

**Produtividade da alface cultivada em campo e ambiente protegido em resposta às lâminas de irrigação e níveis salinos**

**Productivity of lettuce grown in field and environment protected in response the irrigation blades and saline levels**

**Productividad de la lechuga cultivado en el campo y ambiente protegido en respuesta a la láminas de riego y los niveles salinos**

Recebido: 08/10/2020 | Revisado: 10/10/2020 | Aceito: 20/10/2020 | Publicado: 21/10/2020

**Cinara Bernardo da Silva**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0666-4329>

Extensionista Emater, EMATER, Alagoas, Brasil

E-mail: [cinara\\_cbs@hotmail.com](mailto:cinara_cbs@hotmail.com)

**Márcio Aurélio Lins dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5216-4443>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [mal.santo@arapiraca.ufal.br](mailto:mal.santo@arapiraca.ufal.br)

**Daniella Pereira dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4450-0141>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [daniellapsantos@hotmail.com](mailto:daniellapsantos@hotmail.com)

**Cícero Gomes dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2264-6772>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [cgomes@arapiraca.ufal.br](mailto:cgomes@arapiraca.ufal.br)

**Valdevan Rosendo dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-1369>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [valdevan@arapiraca.ufal.br](mailto:valdevan@arapiraca.ufal.br)

**Marcilene Bezerra de Sá**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5570-4492>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [marcilenebezerrasa@gmail.com](mailto:marcilenebezerrasa@gmail.com)

**Rayane Stefane da Silva Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7204-457X>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [rayaaness2@gmail.com](mailto:rayaaness2@gmail.com)

**Williams Querino Brandão Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0319-6363>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: [williamsjunior1999.wj@gmail.com](mailto:williamsjunior1999.wj@gmail.com)

## Resumo

Objetivou-se avaliar, por meio da biometria e da produtividade, a resposta da alface a lâminas de irrigação e níveis salinos em condições de campo e em ambiente protegido. O delineamento foi em blocos ao acaso, 5 blocos, em esquema fatorial 5x5. Utilizou-se lâminas de irrigação: L<sub>1</sub>= 50; L<sub>2</sub>= 75; L<sub>3</sub>= 100; L<sub>4</sub>= 125 e L<sub>5</sub>= 150% da ETc e níveis de água salina: S<sub>1</sub>= 0,12; S<sub>2</sub>= 1,12; S<sub>3</sub>= 2,12; S<sub>4</sub>= 3,12 e S<sub>5</sub>= 4,12 mS cm<sup>-1</sup>. As variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), índice de área foliar (IAF), índice de número de folhas (INF), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), produtividade da alface (PA) e produtividade do uso da água na alface (PAA). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão em superfície de resposta, utilizando o software estatístico R. Para a biometria, os melhores resultados foram observados para a variável AP em ambiente protegido e o DC em campo. O IAF tiveram melhores resultados em campo e a variável INF, em ambiente protegido. Para a PA, o cultivo em campo obteve os melhores resultados atingindo uma produtividade de 13,52 t ha<sup>-1</sup>. Para as variáveis AP, DC, IAF, INF, MFT, MST e PA os melhores resultados foram obtidos para lâminas iguais ou superiores a 100% da ETc e a salinidade entre 0,12 e 1,12 mS cm<sup>-1</sup>. Já a variável PAA teve comportamento decrescente com o aumento da lâmina de irrigação nos dois ambientes de cultivo.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*; Consumo hídrico; salinidade.

## Abstract

The objective of this study was to evaluate, through biometrics and productivity, lettuce response to irrigation blades and saline levels under field conditions and in protected environment. The design was in randomized blocks, 5 blocks, in factorial scheme 5x5. Irrigation blades were used: L<sub>1</sub>= 50; L<sub>2</sub>= 75; L<sub>3</sub>= 100; L<sub>4</sub>= 125 and L<sub>5</sub>= 150% ETc and saline

water levels:  $S_1= 0.12$ ;  $S_2= 1.12$ ;  $S_3= 2.12$ ;  $S_4= 3.12$  and  $S_5= 4.12$   $mS\ cm^{-1}$ . The evaluated variables were: plant height (PH), canopy diameter (CD), leaf area index (LAI), sheets number index (SNI), total fresh matter (TFM), total dry matter (TDM), lettuce productivity (LP) e productivity of use of water in lettuce (PUW). The data obtained were subjected to analysis of variance and regression analysis in response surface, using the statistical software R. For biometrics, the better results were observed for the PH variable in a protected environment and the CD in the field. The LAI had better results in the field and the SNI variable, in a protected environment. For LP, field cultivation obtained the best results, reaching a productivity of  $13.52\ t\ ha^{-1}$ . For the variables PH, CC, LAI, SNI, TFM, TDM e LP the best results were obtained for blades equal to or greater than 100% ETc and the salinity between 0.12 and 1.12  $mS\ cm^{-1}$ . Already the variable PUW had a decreasing behavior with the increase of the irrigation depth in the two cultivation environments.

**Keywords:** *Lactuca sativa*; Hidric consumption; Salinity.

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar, mediante biometría y productividad, la respuesta de la lechuga a las láminas de riego y niveles salinos en condiciones de campo y en un ambiente protegido. El diseño fue en bloques al azar, 5 bloques, en un esquema factorial 5x5. Si utilizaron láminas de riego:  $L_1= 50$ ;  $L_2= 75$ ;  $L_3= 100$ ;  $L_4= 125$  y  $L_5= 150\%$  da ETc y niveles de agua salina:  $S_1= 0,12$ ;  $S_2= 1,12$ ;  $S_3= 2,12$ ;  $S_4= 3,12$  y  $S_5= 4,12$   $mS\ cm^{-1}$ . Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro de copa (DC), índice de area foliar (IAF), índice de número de hojas (INH), materia fresca total (MFT), materia seca total (MST), productividad de lechuga (PL) y productividad del uso de agua en lechuga (PAL). Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y análisis de regresión sobre la superficie de respuesta, utilizando el software estadístico R. Para la biometría, los mejores resultados se observaron para la variable AP en un ambiente protegido y DC en el campo. La IAF tuvo mejores resultados en campo y la variable INH, en un ambiente protegido. Para PL, el cultivo en campo obtuvo los mejores resultados, alcanzando una productividad de  $13,52\ t\ ha^{-1}$ . Para las variables AP, DC, IAF, INH, MFT, MST e PL los mejores resultados se obtuvieron para láminas iguales o superiores al 100% de ETc y la salinidad entre 0,12 y 1,12  $mS\ cm^{-1}$ . La variable PAL tuvo un comportamiento decreciente con el aumento de la láminas de riego en los dos ambientes de cultivo.

**Palabras clave:** *Lactuca sativa*; Consumo de agua; Salinidad.

## 1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.), possui quantidades consideráveis de minerais e vitaminas A, B1, B2, B6 e C (Bezerra, et al., 2006; Ribeiro, 2016). Destaca-se como a hortaliça folhosa mais importante do mundo sendo consumida principalmente in natura na forma de saladas (Sala & Costa, 2012), incluindo todos os diversos tipos, como crespa, americana, lisa, romana, entre outras (Echer, et al., 2016). É de suma importância, principalmente, nos estabelecimentos familiares, por ocupar pequenas áreas de produção e produzir em curto espaço de tempo (Neves, et al., 2016). O consumo dessa hortaliça no país é aproximadamente de 1,3 kg por pessoa ao ano (Ibge, 2011).

No Brasil, o plantio da alface ocupa uma área de aproximadamente 35.000 hectares (Sousa et al., 2014), as principais regiões produtoras de alface, são Ibiúna (MG), Mogi das Cruzes (MG), Mario Campos (MG), Caeté (MG) e Teresópolis (RJ), com 16.286 ha na safra de inverno e 22.873 ha na safra de verão (Hortifruti Brasil, 2018).

A produção de hortícolas está frequentemente associada à irrigação localizada. As hortaliças em sua maioria possuem 95% de água em sua constituição, onde o manejo de irrigação deve ser considerado prática importante para obtenção de alta qualidade e produtividade da cultura (Testezlaf & Matsura, 2015; Bernardo, et al., 2013).

Nem toda a irrigação é feita com água de qualidade, já que este é um bem escasso, principalmente no Nordeste, os produtores acabam utilizando água de qualidade inferior, salinas, que quando manejada de forma inadequada pode ocasionar em grandes danos para as plantas. Na agricultura, que busca de forma intensa e criteriosa a sustentabilidade do sistema de produção, o uso racional da água tem se tornado um desafio (Valiati, et al., 2012).

O excesso de sais, contidos na água de irrigação, são responsáveis por aumentar as áreas degradadas e diminuir a produção das culturas. As plantas, quando submetidas a estresse salino, podem apresentar diferentes respostas, sendo fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos. As alterações no metabolismo induzidas pela salinidade são resultado de várias respostas fisiológicas da planta, dentre as quais se destacam as modificações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética. Além de diminuir a produção agrícola da maioria das culturas (Garcia, et al., 2010; Paiva, 2017; Hu & Schmidhalter, 2002).

O cultivo protegido pode ser de suma importância para a produção de hortaliças. As alfices de cultivo protegido se destacam no mercado pela sua melhor qualidade e tem

elevações das cotações superiores a alface convencional (Conab, 2018).

Quando se trata de produção mundial de alface, é mais realizado o plantio em campo, em que participa com 45 milhões de toneladas a cada ano, liderando também as perdas pós-colheita. Com grande parte cultivada ao solo, a perecibilidade da cultura atinge valores superiores à 50% durante o processo de logística e comercialização (Dalastra, 2017).

Objetivou-se avaliar, por meio da biometria e da produtividade, a resposta da alface a lâminas de irrigação e níveis salinos em condições de campo e em ambiente protegido.

## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido em condições de campo e em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca (9° 45' 09" S, 36° 39' 40" W, altitude de 325 metros). O clima da região é classificado pelo critério de classificação de Köppen (1948) como do tipo 'As' tropical, com chuvas de inverno (abril-agosto) e seca de verão (setembro-março), com uma precipitação pluvial anual média de 854 mm. O solo utilizado nos experimentos foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico não salino e não sódico (Embrapa, 2018). A cultivar escolhida para a pesquisa foi a Alface lisa.

O delineamento foi em blocos ao acaso, com 5 repetições, em esquema fatorial 5x5, totalizando 125 unidades experimentais. Os tratamentos foram cinco lâminas de irrigação:  $L_1= 50$ ;  $L_2= 75$ ;  $L_3= 100$ ;  $L_4= 125$  e  $L_5= 150\%$  da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e cinco níveis de água salina com  $S_1= 0,12$ ;  $S_2= 1,12$ ;  $S_3= 2,12$ ;  $S_4= 3,12$  e  $S_5= 4,12$  mS  $cm^{-1}$ . O nível salino  $S_1$ , correspondeu ao controle e representava a condutividade elétrica da água do sistema de abastecimento local. Os demais níveis de sais da água de irrigação foram obtidos a partir do controle ( $S_1 = 0,12$  mS  $cm^{-1}$ ) por meio da proposta por Richards, et al. (1954), Equação 1:

$$Q = 640 \cdot CE_a \dots\dots\dots (1)$$

onde: Q = quantidade de NaCl adicionado a água (mg  $L^{-1}$ ); CEa é a condutividade elétrica desejada da água (mS  $cm^{-1}$ ).

O experimento de campo foi conduzido em canteiros de 5,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, altura de 0,25 m e espaçamento de 0,30 m entre canteiros, onde cada canteiro continha cinco parcelas de área útil de 1,2  $m^2$ , contendo 15 plantas, sendo avaliadas apenas as três centrais; para o experimento em ambiente protegido utilizou-se 125 recipientes plásticos com capacidade para 4,0 L.

Utilizou-se a irrigação por gotejamento, com um gotejador por planta. Para calcular a lâmina a ser aplicada verificou-se a vazão dos gotejadores em cada lâmina, utilizando um recipiente plástico de volume conhecido. Após isso obteve-se um controle do tempo da água aplicada, em seguida foi determinado a vazão do sistema de irrigação e por fim, o cálculo de irrigação utilizando o sistema SLIMCAP (Sistema Lisimétrico de Informações para Monitoramento de Água pela Plantas) (Santos, 2018), composto por um conjunto de cinco lisímetros de drenagem e o aplicativo slimcap.app.

Para o controle da aplicação dos tratamentos, em ambos os experimentos, realizou-se a montagem de uma bateria de 25 registros, no qual, cada conjunto, contendo 5 registros foram conectados em cada tubulação proveniente dos recipientes contendo os tratamentos, tais registros foram os responsáveis pela aplicação dos tratamentos. As irrigações foram feitas diariamente, com base no consumo de água das plantas obtida pelo sistema SLIMCAP.

O horário para irrigar ocorreu no final da tarde, baseado no consumo hídrico das plantas localizadas nos 5 recipientes, lisímetros de drenagem, existentes em campo e ambiente protegido. A coleta dos drenos foi realizada diariamente, os dados obtidos foram inseridos no SLIMCAP para gerar a lâmina a ser aplicada. As lâminas obtidas equivalentes a 50; 75; 100; 125 e 150% da ET<sub>c</sub> foram: 51,78; 77,67; 103,57; 129,46; e 155,35 mm (cultivo em campo) e 58,12; 87,18; 116,24; 145,30 e 174,36 mm (cultivo protegido)

Aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos avaliou-se a altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), índice de área foliar (IAF), índice de número de folhas (INF), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), teor de água nas folhas (TAF), produtividade da alface (PA) e produtividade do uso de água da alface (PAA).

A AP (cm) e o DC (cm) são classificadas como variáveis biométricas, sendo mensuradas por uma régua. Já o IAF (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e o INF (unidades m<sup>-2</sup>) são variáveis determinadas pela área de cultivo foram obtidos pelas Equações 2 e 3. Em que a área foliar foi obtida por meio do medidor de área foliar LI-COR, modelo LI-3100 AREA METER.

$$IAF = \left( \frac{AFT}{AS} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$INF = \left( \frac{NFT}{AS} \right) \dots\dots\dots (3)$$

onde: IAF = índice de área foliar (m m<sup>-2</sup>); AFT = área foliar total das plantas contidas em 1 m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>); NFT = número total de folhas contidas em 1 m<sup>2</sup> (unidades m<sup>-2</sup>); AS = área do solo cultivado (m<sup>2</sup>).

A MFT foi coletada em folha, caule e raiz, seguidamente o material foi aferido utilizando balança de precisão e colocado em estufa de circulação de ar a 65 °C até atingir peso constante, após a secagem, cada parte teve a sua matéria seca mensurada encontrando a MST.

Já para determinar o PA foi mensurada a matéria fresca da parte aérea (MFPA), ou seja, separada as folhas (parte comercial da cultura da alface) da raiz. Em seguida, calculou-se o produto do peso das folhas (MFPA) pelo total de plantas por hectare, Equação 4. A PAA foi determinada levando em consideração o consumo de água para produzir quilograma por área, Equação 5.

$$PA = MFPA \cdot Qp \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (4)$$

onde: PA = produtividade da cultura da alface (t ha<sup>-1</sup>); MFPA = matéria fresca da parte (g); Qp = número de plantas por hectare.

$$PAA = \left(\frac{PA}{L}\right) \cdot 10^3 \dots\dots\dots (5)$$

onde: PAA = produtividade do uso da água na alface (kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>); PA = produtividade da cultura da alface (t ha<sup>-1</sup>); L = lâmina de irrigação (mm).

As variáveis matéria fresca e seca total (MFT e MST), produtividade da alface (PA) e produtividade do uso da água na alface (PAA) são as classificadas como produtivas, sendo essas de interesse comercial.

O método da pesquisa utilizado foi o quali-quantitativo, por meio de coleta e descrição de dados (Pereira, et al., 2018). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) e quando significativos para os fatores lâmina e salinidade isoladamente, realizou-se a análise de regressão; para interação entre os dois fatores, suas respectivas superfícies de resposta (gráficos persp.) e gráficos de médias (gráficos scatterplot3d) quando significativos para interação com ambiente. Todas as análises e seus respectivos gráficos foram realizados utilizando o software estatístico R.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Resumo da análise estatística

O fator lâmina de irrigação foi significativo para variáveis: 1) campo: altura de planta

(AP), diâmetro da copa (DC), índice de área foliar (IAF), índice de número de folhas (INF), matéria seca total (MST) e produtividade do uso de água da alface (PAA); 2) protegido: todas as variáveis. E a interação entre lâmina e salinidade teve efeito significativo para todas variáveis em ambos ambientes (Tabla 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), índice de área foliar (IAF), índice de número de folhas (INF), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), produtividade da alface (PA) e produtividade do uso de água da alface (PAA) da alface em resposta aos fatores lâminas (L) e salinidade (S) em cultivo de campo e protegido.

Quadrado Médio: Ambiente Campo									
F.V.	G.L.	AP	DC	IAF	INF	MFT	MST	PA	PAA
L	4	4,77*	11,31*	0,325**	1270048*	374,4 <sup>ns</sup>	3,00***	5,07 <sup>ns</sup>	69040***
S	4	18,31***	59,26***	0,374**	4095708***	1011***	2,78***	15,55***	2742***
L x S	16	3,60*	15,31***	0,286***	1973228***	547,4***	1,54***	7,94**	1236,2**
Blocos	4	26,83	15,69	2,171	7490,23	736,7	2,66	10,58	1457,9
Erro	96	1,91	4,53	0,084	473,81	199,6	0,18	2,96	457,7
<b>Total</b>	124								
<b>C.V. (%)</b>		6,26	5,74	13,38	9,43	15,84	14,56	16,40	18,28

Quadrado Médio: Ambiente Protegido									
F.V.	G.L.	AP	DC	IAF	INF	MFT	MST	PA	PAA
L	4	59,57***	81,75***	1,613***	7251088***	2431,65**	4,258***	33,33***	13720***
S	4	14,84***	33,71***	0,500***	4578,51**	831,73***	15,487***	7,11***	772,1***
L x S	16	4,69***	10,31***	0,206***	991,55***	323,84***	3,221***	4,71***	479,4***
Blocos	4	3,02	24,55	0,046	425,45	32,96	0,423	0,88	72,0
Erro	96	1,51	3,01	0,041	351,26	41,88	0,526	0,46	42,6
<b>Total</b>	124								
<b>C.V. (%)</b>		5,69	4,88	9,49	7,77	8,41	11,81	8,52	8,62

F.V. = fontes de variação, GL = graus de liberdade, \*, \*\*, \*\*\* e <sup>ns</sup>, significativos a 0.05, 0.01, 0.001 e não significativo, respectivamente, pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Quando adicionada o fator ambiente na análise, os três fatores (lâmina, salinidade e ambiente) não apresentaram efeitos significativos as variáveis IAF para fator ambiente e AP para interação entre lâmina e salinidade. Todas as demais variáveis foram significativas para os fatores isolados e com interações entre elas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC), índice de área foliar (IAF), índice de número de folhas (INF), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), produtividade da alface (PA) e produtividade do uso de água da alface (PAA) da alface em resposta aos fatores lâmina (L), salinidade (S) e ambiente de cultivo (A).

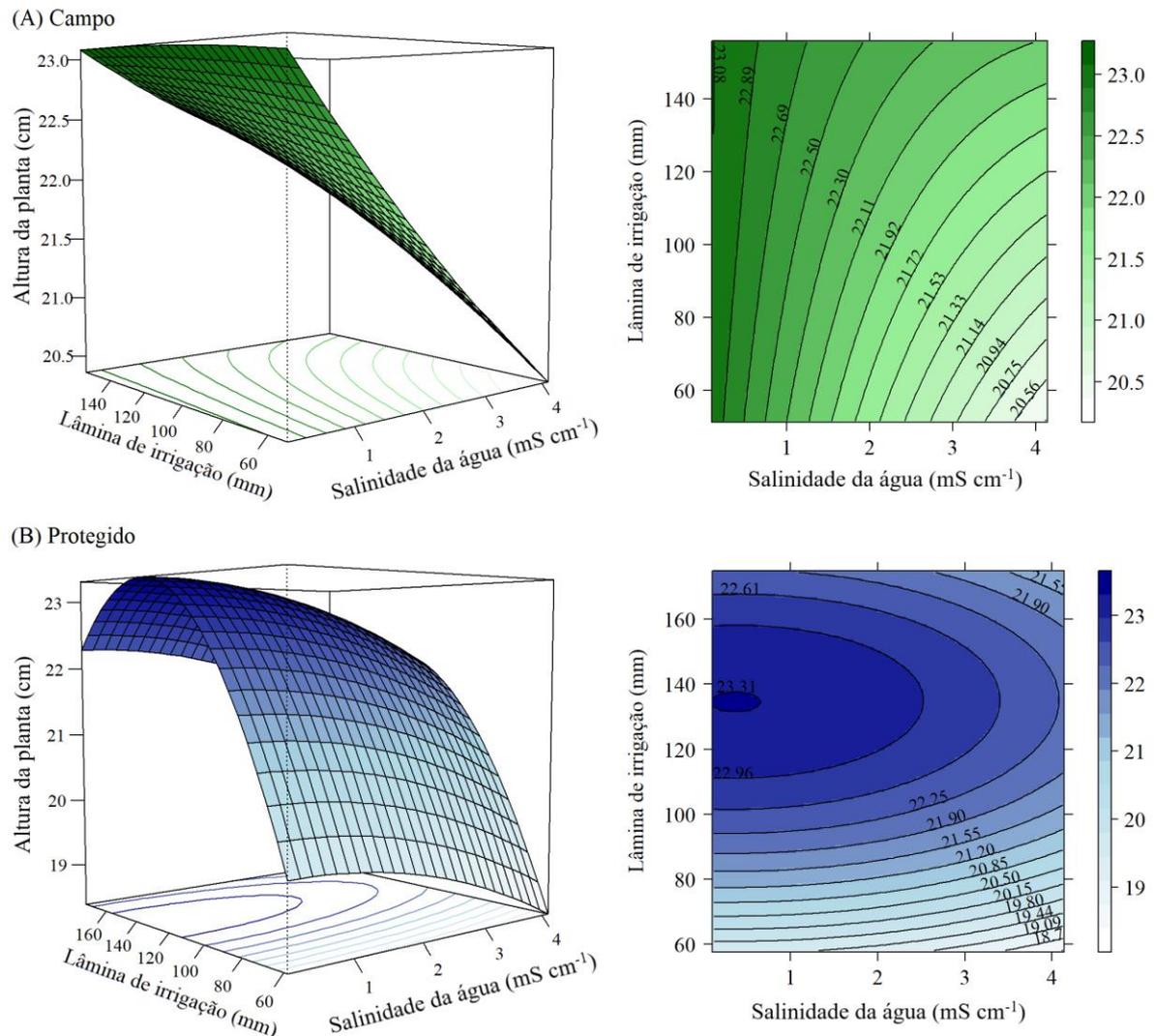
Quadrado Médio: Interação entre Ambiente									
F.V.	G.L.	AP	DC	IAF	INF	MFT	MST	PA	PAA
L	4	43,03***	64,32***	1,274***	5823,56***	1934,95***	4,70***	25,41***	70267***
S	4	16,83***	66,23***	0,382***	3480,13***	946,61***	11,80***	10,55***	1708***
A	1	13,65***	144,25***	0,032 <sup>ns</sup>	6833,00***	9414,59***	641,70***	403,68***	106513***
L x S	16	2,59 <sup>ns</sup>	8,75***	0,263***	1350,83***	400,04***	2,33***	6,34***	709,4***
L x A	4	21,31***	28,75***	0,663***	2697,58***	871,14***	2,56***	12,99***	12492,9***
S x A	4	16,31***	26,73***	0,493***	5194,09***	896,10***	6,47***	12,11***	1806,5***
L x S x A	16	5,70 <sup>ns</sup>	16,87***	0,228***	1613,95***	471,20***	2,43***	6,30***	1006,2***
Blocos	4	18,52	37,59	1,213	4876,12	348,66	1,66	6,98	770,0
Erro	196	1,91	3,75	0,082	466,15	126,85	0,377	1,77	260,5
<b>Total</b>	<b>249</b>								
<b>C.V. (%)</b>		<b>7,37</b>	<b>8,15</b>	<b>23,84</b>	<b>15,15</b>	<b>24,08</b>	<b>33,60</b>	<b>27,32</b>	<b>27,63</b>

F.V. = fontes de variação, GL = graus de liberdade, \*, \*\*, \*\*\* e <sup>ns</sup>, significativos a 0.05, 0.01, 0.001 e não significativo, respectivamente, pelo teste F; C.V. = coeficiente de variação. Fonte: Autores.

### 3.2. Variáveis biométricas

Para a variável biométrica altura de planta (AP), os dados do campo e ambiente protegido, observou-se que para o campo a lâmina de irrigação de 155,35 mm e o nível de salinidade da água igual a 0,12 mS cm<sup>-1</sup> proporcionou a maior AP, 23,10 cm (Figura 1A e Equação 6). Já em ambiente protegido a AP foi de 23,31 cm, com qualidade de água 0,36 mS cm<sup>-1</sup> e lâmina de 134,06 mm (Figura 1B e Equação 7). Os valores de AP para ambos os ambiente foram semelhantes, com lâminas superiores a 100% da ETc e melhor resposta com boa qualidade da água, com baixo nível de salinidade, menor que 0,5 mS cm<sup>-1</sup>.

**Figura 1.** Altura das plantas da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



$$AP_{\text{campo}} = 22,96 + 0,0029*L - 1,009*S - 0,000011*L^2 + 0,035*S^2 + 0,0039*L*S \dots\dots\dots (6)$$

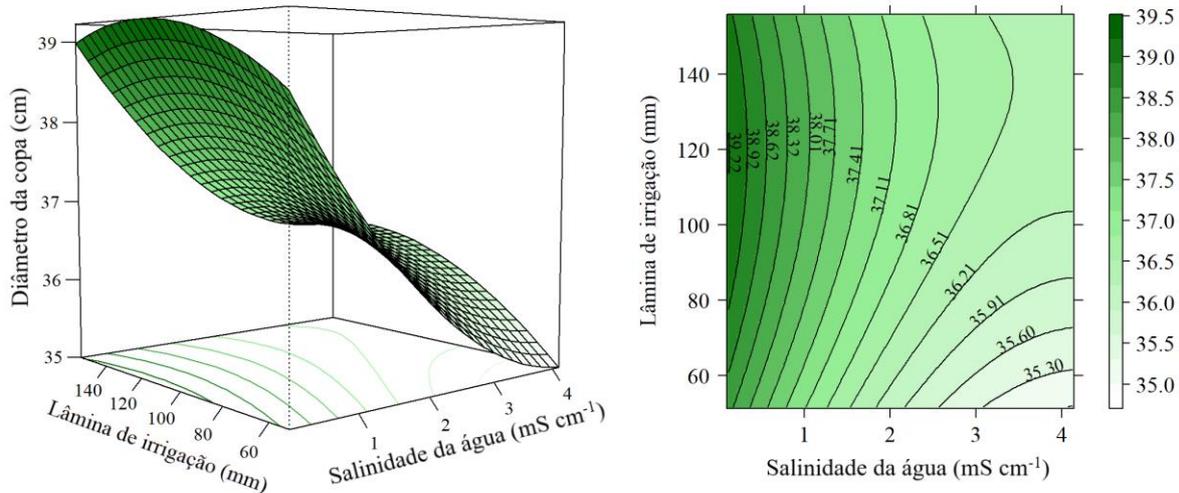
$$AP_{\text{protegido}} = 11,63 + 0,1742*L + 0,02627*S - 0,00065*L^2 - 0,077*S^2 + 0,00022*L*S \dots\dots\dots (7)$$

Fonte: Autores.

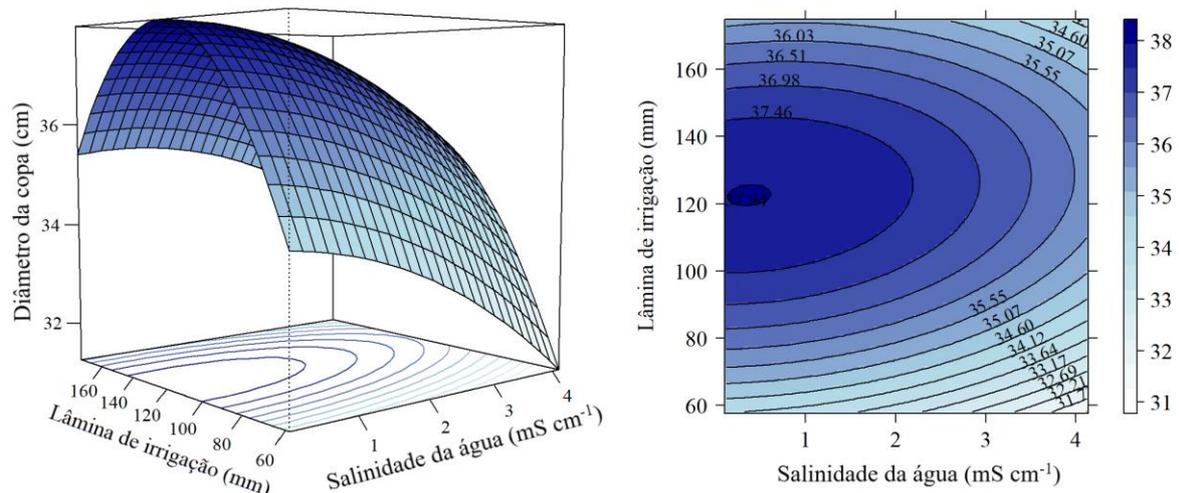
Na variável biométrica diâmetro da copa (DC) em campo obteve plantas com maiores copa (39,22 cm), com a lâmina de 118,5 mm e salinidade de 0,12 mS cm<sup>-1</sup>(Figura 2A e Equação 8). A lâmina de irrigação de 121,11 cm, sendo a salinidade 0,37 mS cm<sup>-1</sup> a que proporcionou o maior diâmetro (37,95 cm) em ambiente protegido (Figura 2B e Equação 9).

**Figura 2.** Diâmetro da copa da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).

(A) Campo



(B) Protegido



$$DC_{\text{campo}} = 36,86 + 0,043*L - 1,7565*S - 0,000182*L^2 + 0,188*S^2 + 0,0021*L*S \dots\dots\dots (8)$$

$$DC_{\text{protegido}} = 24,2 + 0,226*L - 0,276*S - 0,00093*L^2 - 0,1493*S^2 + 0,00316*L*S \dots\dots\dots (9)$$

Fonte: Autores.

As superfícies de resposta das variáveis AP e DC tiveram comportamentos quadráticos para duas variáveis, sendo semelhantes nos mesmos ambientes de cultivo, mas distintas entre eles quando observado na mesma variável, ou seja, as variáveis AP e DC tiveram curvas isoquantas semelhantes no cultivo de campo e protegido, mas distintamente quando a variável foi comparada entre os ambientes. Para o ambiente de campo as isoquantas apresentaram ponto de sela como ponto crítico (mudança de concavidade, não sendo possível calcular ponto de máximo ou mínimo), classificando as curvas como hipérbolas. Já o ambiente protegido apresentou curvas elipses, podendo ser determinado o ponto de máximo.

Na Figura 3 se podem observar as médias para ambos os ambientes (campo e

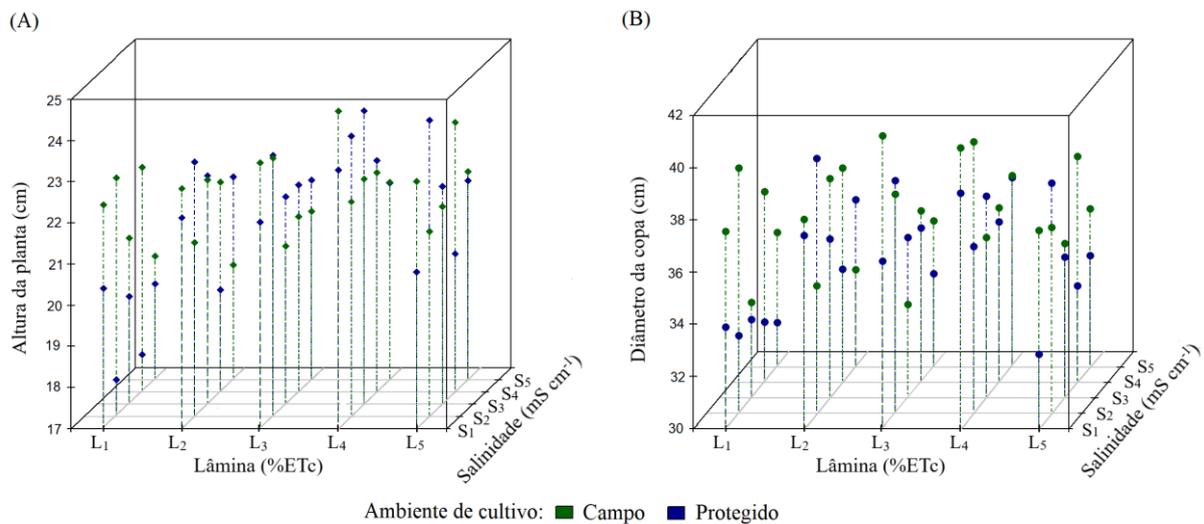
protegido). Para a variável altura de planta, os dados do campo e ambiente protegido, observou-se que a L<sub>1</sub> proporcionou os menores tamanhos quando comparado com as demais lâminas e níveis salinos, constatou-se que as maiores alturas de plantas foram obtidas com S<sub>1</sub> (ambiente campo) e S<sub>3</sub>(ambiente protegido), as duas associadas à L<sub>4</sub>. Pode-se observar o comportamento dos melhores resultados desta variável as diversas interação da água, sais e ambiente, onde tem-se: L<sub>1</sub> x S<sub>3</sub> (campo), L<sub>2</sub> x S<sub>2</sub> (protegido), L<sub>3</sub> x S<sub>2</sub> (campo e protegido), L<sub>4</sub> x S<sub>1</sub> (campo), L<sub>4</sub> x S<sub>3</sub> (protegido), L<sub>5</sub> x S<sub>2</sub> (protegido) e L<sub>5</sub> x S<sub>4</sub> (campo). Esse fato poderá ser explicado pelo fator osmótico, ou seja, quanto maior o nível salino da água na solução do solo, maior o consumo de água pelas culturas.

A variável AP no campo, de maneira geral, foi melhor que o ambiente protegido. Mas de forma isolada a L<sub>4</sub> ocorreu um melhor desempenho das plantas do ambiente protegido. Vale ressaltar que a S<sub>1</sub> proporcionou uma maior altura de planta no campo e a de S<sub>3</sub> em ambiente protegido, atingindo cerca de 24,69 cm de altura (Figura 3A). Resultados equivalentes no cultivo da alface foram obtidos por Silva (2017), em que observou o máximo de crescimento em relação à variável altura de planta na reposição hídrica 120%. Semelhantemente Magalhães, et al. (2015), com lâmina de irrigação de 94% ETc teve máxima altura de planta, atingindo um valor de 26,1 cm.

Analisando as médias da variável diâmetro da copa (DC) de cada lâmina de irrigação por cada nível de salinidade da água, observa-se que as plantas com maior DC para L<sub>1</sub> foi alcançado em campo com a S<sub>2</sub>. Já para L<sub>2</sub> ocorreu o maior DC em ambiente protegido, mas com a mesma salinidade de S<sub>2</sub>. Para a L<sub>3</sub> (lâmina de irrigação de 100% da ETc) juntamente com a S<sub>1</sub> (nível de salinidade da água de 0,12 mS cm<sup>-1</sup>) proporcionou o maior diâmetro das plantas em campo, valendo destacar que foi o melhor DC entre as médias (41,16 cm). Com a L<sub>4</sub> dois níveis salinos se assemelharam em campo, causando diâmetros parecidos, utilizando a S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub>. Com a L<sub>5</sub> ocorreram resultados menos expressivos, para ambos ambientes, sendo a S<sub>4</sub> a que proporcionou maior diâmetro do dossel das plantas do campo e a S<sub>2</sub> ambiente protegido. De forma geral, o cultivo em campo tiveram médias maiores do que ambiente protegido (Figura 3B).

Quando comparado as variáveis AP e DC, se pode observar que ocorreram comportamento oposto, ou seja, em campo a maioria das plantas apresentou um maior DC quando comparada com o ambiente protegido. Sendo a L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub> (lâminas de 100 e 125% da ETc) as que apresentaram melhores resultados.

**Figura 3.** Altura das plantas (A) e diâmetro da copa (B) da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em ambiente de campo e protegido.



Fonte: Autores.

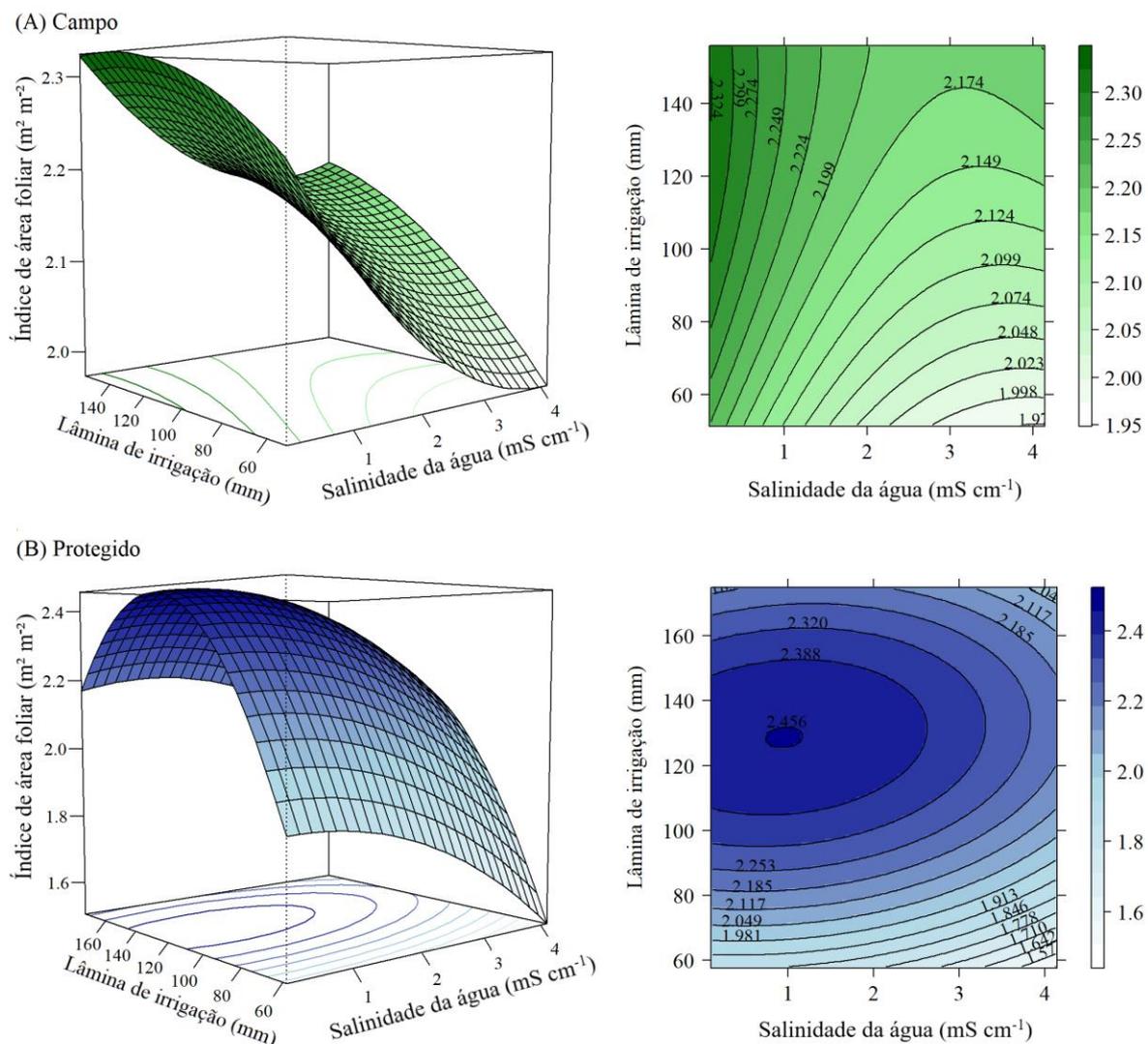
Altas concentrações de sais diminuem o potencial osmótico na solução do solo, reduzindo dessa forma a disponibilidade de água das plantas, sendo que as culturas mais sensíveis, como a alface no caso, sofrem redução contínua na produção e componentes de produção a medida que as concentrações de sais aumentam (Maas & Hoffman, 1977). Em termos absolutos, pode-se destacar a cultivar Verônica, pois apresenta maior altura média de planta em todos os níveis de salinidade, o que provavelmente deve estar relacionado às características genéticas desta cultivar (Santos, et al., 2010).

Di Mola, et al., (2017) observaram que a cabeça da alface (diâmetro da cabeça) foram afetados significativamente pelos tratamentos de salinidades adotados, tal irrigação com água salina resultou em uma linear diminuição no crescimento das plantas, especialmente quando utilizou-se as salinidades de 7,2 dS m<sup>-1</sup>, confirmando que a alface é uma cultura sensível a sais. Para a lâmina de irrigação ocorre um resultado inverso, Silva (2017), avaliando o crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica obteve um modelo linear crescente, onde, na medida em que se aumentou a reposição hídrica, maior foi o diâmetro da planta, resultado inverso ao proporcionado pela salinidade. Viana (2012), constatou que durante o experimento as folhas da alface, em casa de vegetação, cresceram de maneira mais alongada, o que pode ter interferido diretamente no tamanho do dossel, apresentando resultados opostos a presente pesquisa, onde o campo proporcionou resultados superiores ao do ambiente protegido.

### 3.3. Variáveis determinadas pela área de cultivo

As variáveis que correspondem à resposta por área de cultivo foram determinadas pelo índice de área foliar (IAF) e índice de números de folhas (INF). A cultura da alface cultivada em campo obteve o maior índice de área foliar ( $2,32 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) com uma lâmina de irrigação de 142,5 mm e salinidade da água de  $0,12 \text{ mS cm}^{-1}$  (Figura 4A e Equação 10). Já em ambiente protegido o que proporcionou um maior índice de área foliar na alface ( $2,46 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) foi a lâmina de 129,00 mm e a salinidade de  $0,94 \text{ mS cm}^{-1}$  (Figura 4 e Equação 11). Em ambos os ambientes para obter maiores índice de área foliar foram necessários lâminas de irrigação maiores que 100% da ETC com qualidade de água com salinidade da água menores que  $1,00 \text{ mS cm}^{-1}$ .

**Figura 4.** Índice de área foliar da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



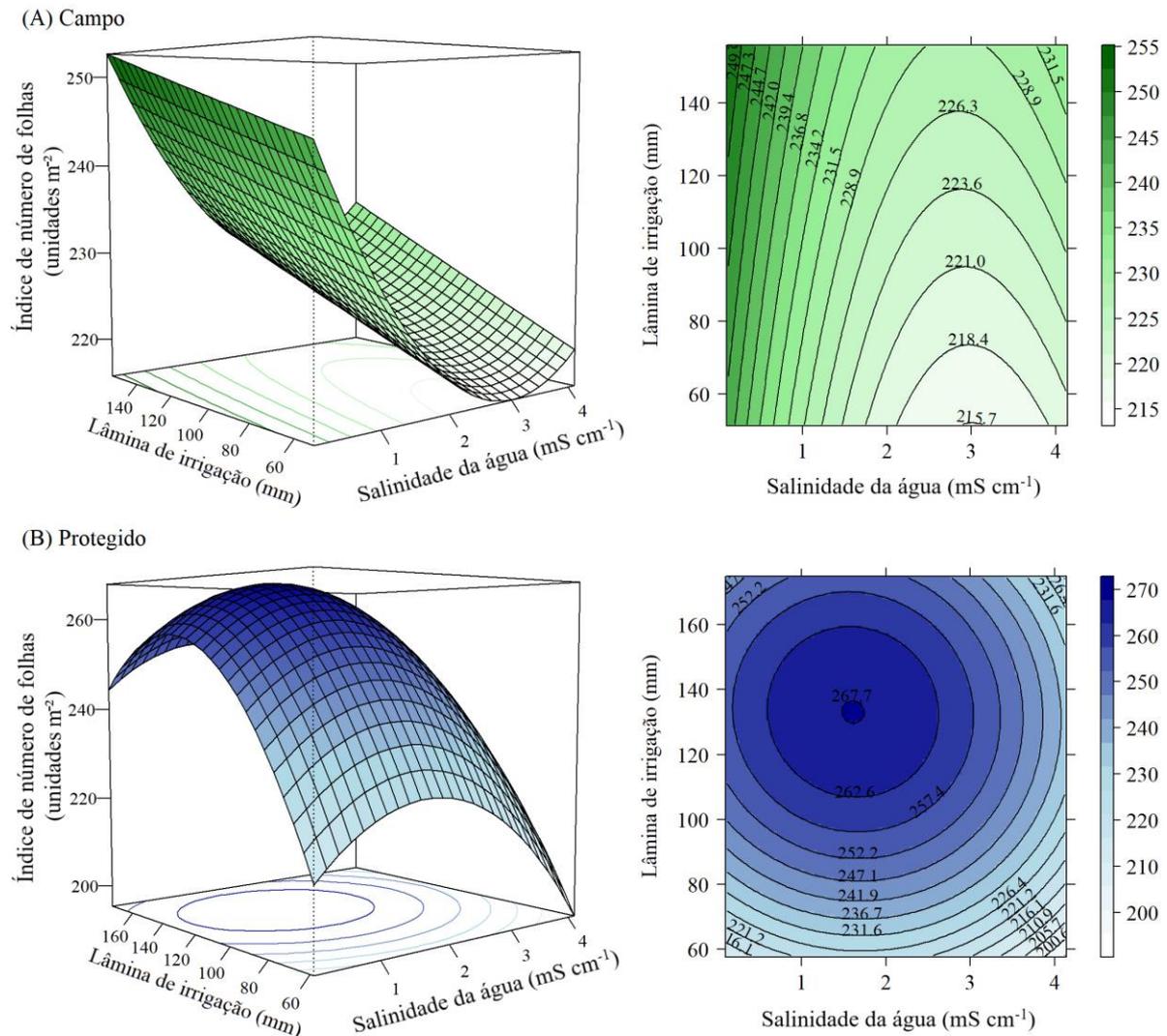
$$\text{IAF}_{\text{campo}} = 2,08 + 0,0036 * L - 0,1465 * S - 0,000013 * L^2 + 0,016 * S^2 + 0,0003 * L * S \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{IAF}_{\text{protegido}} = 0,457 + 0,0311 * L - 0,00444 * S - 0,000122 * L^2 - 0,025 * S^2 + 0,0004 * L * S \dots\dots\dots (11)$$

Fonte: Autores.

Na variável índice de número de folhas (INF) a lâmina de 155,35 mm interagindo com uma salinidade de 0,12 mS cm<sup>-1</sup> proporcionou um maior índice de número de folhas em campo (Figura 5A e Equação 13). Já em ambiente protegido destacou-se a lâmina de 133,13 mm e salinidade de 1,61 mS cm<sup>-1</sup> (Figura 5B e Equação 13) obtendo os maiores INF iguais a 253 e 268 unidades por m<sup>2</sup> para o ambiente de campo e protegido, respectivamente.

**Figura 5.** Índice de número de folhas da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



$$INF_{\text{campo}} = 241,59 + 0,0825*L - 20,71*S + 0,0000174*L^2 + 3,326*S^2 + 0,013*L*S \dots\dots\dots (12)$$

$$INF_{\text{protegido}} = 115,997 + 2,0577*L + 18,42*S - 0,00764*L^2 - 5,12*S^2 - 0,0146*L*S \dots\dots\dots (13)$$

Fonte: Autores.

Para as duas variáveis estudadas IAF e INF tiveram suas respectivas superfícies de resposta com curvas isoquantas hipérbolas (IAF-campo) e elipses (IAF-protegido, INF-campo e INF-protegido). Sendo as curvas elipses do INF-campo distintas do INF-protegido, a

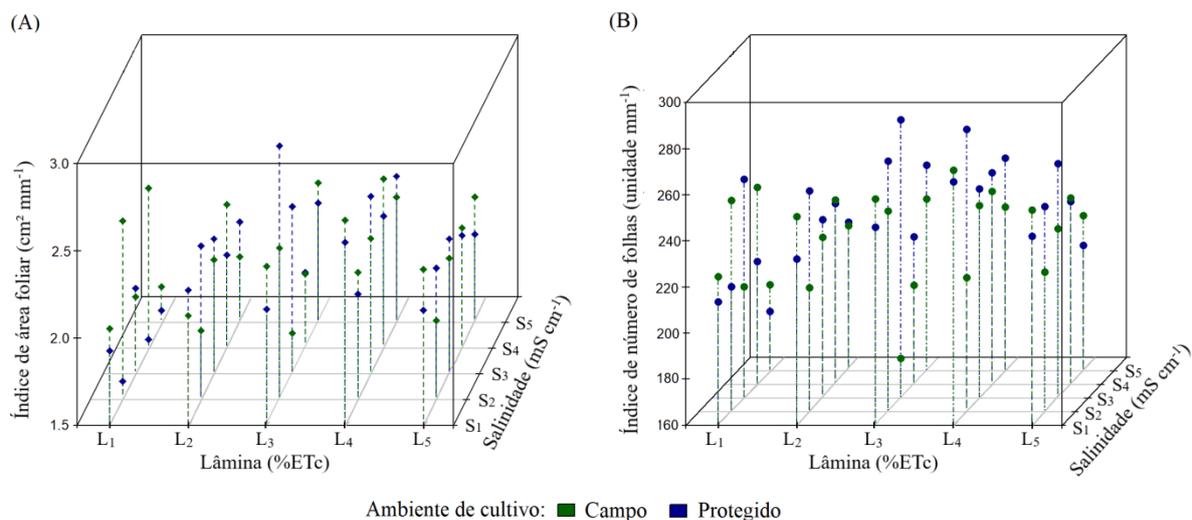
primeira com ponto crítico de mínimo e segunda de máximo (Figuras 4 e 5).

Na Figura 6 podem ser observadas simultaneamente as médias para variáveis índice de área foliar (IAF) e índice de números de folhas (INF) em ambos os ambientes (campo e protegido).

Quando irrigado com a  $L_1$  as médias do IAF ( $2,51 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) tiveram melhores resultados em campo com  $S_2$ . Ao irrigar com a  $L_2$ , a  $S_5$  influenciou em um maior IAF ( $2,58 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ). A  $L_3$  (lâmina de 100% da ETc) ocorreu o maior índice de área foliar ( $2,94 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) em ambiente protegido com a  $S_2$  (salinidade de  $1,12 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Para lâminas maiores que 100% da ETc, a  $L_4$  com  $S_2$  tiveram melhor IAF em ambiente protegido. Já a  $L_5$ , destacando-se com  $S_1$  em campo (Figura 6A). No índice de área foliar observou-se que as plantas cultivadas em ambiente protegido obtiveram, de maneira geral, um melhor desempenho, sendo a lâmina de 100% da ETc ( $L_3$ ) com a salinidade de  $1,12 \text{ mS cm}^{-1}$  ( $S_2$ ) a que melhor se desenvolveu (Figura 6A).

As respostas do INF para cada lâmina de irrigação pode ser demonstrada pela Figura 6B. A variável INF, em ambiente protegido, apresentou os melhores resultados quando comparado com o campo para todas as lâminas de irrigação. Sendo que nas lâminas  $L_1$   $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$  e  $L_5$  proporcionaram juntamente com as respectivas salinidades  $S_3$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_2$  e  $S_3$  os maiores índices de números de folhas: 254, 255, 280, 282 e 261 unidades  $\text{m}^{-2}$ , respectivamente. Com destaque para as lâminas  $L_3$  e  $L_4$  (100 e 125 %da ETc) com as respectivas salinidade de 1,12 e de 2,12  $\text{mS cm}^{-1}$  que demonstraram os melhores resultados.

**Figura 6.** Índice de área foliar (A) e índice de número de folhas (B) da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo e protegido.



Fonte: Autores.

Para as duas variáveis IAF e INF que obtiveram os melhores resultados para lâminas iguais ou superiores a 100% da ETc se afirmar que poderá ocorrer o processo de lixiviação dos sais, podendo ser usado água com salinidade de aproximadamente  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ , valendo observar que a limiar da salinidade da alface é de  $1,3 \text{ mS cm}^{-1}$  (Ayers & Wostcot, 1991).

Taiz & Zeiger (2017) explicam que devido ao déficit hídrico causar decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas. A área foliar é considerada de grande importância, visto que, é uma variável de crescimento indicativa da produtividade, o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha (Taiz & Zeiger, 2017).

O decréscimo da área foliar em função do aumento da salinidade, está relacionado a um dos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante (Tester & Davenport, 2003). Paulus, et al. (2012) afirmaram que há uma redução linear da área foliar com o aumento da salinidade.

Valeriano, et al., (2016) notaram um aumento do número de folhas da alface conforme aumentou a lâmina de irrigação. Com relação a salinidade segundo Paulus, et al. (2012) o número de folhas foi afetado pela salinidade da água. Viana, et al. (2001) verificaram expressiva redução do número de folhas da alface com aumento da salinidade corroborando com a presente pesquisa. Souza (2017) observou o maior número de folhas na maior lâmina de água utilizada no experimento de 31,8mm.

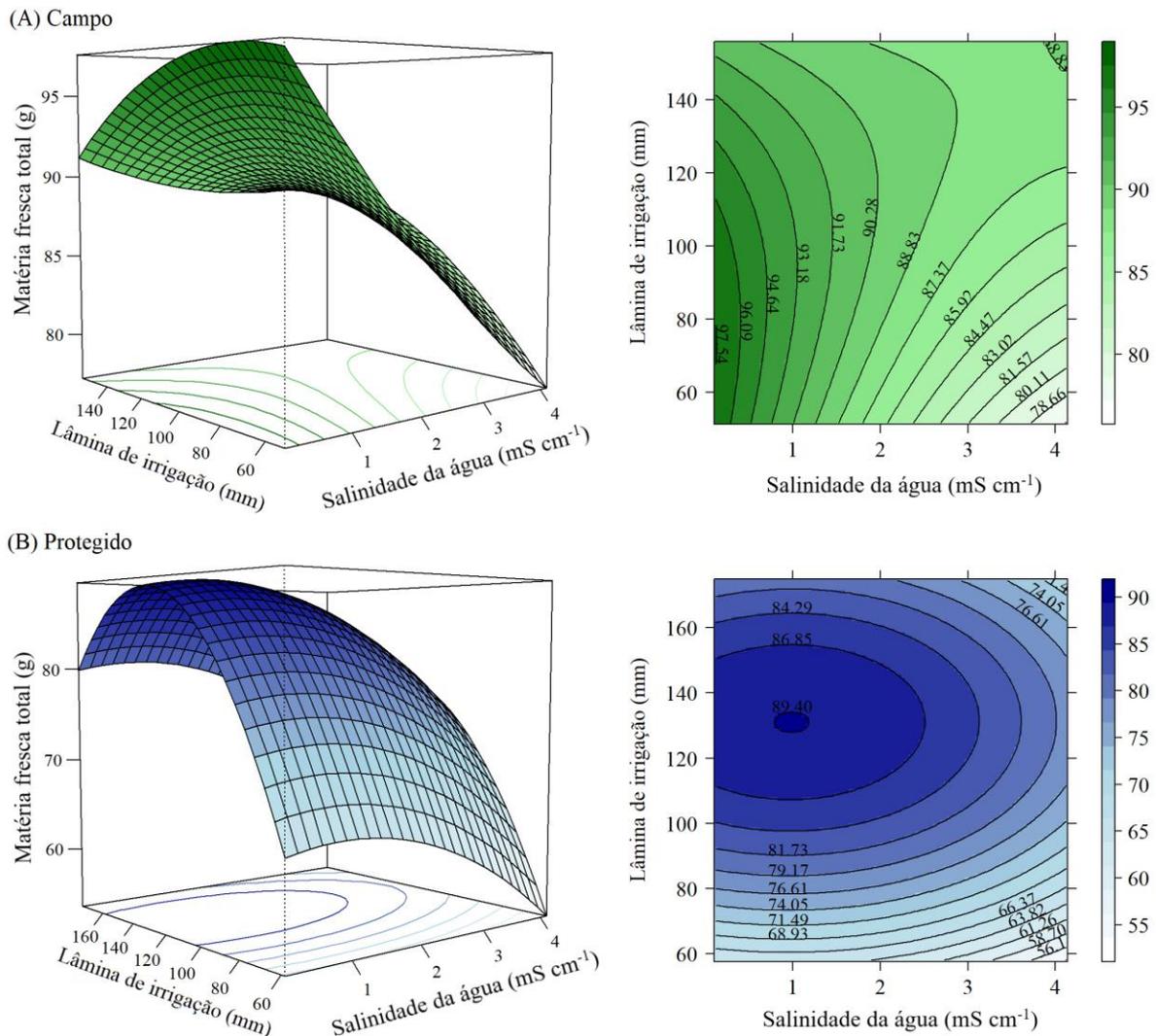
### **3.4. Variáveis produtivas**

Em campo a MFT com a lâmina de 72,50 mm e salinidade de  $0,12 \text{ mS cm}^{-1}$  atingiu valor máximo de 97,54 g (Figura 7A; Equação 13). Com relação a MST a lâmina de 119,44 mm com a salinidade de  $1,77 \text{ mS cm}^{-1}$  alcançou um máximo de 3,48 g (Figura 8A; Equação 15). Já em ambiente protegido a MFT e a MST, destacaram-se a lâmina de 131,98 mm e salinidade de  $0,98 \text{ mS cm}^{-1}$  (campo) e a lâmina de 103,18 mm e salinidade de  $0,12 \text{ mS cm}^{-1}$  (protegido) com os respectivos valores máximo de 90,04 g e 7,20 g (Figuras 7B e 8B; Equações 14 e 16).

O cultivo em campo a MFT obteve maior valor do que ambiente protegido. No entanto, ocorreu o inverso com a MST, sendo menor em campo, tal fato é devido o comportamento do teor de água na cultura obtido pela diferença entre a matéria fresca e seca pela área foliar (Figuras 7 e 8). Podem-se observar maiores contrastes para matéria fresca do

que para seca em ambiente de campo em ambos os ambientes, onde ocorreu comportamento quadrático para todas variáveis, mas curvas isoquantas distintas, em que foram curvas elipses para MFT (protegido), MST (campo e protegido) e hipérbolas para MFT (campo).

**Figura 7.** Matéria fresca total da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



$$MFT_{\text{campo}} = 93,58 + 0,132*L - 8,716*S - 0,00094*L^2 + 0,355*S^2 + 0,0429*L*S \dots\dots\dots (13)$$

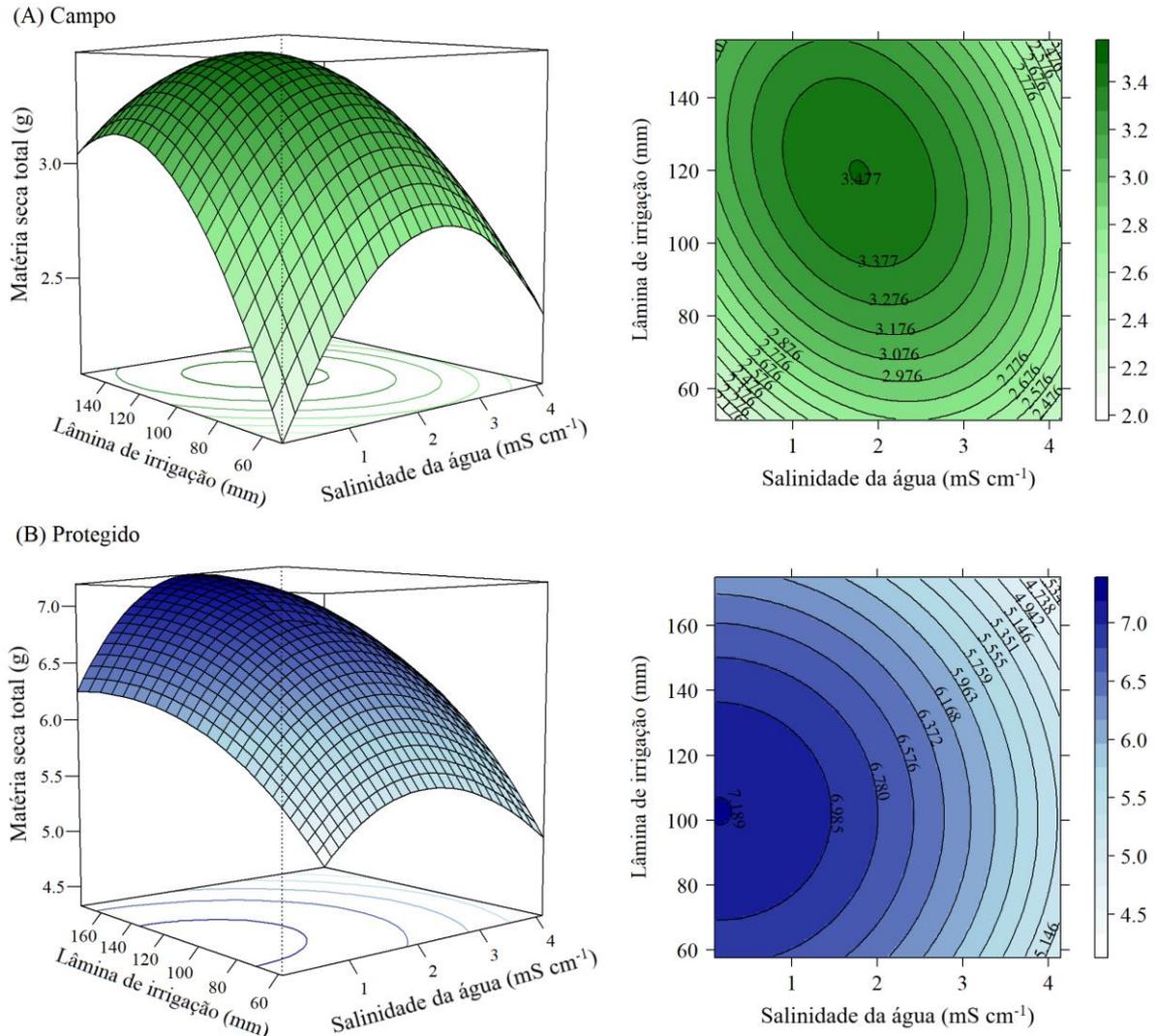
$$MFT_{\text{protegido}} = 8,997 + 1,213*L + 2,039*S - 0,0046*L^2 - 1,119*S^2 + 0,00122*L*S \dots\dots\dots (15)$$

Fonte: Autores.

Com relação à salinidade, Di Mola, et al. (2017) relataram que peso fresco das folhas foram significativamente afetados pelos tratamentos de salinidade. Segundo Lucini et al., (2015); Roupael, et al. (2016) a irrigação com água salina teve efeito negativo no crescimento das plantas especialmente em 1,8; 3,6 e 7,2 mS cm<sup>-1</sup>, confirmando que a alface é uma cultura sensível a sais. Porém, resultados opostos foram obtidos, em que a salinidade de

3,38 mS cm<sup>-1</sup> destacou-se dos tratamentos com menor teor de sair na água.

**Figura 8.** Matéria seca total da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



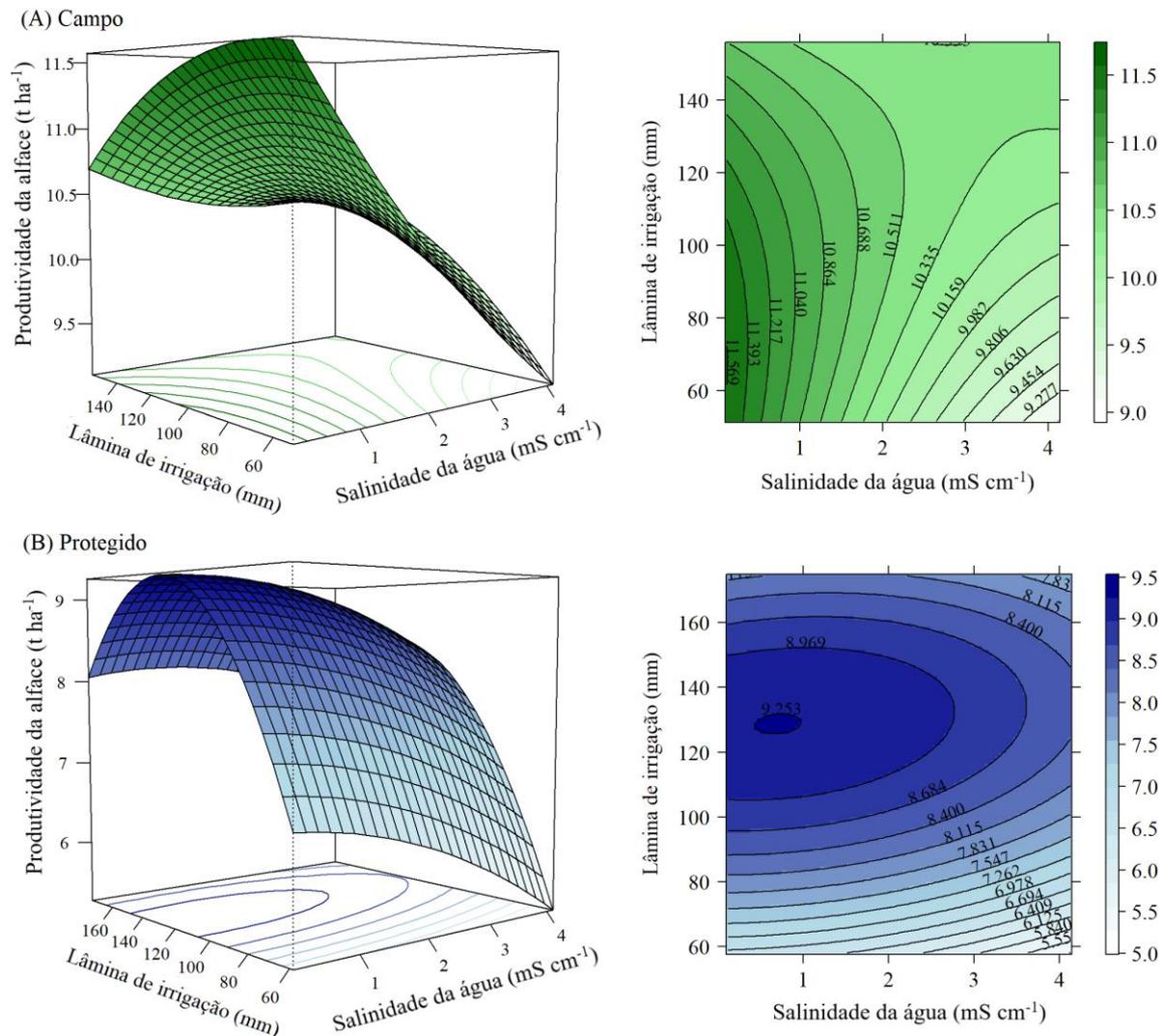
$$MST_{\text{campo}} = 0,18477 + 0,04347*L + 0,7844*S - 0,0001634*L^2 - 0,1369*S^2 - 0,0025*L*S \dots\dots\dots (16)$$

$$MST_{\text{protegido}} = 5,241 + 0,038*L + 0,0523*S - 0,000184*L^2 - 0,116*S^2 - 0,000232*L*S \dots\dots\dots (17)$$

Fonte: Autores.

Para a variável produtividade da alface (PA), observou-se que para o ambiente campo a lâmina de irrigação e níveis de salinidade que indica maior produtividade foram iguais ao MFT campo, de 72,5 mm e de 0,12 mS cm<sup>-1</sup>, respectivamente, no qual proporcionou uma produtividade de 11,59 t ha<sup>-1</sup> (Figura 9A e Equação 18). Já em ambiente protegido a produtividade foi de 9,21 t ha<sup>-1</sup>, com qualidade de água 0,70 mS cm<sup>-1</sup> e lâmina de 128,41 mm (Figura 9B e Equação 19).

**Figura 9.** Produtividade da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



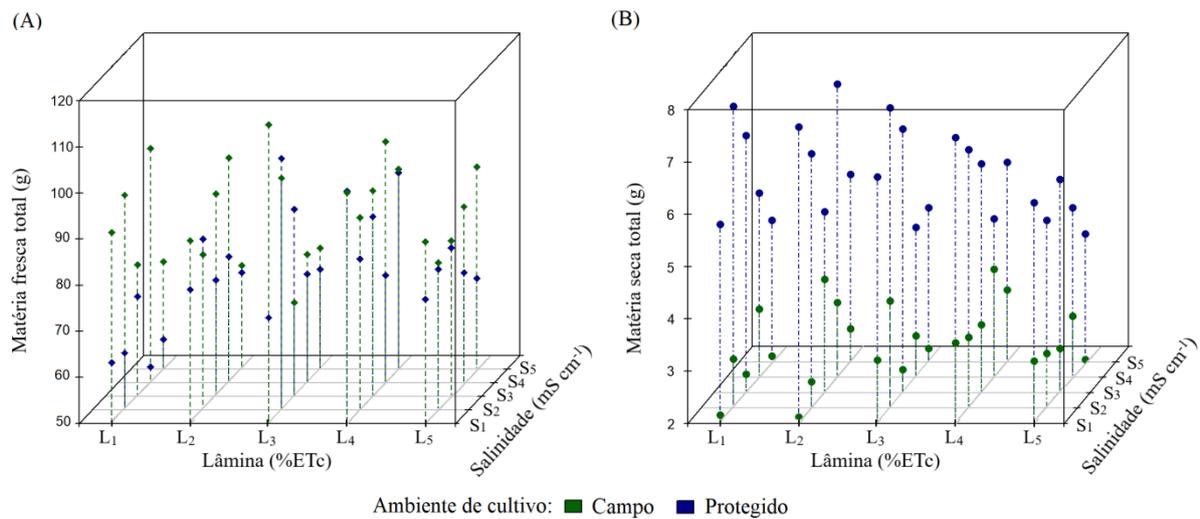
$$PA_{\text{campo}} = 93,58 + 0,132*L - 8,716*S - 0,00094*L^2 + 0,355*S^2 + 0,0429*L*S \dots\dots\dots (18)$$

$$PA_{\text{protegido}} = 8,997 + 1,213*L + 2,039*S - 0,0046*L^2 - 1,119*S^2 + 0,00122*L*S \dots\dots\dots (19)$$

Fonte: Autores.

Na Figura 10 podem ser observadas simultaneamente as médias para variável matéria fresca total (MFT) e matéria seca total (MST) em ambos os ambientes (campo e protegido). As melhores médias da MFT foram obtidas em campo, sendo a maior combinação L<sub>3</sub> e S<sub>1</sub> (114,46 g), seguida das combinações L<sub>4</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> com S<sub>4</sub> e L<sub>5</sub> com S<sub>5</sub>, com as respectivas médias de 101,99; 100,46; 98,42; 93,50 g (Figura 10A). Já a matéria seca total (MST) ocorreu o inverso, ou seja, as maiores médias foram em ambiente protegido, sendo as melhores combinações com suas médias, em ordem decrescente: L<sub>1</sub> x S<sub>2</sub> (7,74 g); L<sub>3</sub> x S<sub>2</sub> (7,71 g); L<sub>2</sub> x S<sub>1</sub> (7,64 g); L<sub>4</sub> x S<sub>1</sub> (7,44 g) e L<sub>5</sub> x S<sub>1</sub> (6,19 g), Figura 10B.

**Figura 10.** Matéria fresca total (A) e matéria seca total (B) da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo e protegido.



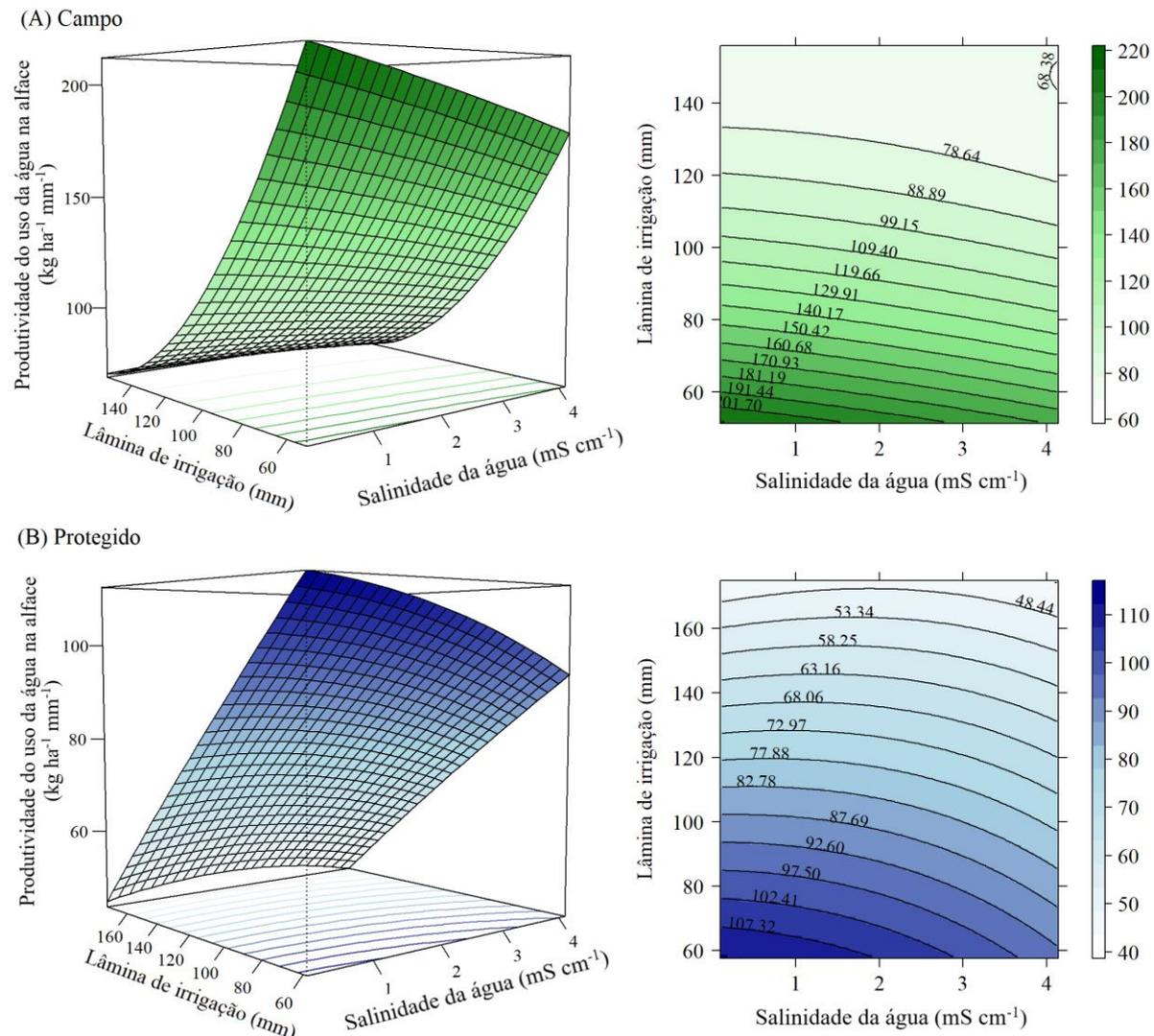
Fonte: Autores.

Para Putti (2014), a menor produção de matéria seca foi com a lâmina de 50% da ETc. Já Santos, et al. (2015) trabalhando com alface em função de diferentes lâminas de água e tipos de adubo, onde as maiores médias para todas as variáveis foram encontradas na lâmina de 150% da ETc. Resultado semelhante com os dados obtidos na presente pesquisa. Paulus, et al. (2010), com relação a salinidade, obteve resultado contrário, onde a massa seca da parte aérea decresceu linearmente em função dos níveis salinos.

A combinação de lâminas de irrigação e níveis de salinidade da água que obtêm maior produtividade do uso de água para a cultura da alface foi obtida com uso das menores lâminas para campo (51,78 mm) e protegido (58,12 mm), a menor salinidade (0,12 mS cm<sup>-1</sup>) para ambos os ambientes, valores estes que proporcionaram produtividades no uso da água de 212,2 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (campo) e 112,31 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> (protegido) (Figura 11; Equações 20 e 21). As lâminas e os níveis salinos influenciaram de forma decrescente na produtividade do uso da água na alface nos dois ambientes de cultivo (campo e protegido) com efeito da lâmina foi mais acentuado, ou seja, a cultura da alface tem alto teor de água o que acarreta na diminuição da produção de matéria fresca quanto ao consumo de água pela cultura da alface.

Com aplicação de lâminas superiores a mínima determinada, as plantas diminuem a produtividade no uso da água. As isoquantas evidenciam as combinações entre as lâminas de irrigação e os níveis de salinidade da água que resultam na mesma produtividade no uso da água para ambos os ambientes (Figura 11).

**Figura 11.** Produtividade do uso da água na alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo (A) e protegido (B).



$$PAA_{\text{campo}} = 381,57 - 3,8816*L - 10,814*S + 0,0121*L^2 - 0,3459*S^2 + 0,0772*L*S \dots\dots\dots (20)$$

$$PAA_{\text{protegido}} = 143,32 - 0,5127*L - 3,291*S - 0,000315*L^2 - 0,81*S^2 + 0,03676*L*S \dots\dots\dots (21)$$

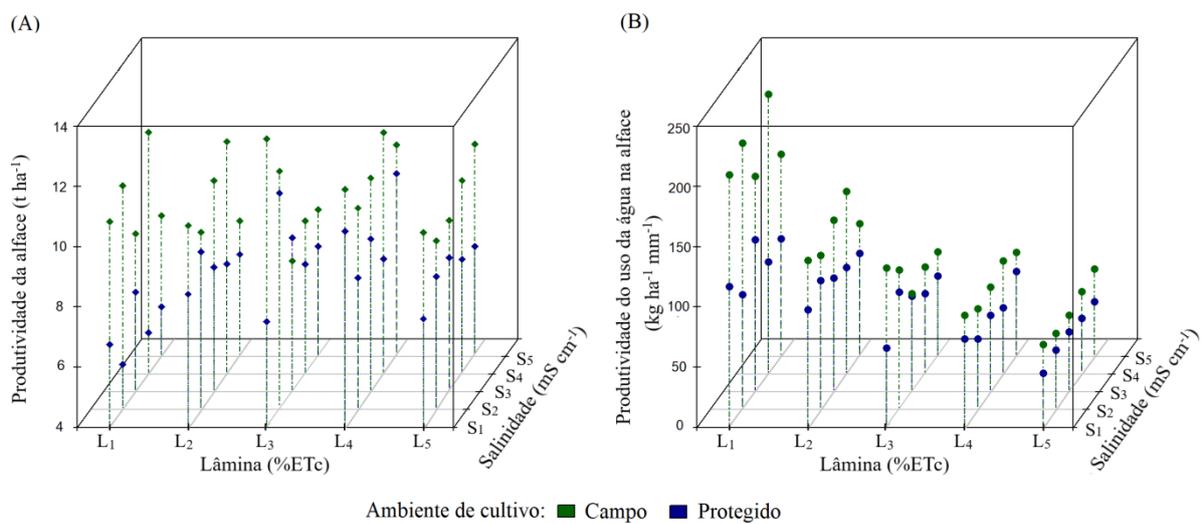
Fonte: Autores.

Além dos aspectos produtivos, é fundamental o conhecimento da produtividade de uso da água na agricultura irrigada, pois através dessa é possível determinar qual tratamento proporciona o maior aproveitamento da água pela planta, e também a viabilidade econômica da atividade (Mezzomo, et al., 2020).

Na Figura 12 se podem observar as médias da variável produtividade da alface (PA) e produtividade do uso da água na alface (PAA) cultivado em ambiente de campo e protegido. Na Figura 12A se pode observar o comportamento da variável PA foi semelhante a MFT, com baixa variação, fato que poderá ser explicado devido a influência direta do peso das folhas na produtividade, obtendo semelhantemente as maiores médias em campo, sendo a melhor

combinação L<sub>3</sub> x S<sub>1</sub> (13,52 t ha<sup>-1</sup>), seguida das combinações L<sub>4</sub> x S<sub>4</sub> e L<sub>1</sub> x S<sub>4</sub> (ambas com peso de 11,96 t ha<sup>-1</sup>), L<sub>2</sub> x S<sub>4</sub> (11,66 g t ha<sup>-1</sup>) e L<sub>5</sub> x S<sub>5</sub> (10,99 t ha<sup>-1</sup>). Ao se analisar a produtividade da alface pela quantidade de água consumida, observou-se que os maiores valores foram para o cultivo em campo, sendo decrescente com o aumento da lâmina (L<sub>1</sub>>L<sub>2</sub>>L<sub>3</sub>>L<sub>4</sub>>L<sub>5</sub>), mas com baixa variação quando analisado de acordo com a salinidade. Assim, se podem obter as melhores respostas (230,96; 150,11; 130,57; 92,34 e 70,74 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) com as respectivas combinações: S<sub>4</sub>; S<sub>4</sub>; S<sub>1</sub>; S<sub>4</sub> e S<sub>5</sub> (Figura 12B)

**Figura 12.** Produtividade da alface (A) e produtividade do uso da água na alface (B) da alface em resposta a lâmina de irrigação e níveis de salinidade da água, cultivado em dois ambientes: campo e protegido.



Fonte: Autores.

Para Lima Júnior, et al. (2010) a produtividade total máxima de alface foi estimada com uma lâmina de irrigação de 203,9 mm, com produtividade média de 65,58 t ha<sup>-1</sup>; para a produtividade comercial da cabeça, o ponto máximo foi atingido com a lâmina de 204,3 mm, resultando em uma produtividade de 35,31 t ha<sup>-1</sup>.

Magalhães, et al. (2015) que realizaram um experimento com quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc) em três cultivares de alface tipo crespa, verificaram que de acordo com o aumento das lâminas de irrigação reduziu a eficiência do uso da água pela planta e aumentou a massa de matéria fresca da parte aérea. Efeito semelhante aos obtidos na presente pesquisa, já que a lâmina de 142,25% proporcionou o ponto máximo da produtividade da alface.

Corroborando com a pesquisa, Valeriano, et al. (2016) afirma que os métodos escolhidos do manejo de irrigação influenciaram na produção de alface quando cultivada em

ambiente protegido, aumentando a produtividade e melhorando a eficiência do uso da água. De acordo com Blanco, et al. (1999) observaram, em ambiente protegido, redução de 17,5% na produtividade da alface, para cada incremento unitário na condutividade elétrica do extrato saturado, e que a salinidade aumentou a porcentagem de matéria seca na planta.

#### 4. Considerações Finais

Para as variáveis biométricas os melhores resultados obtidos foram da altura de planta em ambiente protegido e do diâmetro da copa em campo, no qual tiveram comportamento oposto, ou seja, em campo a maioria das plantas apresentou um maior diâmetro da copa quando comparada com o ambiente protegido. Já o índice de área foliar tivera melhores resultados em campo e o índice de número de folhas, em ambiente protegido;

Para as variáveis altura de planta, diâmetro da copa, índice de área foliar, índice de número de folhas, matéria fresca tota, matéria seca total e produtividade da alface os melhores resultados foram obtidos para lâminas iguais ou superiores a 100% da ETc e a salinidade entre 0,12 e 1,12 mS cm<sup>-1</sup>, podendo ser usado água com salinidade de aproximadamente 1,0 mS cm<sup>-1</sup>;

Para a produtividade da alface, o cultivo em campo obteve os melhores resultados atingindo um valor de 13,52 t ha<sup>-1</sup>. No entanto, a produtividade do uso da água na alface teve comportamento decrescente com o aumento da lâmina de irrigação nos dois ambientes de cultivo.

Como sugestão para trabalhos futuros, nos moldes desta pesquisa, avaliar a produtividade agrícola de outras culturas hortícolas em resposta a lâminas de irrigação e níveis salinos.

#### Referências

Bernardo, S., Soares, A. A., & Mantovani, E. C. (2013). *Manual de irrigação*. 8. Ed. Viçosa: Ed. UFV.

Bezerra Neto, F., Barros Júnior, A. P., Silva, E. O., Negreiros, M. Z., Oliveira, E. Q., Silveira, L. M., Câmara, M. J. T., & Nunes, G. H. S. (2006). Qualidade nutricional de cenoura e alface cultivadas em Mossoró-RN em função da densidade populacional. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, 24(4), 476-480.

Blanco, F. F., Medeiros, J. F., & Folegatti, M.V. (1999). Produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido sob condições salinas. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, 28, Pelotas. Anais... Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola.

Carvalho, K. S., Bonfim-Silva, E. M., Silveira, M. H. D., Cabral, C. E. A., & Leite, N. (2012). Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, 8(15), 1545-1553.

Conab. (2018). *Boletim Hortigranjeiro*, 4(2), Brasília.

Dalastra, C. (2017). Nutrição e produção de alface americana em função da vazão, periodicidade de exposição e condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema hidropônico. *Tese de Doutorado em Agronomia - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP*.

Di Mola, I., Roupheal, Y., Colla, G., Fagnano, M., Paradiso, R., & Mori, M. (2017). Morphophysiological Traits and Nitrate Content of Greenhouse Lettuce as Affected by Irrigation with Saline Water. *HortScience*, 52(12), 1716-1721. doi:10.21273/hortsci12501-17

Echer, R., Lovatto, P. B., Trecha, C. O., & Schiedeck, G. (2016). Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. *Revista Thema*, 13(3), 17-29. doi:10.15536/thema.13.2016.17-29.361.

Embrapa (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos*. 5ª. ed. Brasília.

Garcia, G. O., Nazário, A. A., Moraes, W.B., Gonçalves, I. Z., & Madalão, J. C. (2010). Respostas de genótipos de feijoeiro á salinidade. *Engenharia na Agricultura*, 18(4), 330-338.

Gervásio, E. S., Carvalho, J. de A., & Santana, M. J. (2000). Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(1), 125-128, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

Hortifruti Brasil. (2018). *Anuário 2017-2018*. 16(174).

Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2002). *Limitation of salt stress to plant growth*. In: Hock, B., Elstner, C.F. (Eds.), *Plant Toxicology*. Marcel Dekker Inc., New York, 91–224.

Ibge (2011). Pesquisa de orçamentos familiares 2008- 2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil/ IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. *Instituto brasileiro de geografia e estatística* – Rio de Janeiro.

Koppen, W. (1948). *Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra*. Publications In: *Climatology*. Laboratory of Climatology, New Gersey.

Lima Júnior, J. A. de, Pereira, G. M., Geisenhoff, L. O., Costa, G. G., Vilas Boas, R. C., & Yuri, J. E. (2010). Efeito da irrigação sobre o rendimento produtivo da alface americana, em cultivo protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, (8), 797-803.

Lucini, L., Roupael, Y., Cardarelli, M., Canaguier, R., Kumar, P., & Colla, G. (2015). The effect of a plant-derived protein hydrolysate on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. *Scientia Hort*, v. 182, 124–133. doi:10.1016/j.scienta.2014.11.022

Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance - current assessment., *Proc. J. Irrig. And Drainage*, 103(2), 115-134.

Magalhães, F. F., Da Cunha, F. F., Godoy, A. R., De Souza, E. J., & Da Silva, T. R. (2015). Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. *Instituto Nacional do Semiárido*, Campina Grande, PB, 4(1-3), 41-50.

Mezzomo, W., Peiter, M. X., Robaina, A. D., Kirchner, J. H., Torres, R. R., & Pimenta, B. D. (2020). Produção forrageira e eficiência de utilização da água do capim sudão submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Irriga*, Botucatu, 25(1), 143-159. doi:10.15809/irriga.2020v25n1p143-159

Neves, J. F., Nodari, I. D. E., Seabra Junior, S., Dias, L. D. E., & Silva, B. S. (2016). Produção de cultivares de alface americana sob diferentes ambientes em condições tropicais. *Revista Agro@mbiente On-line*, 10(2), 130-136. doi:10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3200

Paiva, F. I. G. (2017). Manejo da fertirrigação potássica e cálcica na cultura do tomateiro cultivadas em ambiente protegido e submetidas ao estresse salino. *Dissertação de Mestrado em Ambiente*. Universidade Federal do Semi-árido, Mossoró, RN, Brasil.

Paulus, D., Dourado Neto, D., Frizzone, J. A., & Soares, T. M. (2010). Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, 28(1), 29-35.

Paulus, D., Paulus, E., Nava, G. A., & Moura, C. A. (2012) Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Ceres*, 59(1), 110-117. doi:10.1590/S0034-737X2012000100016

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M, Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria, RS: UFSM, NTE

Putti, F. F. (2014). Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente. *Dissertação em Irrigação e Drenagem*. Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu.

Ribeiro, H. F. (2016). Uso de imagens digitais na diagnose do teor de nitrogênio foliar em plantas de alface. 2016. *Dissertação de Mestrado em Agronomia* - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil*. Washington, 78(2), p.160.

Rouphael, Y., G. Colla, L., Bernardo, D., Kane, M., Trevisan, L., & Lucini. (2016). Zinc excess triggered polyamines accumulation in lettuce root metabolome, as compared to osmotic stress under high salinity. *Front. Plant Sci*, v.7, p. 842. doi:10.3389/fpls.2016.00842

Sá, F. V. da S., Souto, L. S., Paiva, E. P., Andrade, R. A., Lima, Y. B., Oliveira, F. A., Neto, M. F., & Ferraz, R. L. S. (2017). Initial Development and Tolerance of Lettuce (*Lactuca sativa*) Cultivars Irrigated with Saline Water. *Journal of Agricultural Science*, 9(9), 149-157. doi: 10.5539/jas.v9n9p149

Sá, F. V. S., Brito, M. E. B., Melo, A. S., Antonio Neto, P., Fernandes, P. D., & Ferreira, I. B. (2013). Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 17(10), 1047-1054. doi:10.1590/S1415-43662013001000004

Sala, F. C., & Costa, C. P. (2012). Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 30, p. 187-194. doi:10.1590/S0102-05362012000200002

Santos, L. A. (2018). Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (SLIMCAP). *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Agronomia*. Campus de Arapiraca, Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca.

Santos, M. A. L., Santos, D. P., Menezes, S. M., Lima, D. F., & Vieira, J. P. S. (2015). Produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) em função das lâminas de irrigação e tipos de adubos. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, 13(1), 33-39.

Santos, R. S., Dantas, D. C., Nogueira, F. P., Dias, N. S., Neto, M. F., & Gurgel, M. T. (2010). Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. *Irriga*, Botucatu, 15(1), 111-118.

Silva, A. R. (2017). Crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Agronomia*. Areia, PB.

Silva, R. T., Oliveira, F. A., Souza Neta, M. L., Souza, A. A. T., Oliveira, M. K. T., Medeiros, R. C. A., & Paiva, E. P. (2012). Índice de clorofila na cultura da rúcula submetida diferentes salinidades na solução nutritiva. *Agropecuária científica no semiárido*, 8(3), 90-94. doi:10.30969/acsa.v8i3.193

Souza, J. N. C. (2017). Produtividade da alface sob diferentes lâminas de irrigação em

ambiente protegido. *Chapadinha-MA*.

Sousa, T. P. de, Souza Neto, E. P., Silveira, L. R. de S., Santos Filho, E. F. dos, & Maracajá, P. B. (2014). Produção de alface (*Lactuca sativa* L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(4), 168–172.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). Fisiologia vegetal. 3. ed. *Artemed*, 719p. Porto Alegre.

Tatagiba, S. D. (2006). Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. *Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal*, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 128 p.

Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, 503-527.

Testezlaf, R., & Matura, E. E. (2015). Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios. 1. ed. *Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP*, v. 1. 153p, Campinas, SP.

Valeriano, T. T. B., De Santana, M. J., Machado, L. J. M., & Oliveira, A. F. (2016). Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. *Irriga*, 21(3), p. 620. doi: 10.15809/irriga.2016v21n3p620-630

Valiati, I., Santos, R. F., Rosa, H. A., Wazilewski, W. T., Chaves, L. I., & Gasparin, E. (2012). Eficiência da Irrigação na Cultura da Alface (*Lactuca sativa* L.). *Acta Iguazu*, Cascavel, 1(2), 53-66.

Viana, E. P. T. (2012). Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola*. PPGEA, UFCG, Campina Grande.

Viana, S. B. A., Rodrigues, L. N., Fernandes, P. D., & Gheyi, H. R. (2001). Produção de alface em condições de salinidade a partir de mudas produzidas com e sem estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.60-66.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Cinara Bernardo da Silva – 12,5%

Márcio Aurélio Lins dos Santos – 12,5%

Daniella Pereira dos Santos – 12,5%

Cícero Gomes dos Santos – 12,5%

Valdevan Rosendo dos Santos – 12,5%

Marcilene Bezerra de Sá – 12,5%

Rayane Stefane da Silva Santos – 12,5%

Williams Querino Brandão Júnior – 12,5%