani (SNA); S3 = Furlani (CNA); S4 = Castelane e Araújo (SNA); S5 = Castelane e Araújo (CNA); S6 = Bernardes (SNA) e S7 = Bernardes (CNA).

Na Figura 4 observa-se a variação do consumo hídrico por planta, (ml) Plant⁻¹ dia⁻¹ durante o experimento no perfil hidropônico.

É perceptível na Figura 4 que houve oscilações do consumo hídrico pelas plantas em todas as soluções nutritivas, com destaque para os maiores consumo hídrico durante o período dos 130 aos 20° dia, onde as temperaturas máximas dentro do ambiente protegido nesta ocasião variaram entre 40 a 42°C e as plantas já apresentavam desenvolvimento no crescimento e consequentemente o consumo das soluções nutritivas foi mais acentuado (Figura 4). Ainda na Figura 4, observamos que a solução S3 = (2,530 dS m⁻¹) obteve o maior consumo hídrico no dia 170 apresentando valor de (3.633,33 ml), em relação as demais soluções nutritivas.

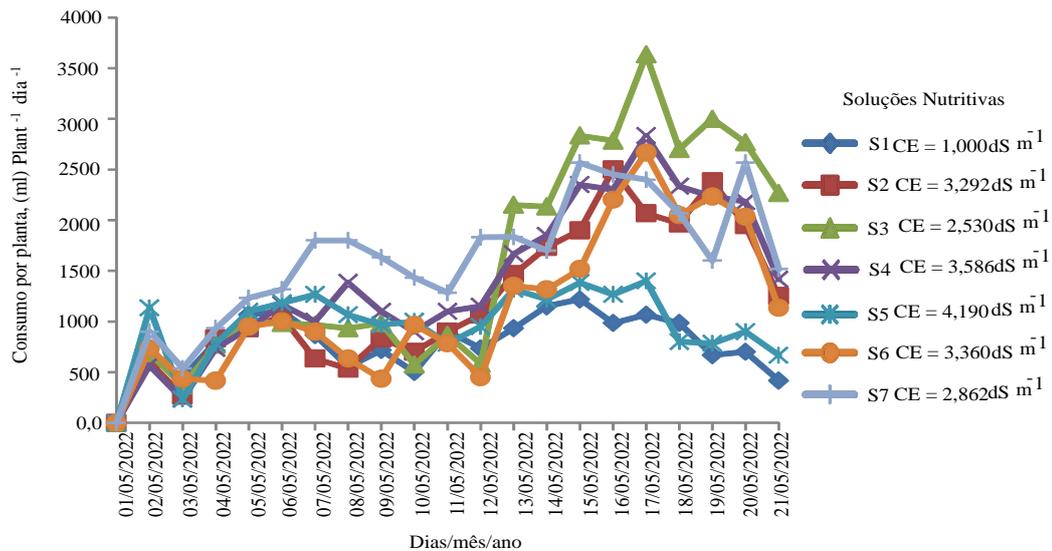


Figura 4. Variação do consumo hídrico por planta, (ml) Plant⁻¹ dia⁻¹ das três cultivares da alface crespa durante o período experimental das soluções nutritivas S1 = água de qualidade inferior de açude; S2 = Furlani (SNA); S3 = Furlani (CNA); S4 = Castelane e Araújo (SNA); S5 = Castelane e Araújo (CNA); S6 = Bernardes (SNA) e S7 = Bernardes (CNA).

CONCLUSÕES

Os menores valores de pH observados foram nas soluções S1, S4, S5 e S7 e o maior valor de pH encontrado foi o da solução S2. Os valores mais elevados de CE ocorrem nos dias 6 e 11 nas soluções nutritivas S5 e S4. A solução S3 obteve o maior consumo hídrico no dia 17^o em relação as demais soluções nutritivas.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pelo apoio financeiro para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia da alface - uma história de sucesso**. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 135 p.1997.

- BRASIL. **Levantamento exploratório**. Rec. de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: (Boletim Técnico, 15 Min. da Agricultura. Eq. de Pedologia e Fert. do Solo. Div. de agrologia–SUDENE.). 670. 1971.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.
- FURLANI, P. R.; BOLONHESI, L. C. P.; FANQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas. Instituto Agrônomo. (Boletim técnico, 180). 1999.
- OLIVEIRA, L. L. P.; FARIAS, W. C.; LINHARES, P. S. F.; MELO, M. R. S.; CAVALCANTE, J. J.; DOMBRONSKI, J. L. D. Análise de diferentes dosagens de solução nutritiva no cultivo de mudas de alface americana (*Lactuca sativa*). **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**. 2014.
- PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; PAULUS, E. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, 26: 061-067. 2008.
- RESH, H. M. Hydroponic food production: a definitive guide book for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. **Woodbridge**. v.5, 567f. 1995.
- SANTOS, C. M. G.; BRAGA, C. L.; VIEIRA, M. R. S.; CERQUEIRA, R. C.; BRAUER, R. L.; LIMA, G. P. P. Qualidade da alface comercializada no município de Botucatu-SP. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 67-74. 2010.
- XAVIER, J. F.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; FERNANDES J. D.; SALES, J. C. R.; FERNANDE, J. D.; CORRÊA, E. B. Ascorbic acid and photosynthetic pigments in curly lettuce grown in a hydroponic system with saline solutions. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021.