



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO
DO MANEJO SALINO APLICADO EM DISTINTAS ÉPOCAS**

ROBSON FELIPE DE LIMA

CAMPINA GRANDE, PB

2020

ROBSON FELIPE DE LIMA

**CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO
DO MANEJO SALINO APLICADO EM DISTINTAS ÉPOCAS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte das exigências
do Curso de Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola
para obtenção do título de mestre em
Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: Prof. DSc. RONALDO DO NASCIMENTO - UFCG/CTRN/UAEA

CAMPINA GRANDE – PB

2020

L732c

Lima, Robson Felipe de.

Cultivares de alface em sistema hidropônico em função do manejo salino aplicado em distintas épocas / Robson Felipe de Lima – Campina Grande, 2023.

56 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento."

Referências.

1. *Lactuca sativa*. 2. Fisiologia. 3. Hortaliças. 4. Cultivo sem Solo. 5. Estresse Salino. 6. Cultivo Hidropônico. I. Nascimento, Ronaldo. II. Título.

CDU 635.52(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

ROBSON FELIPE DE LIMA

APROVADO (A): 27 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ronaldo do Nascimento
Orientador – UAEEA/CTRN/UFCC

Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias
Examinadora – UAEEA/CTRN/UFCC

Dra. Viviane Farias Silva
Examinadora – UAEEF/CSTR/UFCC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida;

A minha mãe, Maria do Céu Belarmino de Lima, e aos meus irmãos, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos;

A Universidade Federal de Campina Grande, em especial, a Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso;

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, pelo apoio e orientação e ensinamentos;

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade para avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto de pesquisa;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo companheirismo ao longo do curso;

Enfim, agradecendo a todos que contribuíram de forma direta e indireta nessa conquista.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 Geral | 13 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA | 14 |
| 3.1 Cultura da alface | 14 |
| 3.2 Cultivo hidropônico | 15 |
| 3.3 uso de águas salinas no sistema hidropônico | 16 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 4.1. Localização da área experimental | 18 |
| 4.2. Caracterização do ambiente | 19 |
| 4.3. Delineamento experimental e tratamentos | 21 |
| 4.4. Cultivares | 21 |
| 4.5 Preparo e manejo da solução nutritiva | 22 |
| 4.8 Variáveis analisadas | 25 |
| 4.8.1 Crescimento | 25 |
| 4.8.2 Volume de raiz | 25 |
| 4.8.3 Variáveis de produção | 25 |
| 4.8.3.1 Fitomassa fresca e seca da parte aérea e radicular | 25 |
| 4.8.4 Variáveis fisiológicas | 26 |
| 4.8.4.1. Índice de SPAD | 26 |
| 4.8.4.2 Teor de clorofila | 26 |
| 4.8.4.3 Trocas Gasosas | 27 |
| 4.8.4.4 Extravasamento de Eletrólitos (EE%) | 27 |
| 4.8.4.5 Teor relativo de água (TRA) | 28 |
| 4.8. Análises estatísticas | 28 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 29 |
| 6. CONCLUSÕES | 46 |
| 7. REFERÊNCIAS | 476 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Vista geral da estufa onde a pesquisa foi desenvolvida..... | 18 |
| Figura 2. Planta baixa da disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT. | 19 |
| Figura 3. Delineamento experimental das bancadas..... | 20 |
| Figura 4. Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C)..... | 22 |
| Figura 5. Temperatura (A) umidade relativa (B) na estufa no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 28 |
| Figura 6. Volume de água aplicado no período de condição do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT. | 29 |
| Figura 7. Número de folhas (A) e número de folhas para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT. | 30 |
| Figura 8. Fitomassa fresca das folhas (A) e Fitomassa fresca raiz para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos DAT | 32 |
| Figura 9. Fitomassa fresca do caule (A) fitomassa fresca do caule para as cultivares (B) volume raiz para as cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 33 |
| Figura 10. Fitomassa seca das folhas (A), fitomassa seca raiz para as cultivares (B) fitomassa seca caule (C) e fitomassa seca caule para as cultivares (D) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 35 |
| Figura 11. Área Foliar total da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 36 |
| Figura 12. Clorofila <i>a</i> (A), Clorofila <i>a</i> para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 13. Clorofila <i>b</i> (A) e carotenoides (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 40 |
| Figura 14. Teor relativo de água (A) e teor relativo de água para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 41 |
| Figura 15. Taxa de fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 43 |
| Figura 16. Concentração interna de CO ₂ (A) e Concentração interna de CO ₂ para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 44 |
| Figura 17. Transpiração (A) e transpiração para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 44 |
| Figura 18. Eficiência do uso da carboxilação da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT..... | 45 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Macronutrientes e Micronutrientes, utilizados no experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.....21
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca do caule (MFC), volume de raiz (Vol. R), massa seca das folhas (MSF), massa seca da raiz (MSR), massa seca do caule (MSC) e área foliar total (AFT), de três cultivares de alface submetidas a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.....30
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila a (Cla), clorofila (Clb), clorofila total (Clt), carotenóides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE), teor relativo de água (TRA) e índice de spad de três cultivares de alface de três cultivares de alface submetidas a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.....37
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂(Ci), taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) de três cultivares de alface de três cultivares de alface submetidas a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.....41

CULTIVARES DE ALFACE EM SISTEMA HIDROPÔNICO EM FUNÇÃO DO MANEJO SALINO APLICADO EM DISTINTAS ÉPOCAS

RESUMO

O estresse salino afeta o crescimento e a produtividade de muitas plantas, no entanto, o uso alternado de águas pode minimizar esses efeitos causados. Sendo assim, objetivou-se com a pesquisa, avaliar uso da solução nutritiva salinizada em épocas distintas de aplicação no cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa. Para tanto, o delineamento experimental escolhido foi em parcelas subdivididas, no arranjo fatorial 4×3 , sendo quatro manejos da solução nutritiva e uma testemunha (1 a 5 dias após tranplantio DAT (M1), 5 a 10 DAT (M2), 10 a 15 DAT (M3)) e três cultivares do segmento crespa (Camila, Veneranda e Elba). Com relação aos resultados, sabe-se que o manejo na solução nutritiva causa efeito negativo ao crescimento das plantas de alface, principalmente, no manejo dois. A cultivar Elba independente do manejo tem melhor desempenho, sendo indicada para cultivo hidropônico com solução nutritiva salinizada. O aumento das concentrações dos sais na solução nutritiva reduziu os teores de clorofilas e relativo de água em todos os manejos empregados. E o estresse salino reduz as trocas gasosas com uma maior porcentagem no manejo três, sendo as maiores na taxa de fotossíntese líquida e taxa de transpiração.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, Fisiologia, hortaliças, cultivo sem solo.

LETTUCE CULTIVARS IN A HYDROPONIC SYSTEM AS A FUNCTION OF SALT MANAGEMENT APPLIED AT DIFFERENT TIMES

ABSTRACT

Saline stress affects the growth and productivity of many plants. The alternate use of water can minimize the effects caused by salinity. The aim of this study was to evaluate the use of saline water at different times in the hydroponic cultivation of three cultivars of curly lettuce. The experimental design was in subdivided plots, in a 4×3 factorial arrangement, with four managements of the nutrient solution and a control (1 to 5 days after transplanting DAT (M1), 5 to 10 DAT (M2), 10 to 15 DAT (M3)) and three cultivars of curly lettuce (Camila, Veneranda and Elba). The management of the nutrient solution has a negative effect on the growth of lettuce plants, especially in management two. The Elba cultivar, regardless of management, performs better and is suitable for hydroponic cultivation with saline solution. Increasing the amount of saline solution reduced the chlorophyll content and relative water content in all the managements used. Salt stress reduces gas exchange with a greater reduction in management three, the greatest reductions were in the rate of net photosynthesis and transpiration rate.

Keywords: *Lactuca sativa*, Physiology, vegetables, soilless cultivation.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*) é cultivada em todas as regiões do Brasil, sendo considerada a principal hortaliça folhosa consumida pela população, tanto pelo sabor e qualidade nutricional quanto pelo preço reduzido para o consumidor, que a consome principalmente, em saladas. O Brasil possui uma área com aproximadamente 35.000 hectares de plantio da alface, tanto pela produção intensiva, quanto por produtores familiares, gerando em torno de cinco empregos por hectare (SOUSA *et al.*, 2014). Em razão das diversas condições climáticas encontradas nas diferentes regiões do país há cultivo de inúmeros segmentos varietais, no entanto, o predominante é o das alfaces crespas, que respondem a 65% do mercado brasileiro (ABCSEM, 2016).

É uma hortaliça com boa adaptabilidade ao sistema protegido, em especial, ao sistema hidropônico, que reduz seu ciclo. Nesse contexto, a hidropônia desperta cada vez mais interesse no mundo todo, por sua contribuição para redução dos impactos ambientais, através do uso mínimo da água disponível (ALVES *et al.*, 2011; SOARES *et al.* 2020). E também surge como uma alternativa no cultivo de hortaliças na região nordeste, em especial no semiárido, por apresentar maior eficiência do uso da água com relação ao cultivo convencional, e a oportunidade do aproveitamento de águas salinas (SANTOS *et al.*, 2010). Esse sistema apresenta na região nordeste uma área de cultivo superior a 2000 m² com 23 produtores, fornecedores e distribuidores (BEZERRA NETO, 2017).

Diversas formas de utilização das águas salinas vêm sendo testadas visando uma melhor produtividade das culturas, encontrar cultivares que melhor se adaptam ao cultivo hidropônico com alta salinidade na solução nutritiva. Assim, as plantas podem apresentar tolerâncias diferentes ao uso dessas águas na solução nutritiva, que podem variar com estágio de desenvolvimento, do período que serão empregadas e do manejo aplicado.

Portanto, há necessidade do conhecimento dos efeitos da salinidade sobre as plantas, quando se pretende adotar práticas de manejo adequadas, visando assegurar a produção comercial com água salina (DIAS & BLANCO, 2010).

Para conviver com a utilização de águas salinas são necessárias formas que possam mitigar os impactos da salinidade nas plantas, dentre as estratégias de manejo, o uso alternado de água salina com água de boa qualidade pode reduzir o efeito deletério

nas plantas, podendo assim, ser uma opção eficiente de cultivo em regiões em que águas de boa qualidade são escassas. (SOARES *et al.*, 2015).

Aplicando o manejo adequado de águas salinas em sistema hidropônico, como a alternância de água salina e de boa qualidade em diferentes épocas do seu ciclo, pode permitir uma produtividade satisfatória, pois a salinização em algumas épocas seria menos danosa do que a salinidade aplicada constante em todo o seu ciclo, podendo assim, encontrar os períodos em que a planta é mais tolerante a salinidade.

Assim, propõe-se avaliar o uso da solução nutritiva salinizada em épocas distintas de aplicação no cultivo hidropônico em três cultivares de alface crespa.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os efeitos do manejo da solução nutritiva salinizada em diferentes épocas de aplicação, no cultivo hidropônico de cultivares da alface crespa (Veneranda, Camila e Elba).

2.2 Específicos

- Avaliar as variáveis de crescimento três cultivares de alface crespa em função da aplicação da solução nutritiva salinizada, em épocas distintas da cultura em cultivo hidropônico;
- Analisar as trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos de três cultivares de alface crespa em função da aplicação da solução nutritiva salinizada, em épocas distintas da cultura em cultivo hidropônico;
- Determinar a produção de três cultivares de alface crespa em função da aplicação da solução nutritiva salinizada, em épocas distintas da cultura em cultivo hidropônico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CULTURA DA ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea, anual, pertencente à família Asteraceae, e considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que possibilita uma expressiva importância econômica e social, sendo servida na forma in natura como salada crua, (CARVALHO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2011). Atualmente, possui uma área de 86,8 mil hectares cultivados por mais de 670 mil produtores e uma produção de mais 575,5 mil toneladas ao ano, segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2018).

Os principais tipos de alface cultivados e consumidos no país, em ordem de importância econômica, são: crespa, americana, lisa e romana (EMBRAPA, 2019). O cultivo da alface tipo crespa é preferido pelos produtores, por ser considerada adaptada ao cultivo no verão, resistente as doenças e ao pendoamento precoce, além de apresentar boa disposição das folhas, resistência ao transporte, maior período pós-colheita e melhor paladar (RODRIGUES *et al.*, 2007).

A sua cultura possui o sistema radicular ramificado e superficial, sua raiz é pivotante e pode atingir até 0,60 m (FILGUEIRA, 2013). Ela representa uma importante fonte de sais minerais, como de cálcio e vitaminas, especialmente, a vitamina A, mas, também é fonte de vitaminas B1, B2, B5 e C e fibras. Além disso, apresenta efeito calmante, diurético e laxante (PAULA JÚNIOR & VENZON, 2007).

As partes comestíveis (folhas) crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, como também pode haver ou não a formação de uma “cabeça”, que possui uma coloração variada, podendo ter diversos tons de verde ou roxa conforme a cultivar (FILGUEIRA, 2008). Além disso, por apresentar seu ciclo curto, faz com que seja possível a produção em todo o ano, no que resulta em rápido retorno financeiro ao produtor.

Conforme Filgueira (2008), a entrada de cultivares melhoradas geneticamente proporcionou seu cultivo em climas tropicais, com disponibilidade da cultura durante todo o ano, além de que o uso de novas tecnologias de cultivo contribui para o aumento da produção, na hidropônica, por exemplo, a alface é a espécie mais cultivada. Segundo Sala e Costa. (2012), a hidropônica é um setor em franca expansão devido aos avanços tecnológicos e pela redução dos riscos, previsibilidade e constância da produção neste tipo de sistema.

Para Sedyama *et al.* (2007), Costa *et al.* (2018), as plantas de alface podem ter suas características de produção, como número de folhas por planta e a massa fresca da planta inteira influenciados pela cultivar, fotoperíodo, temperatura e salinidade.

As culturas, de uma forma geral, possuem uma tolerância variada à salinidade, que pode mudar de acordo com estágio de desenvolvimento das plantas, da cultivar, do tipo de sal presente no ambiente, da intensidade e duração do estresse salino, do manejo cultural e das condições edafoclimáticas do local de cultivo (TESTER & DAVENPORT, 2003; MUNNS, 2005; TAIZ & ZEIGER., 2013).

Dentre as diversas cultivares comerciais de alface não existem específicas para o cultivo sem solo, apenas algumas cultivares mais adaptadas ao meio hidropônico (PAULUS, 2008). Assim, a escolha da cultivar de alface é decisiva para o sucesso do sistema adotado, seja ele no meio hidropônico ou cultivo em solo.

3.2 CULTIVO HIDROPÔNICO

De acordo com Melo *et al.* (2002), o uso da hidropônia surgiu como uma alternativa para problemas como a baixa disponibilidade de solos aptos à agricultura; a incidência de determinadas doenças de solo, dificilmente controladas por métodos químicos, sanitários ou de resistência genética; além do interesse em incrementar a eficiência do uso da água e o desejo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dos alimentos.

Assim, a abertura de novas áreas agrícolas é limitada considerando o ponto de vista ambiental, logo, tornou-se necessário o uso de técnicas como a hidropônia, visando aumentar a produtividade de diferentes espécies de plantas, e garantindo a preservação dos recursos naturais como água e o solo (CORRÊA *et al.*, 2012).

Em geral, acredita-se que a hidropônia em escala comercial teve início na década de 1980 no Brasil, ganhando maior abrangência em 1990. O Estado de São Paulo é o maior produtor de produtos hidropônicos no Brasil, mas, pode ser considerada uma atividade em expansão em todas as regiões do país.

Dentre os fatores que contribuíram para uma significativa expansão estão: a produção de hortaliças de ótima qualidade; a melhor ergonomia pelo uso de bancadas; o melhor aproveitamento de espaço físico, por permitir cultivos sucessivos; a menor incidência de pragas e doenças e, portanto, uma menor aplicação de tratamentos fitossanitários; o maior tempo de prateleira para a comercialização do produto; o melhor

controle do meio nutritivo para o crescimento das plantas e o aproveitamento de água e nutrientes (FURLANI., 1996; RODRIGUES., 2002; HIDROGOOD, 2007).

Também é importante citar a diminuição das áreas de cultivo próximas aos grandes centros consumidores, em razão da expansão imobiliária, visto que em pequenas áreas é possível obter maiores produtividades, o que o torna uma alternativa viável economicamente, e os hidrocultores, geralmente, são instalados próximos aos centros consumidores, para facilitar a venda dos seus produtos para supermercados, feiras e restaurantes (BEZERRA NET O, 2017).

Existem diferentes técnicas de cultivo hidropônico, sendo elas: a aeroponia, cultivo por submersão e drenagem (flood and drain), hidroponia de aeração estática (floating), cultivo com substratos e a técnica do filme nutriente (NFT) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes (BEZERRA NETO e BARRETO, 2012).

O NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes), por sua vez, é o mais utilizado representando 90% dos produtores, seu funcionamento se dá por um fluxo constante de solução, que é bombeada de um depósito para o canal de cultura, fluindo constantemente em forma de um filme bastante fino, que nutre a parte da planta que fica submersa, ficando a outra parte em contato com ar úmido absorvendo oxigênio e depois de feito o processo, a solução retorna ao depósito (GOMES, 2015; MELLO, 2016). As principais culturas produzidas de forma hidropônica são: a alface, a abobrinha, o aipo, o agrião, a cebolinha, o manjeriço, a menta, o morango, o pepino, o pimentão, a rúcula, a salsa e o tomate, sendo a produção das hortaliças folhosas como a alface, a que mais aplica a técnica (BEZERRA NETO, 2017; HIDROGOOD, 2018).

3.3 USO DE ÁGUAS SALINAS NO SISTEMA HIDROPÔNICO

No semiárido muitas vezes a ausência de águas de boa qualidade não permite o cultivo tradicional de hortaliças e quando é realizado, é com águas ricas em sais (BEZERRA NETO, 2017). O meio salino provoca a diminuição na disponibilidade de águas para as plantas causando o efeito osmótico, que independe do tipo de partícula de soluto que provoca a osmose e, geralmente, não afeta a absorção de íons ou sua remobilização na planta (JESUS, 2011; SONNEVELD, 2004).

O estresse osmótico pode ocasionar um efeito imediato sobre o crescimento das plantas, causando a inibição da expansão celular por meio do ácido abscísico (JOUYBAN, 2012), ou ainda, reduzindo a absorção de água pelas raízes, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (AL-KARAKI *et al.*, 2009). O acúmulo do

Na^+ , normalmente, interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos dependentes do K^+ , resultando em alterações metabólicas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta (MEKAWY *et al.*, 2015).

O cultivo hidropônico aparece com uma alternativa para a situação, sobretudo, na região nordeste em que os recursos hídricos são mais escassos (BEZERRA NETO, 2017). A hipótese básica dos estudos é que na hidropônia a resposta das plantas em condições salinas é melhor que no cultivo convencional baseado no solo, visto que, na hidropônia, não existe o potencial mátrico, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre da água (SOARES *et al.*, 2007). Ainda segundo Alves *et al.* (2011), a hidropônia pode permitir melhor eficiência no uso da água, devido diminuir as perdas por evaporação, menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente.

Além de permitir o cultivo de hortaliças com águas mais salinas quando comparada ao cultivo convencional em solo, o efeito de maior diluição dos sais presentes na solução que a planta absorve, explica o motivo de se desenvolverem com maior facilidade que em solo sob a mesma salinidade (BEZERRA NETO, 2017). Águas com alto conteúdo salino, por exemplo, podem ser aplicadas em cultivos hidropônicos, porém as plantas que se desenvolvem nessas águas estão limitadas àquelas denominadas como tolerantes e moderadamente tolerantes à salinidade (PAULUS *et al.*, 2010).

A alface é considerada uma cultura moderadamente sensível à salinidade, mas, diversos trabalhos destacam o fato de a salinidade afetar negativamente a produção da alface e de outras folhosas, sendo que a intensidade dos efeitos deletérios varia dependendo da cultivar, do estágio fenológico, do tipo de sais, da intensidade e duração do estresse salino (TAIZ & ZEIGER, 2009; FREIRE *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2015). Segundo Ayers & Westcot, (1999), o efeito da salinidade nos estágios fenológicos das culturas varia de acordo com o seu ciclo que pode ter tolerância aos sais, sendo ele durante todo o ciclo vegetativo, germinação ou nas fases seguintes de crescimento.

Alguns autores apontam a alface na hidropônia como uma hortaliça tolerante à salinidade, podendo, inclusive, ter efeito benéfico dos sais a cultura, a hipótese dessa tolerância e a constante disponibilidade de água às plantas e a inexistência do potencial mátrico sobre o potencial total da água (RESH, 1992; RODRIGUES, 2000; SOARES *et al.*, 2007b)

Diversos trabalhos mostram o uso de águas salinas no cultivo de alface no sistema hidropônico, como Paulus *et al.* (2010) Guimaraes *et al.* (2017) no qual apontam que o aumento da salinidade na solução nutritiva reduziu a produção da cultura da alface, mas não apresentou efeitos deletérios que pudessem comprometer a comercialização das plantas. Esses autores aplicaram a salinidade constante em todo o crescimento das plantas, o que pode ter ocasionado a redução.

Portanto, seria de grande importância para os produtores encontrar períodos em que as plantas apresentem tolerância na utilização de águas salinas na solução nutritiva, sem ocasionar declínio na produção da cultura. Segundo Araújo *et al.* (2016), aumentar os genótipos com potencial tolerância à salinidade é de grande importância, pois pode oferecer alta produtividade mesmo com águas salinas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área experimental

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), nas dependências da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA). O campus está localizado na zona centro oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, localizado geograficamente à 7°13'11" latitude sul e 35°53'31" de longitude oeste, com uma altitude de 547,56 m.

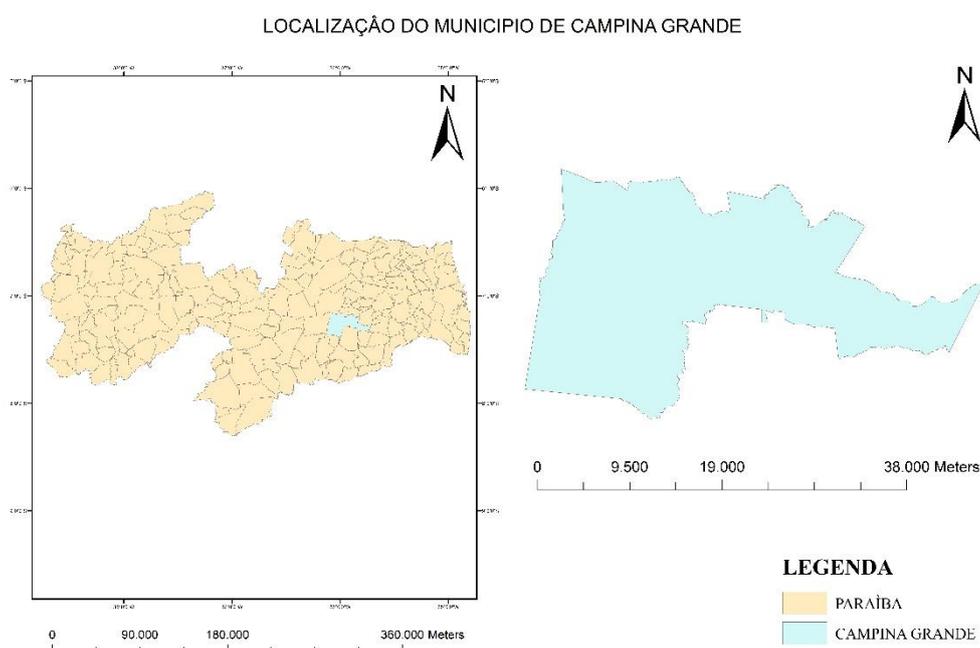


Figura 1. Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba, fonte Lima 2020.

4.2. Caracterização do ambiente

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação convencional, instalada com o eixo longitudinal no sentido leste - oeste, para reduzir o sombreamento interno. A casa de vegetação possui estrutura em arcos galvanizados, com dimensões de 6,0 m de largura x 10 m de comprimento e pé-direito de 3,00 m, coberta com filme plástico transparente e laterais envolvidas com telado que permitem a passagem parcial do vento, amenizando a temperatura interna (figura 2).



Figura 2. Vista geral da estufa onde a pesquisa foi desenvolvida.

No interior da casa de vegetação quatro bancadas de plantio hidropônico em sistema NFT (técnica de nutrientes em filme), espaçadas uma das outras em 0,80m, com altura inicial de 1,10m e declividade de 2% para permitir que a solução referente a cada tratamento percorra o perfil apenas por gravidade. Em sua extremidade uma estrutura montada para direcionar a solução até o duto de retorno ao reservatório, também por gravidade, que é fundamental para promover a oxigenação da solução. Cada bancada com seis seções de cultivo individuais, compostas por tubos de polipropileno específicos para hidropônia. O sistema também inclui mangueiras de injeção de solução nutritiva, tubos e conexões para garantir a operação normal do sistema. O espaçamento

das seções é de 0,10m e o comprimento é 4,0m, Figura (3) o espaçamento das seções é de 0,25 cm entre plantas e linhas de 0,20 cm.

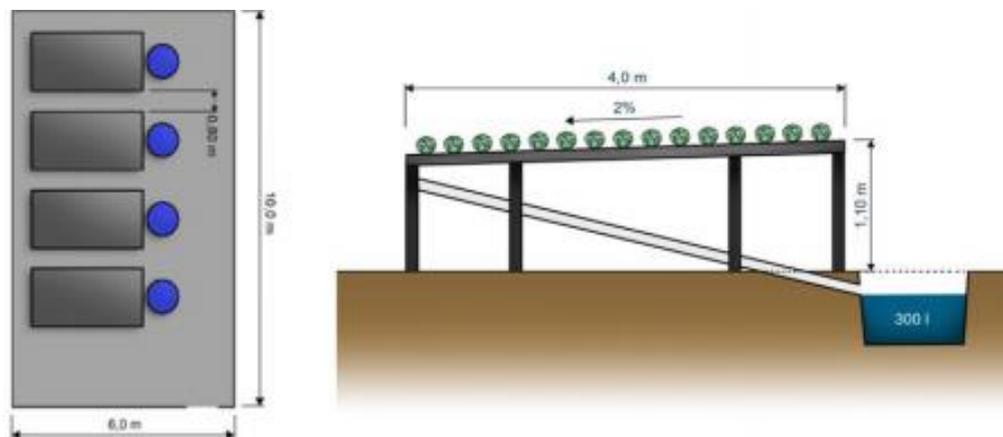


Figura 3. Planta baixa da disposição das bancadas e vista lateral da bancada em sistema NFT.

Os perfis referentes a cada tratamento foram interligados a um reservatório de polietileno com capacidade de 300 litros, para armazenamento da solução nutritiva. Nos reservatórios foi quantificado o volume de água total aplicado, feita uma demarcação colocando um volume conhecido e verificando esse volume com uma régua graduada podendo assim, quantificar o volume de água total do experimento.

Para a circulação da solução nutritiva foram necessários quatro motores bombas de potência 35w, para realizar a sucção e recalque da solução do reservatório aos perfis, as bombas trabalharam a um nível inferior ao da solução (do lado de fora do reservatório) para evitar a entrada de ar no sistema (as bombas submersas não são recomendadas porque a carcaça externa sofrerá muita corrosão, já que a solução nutritiva é uma solução salina). A vazão da solução nos canais e a potência da bomba foi determinada considerando a recomendação de Furlani *et al.* (2009). Cada bomba foi conectada a um temporizador analógico ligado à energia elétrica, que manteve a solução circulando nos horários programados. Os temporizadores foram programados para irrigações a cada 15 minutos durante o dia (Bliska; Honório, 1996), e intervalos de uma meia hora no período noturno.

4.3. Delineamento experimental e tratamentos

Ao todo foram avaliadas três cultivares de alface crespa (Venerando, Camila e Elba). Por meio do delineamento experimental de parcelas subdivididas, casualizadas em esquema fatorial (4 x 3), com seis repetições. As parcelas foram constituídas por três épocas de manejos e as subparcelas foram constituídas pelas três cultivares, figura (4). De forma mais detalhada, o processo se deu pela avaliação de três manejos de salinidade correspondentes as épocas (1 a 5 dias após transplântio DAT (M1), 5 a 10 DAT (M2), 10 a 15 DAT (M3) e Testemunha), com condutividade elétrica de 5,0 dS m⁻¹ e uma testemunha sem adição de sais com condutividade de 1,5 dS m⁻¹, cada um foi aplicado após o transplântio das mudas para as bancadas definitivas quando em cada bancada foi aplicada a solução nutritiva a 5,0 a dS.m⁻¹ após 5 dias e depois novamente a solução de 1,5 dS.m⁻¹ (M1), na semana seguinte a solução nutritiva de 5,0 a dS.m⁻¹ para a segunda bancada depois dos 5 dias e posteriormente a solução de 1,5 dS.m⁻¹ (M2), e por último a solução nutritiva a 5,0 a dS.m⁻¹ passando 5 dias (M3) e a Testemunha com aplicação da solução nutritiva a 1,5 dS.m⁻¹ durante todo o ciclo.

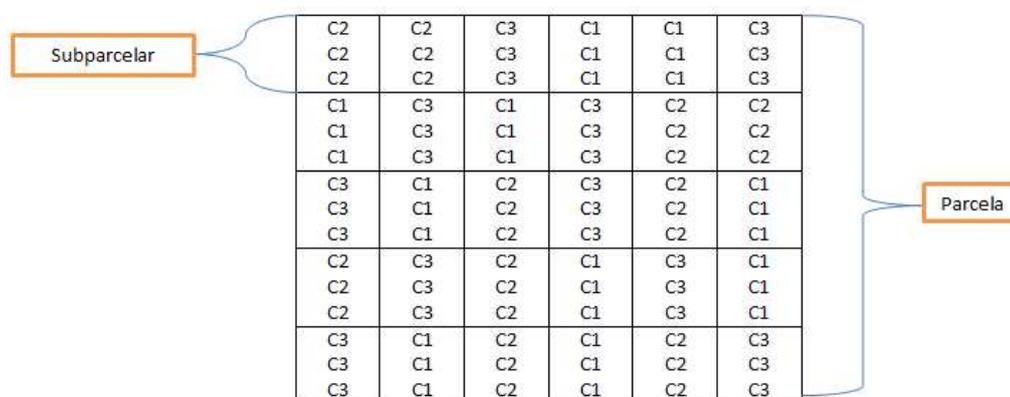


Figura 4. Delineamento experimental das bancadas.

4.4. Cultivares

As cultivares escolhidas para o experimento foram do segmento alface crespa, cv. Veneranda, cv. Camila e cv. Elba. As sementes peletizadas usadas para produção das mudas foram compradas no mercado local.

As cultivares possuem as seguintes características: Veneranda – Planta com de grande porte, tolerante ao calor, grande adaptação de cultivo. Folhas crespas, grandes,

repicadas e com coloração verde claro Tolerância a LMV (lettuce mosaic virus), pendoamento precoce e altas temperaturas.

Camila - Grande número de folhas e boa tolerância ao pendoamento precoce, alta adaptação para cultivo em sistema hidropônico e campo aberto cultivo o ano todo.

Elba – planta com tamanho grande, folhas largas e crespas, tolerância ao calor, baixa incidência de brotação lateral e boa uniformidade e a apresenta tolerância ao pendoamento precoce.

4.5 Preparo e manejo da solução nutritiva

O preparo e manejo da solução nutritiva foram efetuados de modo a fornecer todos os nutrientes necessários durante todo ciclo da alface, conforme recomendação de Furlani *et al.* (1999) para todos os tratamentos. Na formulação para o preparo da solução nutritiva foram inseridos os nutrientes descritos na Tabela abaixo:

Tabela 1. Macronutrientes e Micronutrientes, utilizados no experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.

| Nutrientes | Macronutrientes | | | | | |
|------------------------------|-----------------|-----|------|-----|------|------|
| | N | P | K | Mg | Ca | S |
| | % | | | | | |
| Nitrato de cálcio | 11,89 | - | - | - | 18,5 | - |
| Fosfato monoamônico | 12 | 61 | - | - | - | - |
| Sulfato de magnésio | - | - | - | 9 | - | - |
| Sulfato de potássio | - | - | 60 | - | - | 11,9 |
| Cloreto de potássio | - | - | 51,5 | - | - | 17 |
| Ureia | 45 | - | - | - | - | - |
| Complexo com micronutrientes | Micronutrientes | | | | | |
| | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
| | % | | | | | |
| | 0,85 | 0,5 | 3,4 | 3,2 | 0,06 | 4,2 |

Para a testemunha a solução foi preparada com água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA com condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, e o tratamento com salinidade ocorreu com a adição sais na solução nutritiva na proporção 7:2:1 com a mistura de sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação predominante nas águas de alta salinidade para

irrigação no Nordeste, conforme Medeiros., (1992); Audry & Suassuna, (1995) para alcançar o valor da CEa proposto na pesquisa.

O monitoramento das soluções ocorreu diariamente para garantir a condutividade elétrica correspondente aos tratamentos, a verificação através de um condutivímetro de bancada modelo Mca 150, e quando necessário ajustada por meio da diluição do tratamento com uma solução nutritiva de ajuste, previamente preparada conforme recomendação de Furlani *et al.* (1999) e armazenada em reservatório extra, ou através da adição dos sais, quando necessário concentrar mais a solução.

O controle diário do pH se deu através de um pHmetro de bancada modelo LUCA-210, para que sempre se mantivesse entre 5,5 e 6,5 (devido se tratar do intervalo ótimo para absorção de nutrientes), ajustando-o quando necessário, através de uma solução base composta por hidróxido de sódio e uma solução ácida composta por ácido sulfúrico.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar (máximas e mínimas) foram registrados diariamente com auxílio de higrômetro digital (figura 5).

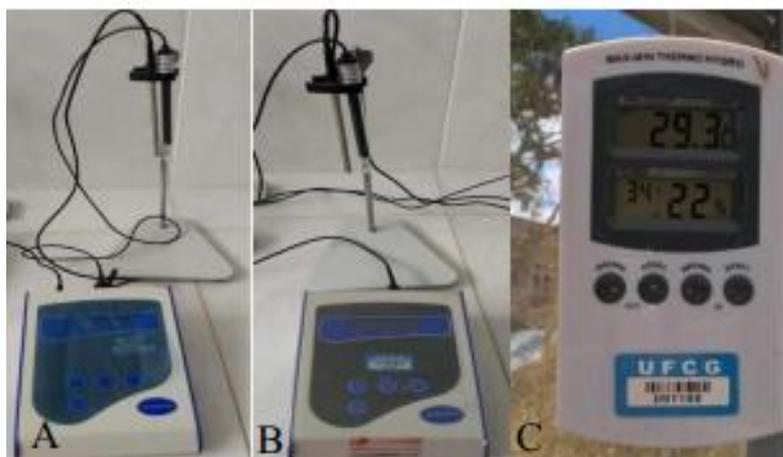


Figura 5. Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e higrômetro digital (C). fonte Lima 2020.

Na Figura 5 apresenta-se as temperaturas (média, máxima e mínima) e a umidade na Figura 6 (média, máxima e mínima) entre os 01 e 36 dias de experimentação, correspondentes aos meses de abril e maio, período que corresponde ao tempo de condução do experimento. As medições foram feitas sempre às 8:00 horas, por meio do termo-higrômetro instalado na área experimental. Conforme os dados, a

média de temperatura mais alta registrada durante o período foi de 45°C, a umidade relativa do ar máxima registrada de 91%.

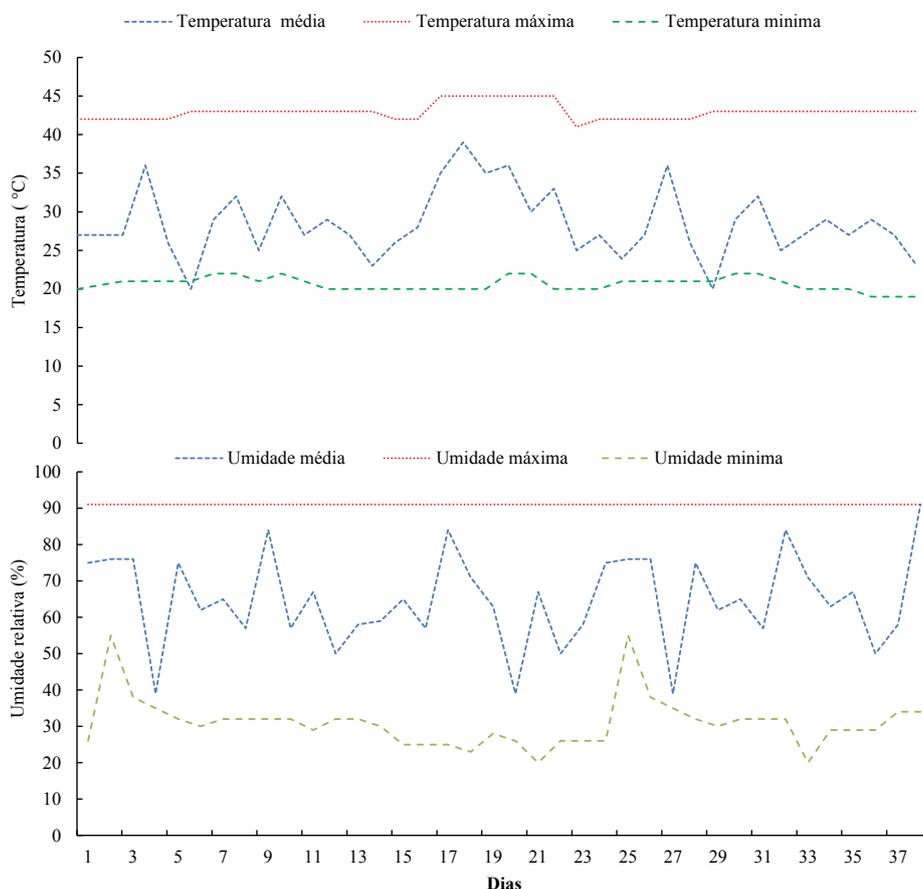


Figura 6. Temperatura (A) umidade relativa (B) na estufa no período de condução do experimento da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo na condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

4.7 Produção de mudas e condução do experimento

As mudas foram produzidas na casa de vegetação a partir da semeadura em espumas fenólicas (2x2x2), as sementes de cada cultivar semeadas uma por cavidade. Uma semana após germinação, as mudas foram levadas para o berçário onde ficaram até alcançarem de 6 folhas definitivas. No berçário foi aplicada durante uma semana a solução nutritiva diluída a 50% para um período de adaptação das plantas, e na semana seguinte, solução nutritiva completa (100%), sendo logo após, transportadas para as

bancadas definitivas. A aplicação do manejo da solução nutritiva salinizada teve início após o transplântio para os perfis definitivos.

4.8 Variáveis analisadas

A avaliação ocorreu após aplicação dos três manejos aos 15 dias após o transplântio (DAT), analisando-se as variáveis de crescimento, produção e fisiológicas.

4.8.1 Crescimento

O diâmetro de caule (DC foi utilizado paquímetro digital) e o número de folhas (NF) foram determinados através de contagem direta, área foliar total (AFT). E para saber a área foliar foi aplicado o método de Benincasa (2003), em que uma amostra com área conhecida de 4 cm² é retirada da folha e encaminhada para estufa para se obter a massa seca da amostra. Posteriormente, a área foliar total de cada planta foi determinada pela equação (1), razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra:

$$\text{AFT} = \frac{\text{área da amostra} * \text{massa seca total}}{\text{Massa seca da amostra}} \quad (1)$$

4.8.2 Volume de raiz

Para o volume do sistema radicular foi necessária uma proveta graduada de 1000 ml, colocando-se um volume conhecido, pelo deslocamento de água na proveta obteve-se o volume da raiz em ml segundo Rossiello et al. (1995).

4.8.3 Variáveis de produção

4.8.3.1 Fitomassa fresca e seca da parte aérea e radicular

Para determinação da fitomassa fresca e seca das plantas (g), foi feita a separação das folhas, caules e raízes logo após retirada das plantas dos perfis em cada uma após a avaliação. A fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC) e fitomassa fresca da raiz (FFR) foram determinadas pelo método direto da pesagem em balança de precisão. Para cálculo da fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC) e fitomassa seca da raiz (FSR), o material fresco foi previamente pesado, acondicionado em sacos de papel devidamente identificados, e passaram pelo processo de secagem em estufa com circulação de ar forçado a 65°C por

72 horas, após esse procedimento, as amostras foram novamente pesadas separadamente para registrar a fitomassa seca.

4.8.4 Variáveis fisiológicas

4.8.4.1. Índice de SPAD

No final do experimento foi feito aos 15 DAT o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development), através do medidor portátil SPAD- 502, seguindo os procedimentos adotados por Guimarães (1998). O equipamento fornece leituras que podem se relacionar com o teor de clorofila presente na folha (UDDLING *et al.*, 2007). O instrumento avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, local que acontece absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, que não ocorre absorção. Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice SPAD que, em geral, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (MARKWELL *et al.*, 1995; GUIMARÃES *et al.*, 1999). No caso da pesquisa, as leituras foram em todas as plantas na folha localizada na parte mediana do caule, sendo calculada a média/folha para cada planta e média final por tratamento.

4.8.4.2 Teor de clorofila

As determinações dos teores de clorofila foram feitas com as mesmas folhas da leitura com o SPAD. Para o procedimento, retiraram-se discos foliares com diâmetro de 0,771 mm da lâmina foliar por meio de um furador, entre a borda e a nervura central da folha, o peso da amostra deve variar entre 50 - 200g. Os teores de clorofilas a e b, total e os carotenoides foram quantificados por meio da extração dos pigmentos das amostras retiradas das folhas frescas que, após pesadas, foram trituradas em placas de petri em ambiente com mínima luminosidade, e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona 80%, mantendo-as no escuro e sob refrigeração durante 48 horas, para em seguida coletar os sobrenadantes contendo os pigmentos extraídos e fazer as leituras de absorbâncias.

Para a leitura foi usado o equipamento espectrofotômetro da marca Spectrum SP-2000UV, nos comprimentos de onda (ABS) 470, 647 e 663, com acetona 80% como branco. Os valores de absorbância são convertidos em conteúdo de clorofila a, b, total e carotenoides através das equações (2), (3), (4) e (5), respectivamente, originalmente

propostas por ARNON (1949) e ainda empregues por outros autores (LICHTENTHALER; WELBURN, 1983; HENDRY; PRINCE, 1993):

$$\text{Clorofila a} = (12,25 \times A663 - 2,79 \times A647) \quad (2)$$

$$\text{Clorofila b} = (21,50 \times A647 - 5,10 \times A663) \quad (3)$$

$$\text{Clorofila total} = (7,15 \times A663) + (18,71 \times A647) \quad (4)$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \times A470 - 1,82 \text{ Cl a} - 85,02 \text{ Cl b}) / 198 \quad (5)$$

Os valores das equações foram expressos em μg de pigmento por mL de extrato, esse valor foi convertido a μg de pigmento por grama de massa fresca através de regra de três simples.

4.8.4.3 Trocas Gasosas

As variáveis de trocas gasosas foram mensuradas 15 DAT, no período entre 7h00 e 8h00 da manhã, com uso do equipamento analisador de trocas gasosas modelo LCpro+, contendo um IRGA (Infra Red Gas Analyser). As avaliações foram nas folhas da região mediana do caule, completamente expandidas e não sombreadas. O equipamento fez as leituras das seguintes variáveis: condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$). De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MELO et al., 2009).

4.8.4.4 Extravasamento de Eletrólitos (EE%)

Das folhas localizadas na parte mediana da planta, foram coletados 5 discos foliares de 0,771mm, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos maderidos às folhas, após essa etapa foram acondicionados em beckers com 50 mL de água destilada. Os beckers ficaram submetidos em temperatura ambiente de aproximadamente 25°C por 90 minutos e foi procedida a leitura da condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, os beckers conduzidos para estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de 80°C , durante 90 minutos, quando então procedeu-se novamente a mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Assim, o

extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi obtido de acordo com SCOTT CAMPOS & THU PHAM THI (1997), Eq. (6):

$$EE = (C_i / C_f) \times 100 \quad (6)$$

Em que: EE = extravasamento de elétritos na membrana (%);

C_i = condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

C_f = condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

4.8.4.5 Teor relativo de água (TRA)

Foram coletados e pesados cinco discos foliares de 0,771 mm (peso dos discos fresco) das folhas localizadas na parte mediana da planta, em seguida esses mesmos discos foram postos em beakers com 50 mL de água destilada durante 24 horas, após esse processo foram dispostos sobre um papel para retirada do excesso de água, pesados e os valores anotados obtendo o peso dos discos túrgidos, depois colocados em estufa a 65 °C, obtendo assim, o peso dos discos seco. O TRA foi encontrado com a seguinte equação abaixo, contida em Cairo (1995) conforme Eq. (7):

$$TRA = \frac{PF-PS}{PT-PS} \times 100 \quad (7)$$

Em que: PF, PS e PT representam o peso dos discos fresco, peso dos discos seco e o peso dos discos túrgidos, respectivamente.

4.8. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância pelo teste F, quando significativos passaram pela análise teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para os manejos e cultivar com o auxílio do programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 1) sabe-se que os efeitos dos fatores isolados foram significativos para as variáveis número de folhas (NF), fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa fresca raiz (FFR), fitomassa fresca caule (FFC), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca raiz (FSR), fitomassa seca caule (FSC) e área foliar total (AFT), já para as cultivares o correu efeito significativo para o número de folhas (NF), fitomassa fresca raiz (FFR), fitomassa fresca caule (FFC), volume raiz (Vol. R), fitomassa seca raiz (FSR) e fitomassa seca caule (FSC) afetando bastante em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade. Para a interação estudado (M x C) não houve efeito significativo para as variáveis estudadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), fitomassa fresca das folhas (FFF), fitomassa fresca da raiz (FFR), fitomassa fresca do caule (FFC), volume de raiz (Vol. R), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca do caule (FSC) e área foliar total (AFT), de três cultivares de alface submetidas a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva..

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | | |
|--------------|----|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| | | DC | NF | FFF | FFR | FFC | Vol. R | FSF | FSR | FSC | AFT |
| Bloco | 5 | 1,099 | 7,98 | 557,072 | 95,108 | 53,137 | 22,847 | 5,088 | 0,283 | 0,195 | 7191,21 |
| Manejo (M) | 3 | 0,9405 ^{ns} | 80,25* | 26388,93* | 138,46 ^{ns} | 1252,7* | 154,23 ^{ns} | 21,09* | 0,393 ^{ns} | 0,91* | 13557,7* |
| Erro 1 | 15 | 1,373 | 9,892 | 1170,05 | 38,001 | 110,83 | 60,68 | 2,89 | 0,196 | 0,106 | 18343,21 |
| Cultivar (C) | 2 | 28,66 ^{ns} | 406,09* | 2214,869 ^{ns} | 706,63* | 2585,5* | 609,7* | 4,008 ^{ns} | 1,86* | 2,12* | 19726,08 ^{ns} |
| M x C | 6 | 3,829 ^{ns} | 26,70 ^{ns} | 1503,843 ^{ns} | 79,5415 ^{ns} | 161,83 ^{ns} | 202,91 ^{ns} | 7,860 ^{ns} | 0,265 ^{ns} | 0,210 ^{ns} | 9862,40 ^{ns} |
| Erro 2 | 40 | 0,905 | 13,054 | 2390,843 | 102,82 | 60,705 | 103,34 | 4,98 | 0,347 | 0,133 | 10099,55 |
| Total | 71 | | | | | | | | | | |
| Média Geral | - | 11,555 | 21,43 | 245,354 | 34,408 | 32,958 | 34,513 | 11,114 | 2,212 | 1,338 | 690,35 |
| CV 1 (%) | - | 10,14 | 14,68 | 13,94 | 17,92 | 31,94 | 22,57 | 15,3 | 20,02 | 24,41 | 19,62 |
| CV 2 (%) | - | 8,23 | 16,86 | 19,93 | 29,47 | 23,64 | 29,45 | 20,08 | 26,63 | 27,29 | 14,56 |

*, ns. Significativo a 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação.

O manejo afetou o número de folhas, vide figura (7A), tendo seu menor valor com o manejo dois (M2) (10 dias após transplantio) em comparação com a testemunha, ocorrendo uma redução de 18,67% no número de folhas, as demais épocas tiveram reduções no número de folhas de 4,88% e 15,60%, respectivamente. O aumento da salinidade na solução nutritiva no tratamento M2 pode ter ocasionado uma diminuição da absorção de água pelas raízes e, conseqüentemente, de nutrientes, que afetou o desenvolvimento das folhas nesse período.

Segundo Dias (2019), essa redução ocorre em função da planta não possuir condições ótimas para seu desenvolvimento e torna em um mecanismo de amenização do efeito do estresse salino, ajudando na manutenção do conteúdo de água dos tecidos através da redução da transpiração. Os pesquisadores Fernandes *et al.*, (2018) atribuíram a diminuição no número de folhas a uma adaptação das plantas ao estresse salino para manter a absorção de água, sendo consequência de alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo na perda de transpiração para manter a absorção de água.

As cultivares Elba se destacaram com maior número de folhas, figura (7B), os resultados obtidos pelos genótipos mais produtivos podem ser justificados pela interação genótipo e ambiente porque as plantas de cada cultivar respondem de maneira distinta aos ambientes estressantes como a salinidade. Para Diamante *et al.*, (2013), o número de folhas é de grande importância para o produtor, pois indica a adaptação do material genético ao ambiente, como para a comercialização. Na fase M2 (10 DAT), a que mais afeta a alface, se nota redução na quantidade de folhas.

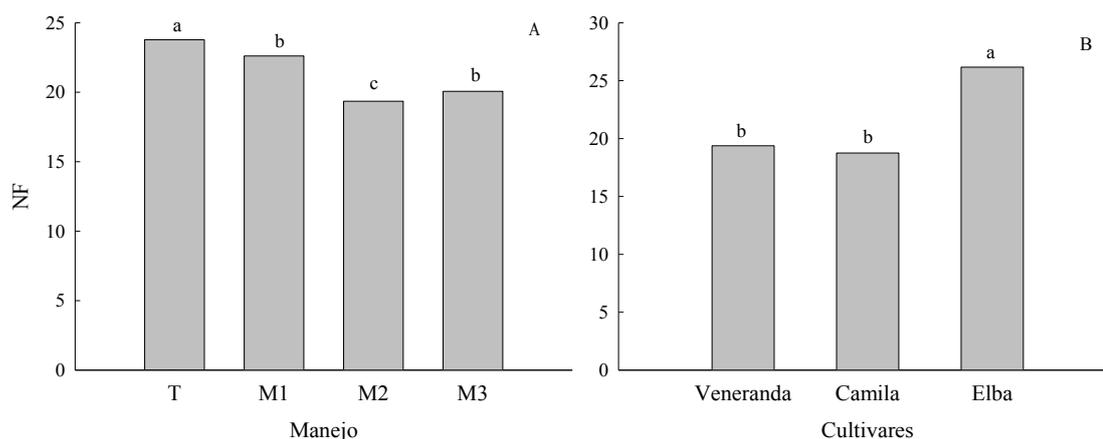


Figura 7. Número de folhas (A) e número de folhas para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

O incremento de sais na solução nutritiva promoveu reduções na fitomassa fresca das folhas (FFF) (figura 8A) em todos os manejos, a maior redução foi encontrada no M2 com média de (227,28 g) quando comparado a testemunha de média (302,29 g) com uma redução de 25,78%, já os M1 e M3 com reduções de 17,35% e 23,15%, respectivamente, em relação a testemunha. Os resultados corroboram com Silva et al., (2018), que verificaram aumento da salinidade na solução nutritiva causou redução na fitomassa fresca das folhas. Mahajan e tuteja (2005), atribuem essa diminuição as altas concentrações de sais na zona radicular da planta causando alterações nas respostas fisiológicas, desequilíbrio no balanço osmótico, desorganização das membranas, inibição na divisão e expansão celular. Segundo Al-Karaki et al., (2009), a diminuição do potencial osmótico do meio atua de forma negativa sobre o processo fisiológico, reduzindo a absorção de água pelas raízes, inibindo a atividade meristemática e o alongamento celular e, com isso, redução no crescimento e desenvolvimento das plantas.

A cultivar Elba teve maior fitomassa fresca raiz (figura 8B) a diferença comportamental entre as variedades pode ser justificada pelo fato de que, entre as várias espécies de plantas há diversos estágios de desenvolvimentos, tendo a tolerância à salinidade distinta e podendo ser fortemente influenciada por condições de cultivo (DIAS, 2019). Possivelmente, a diferença entre as cultivares ocorreu devido as suas características genéticas de adaptação ao manejo salino na solução nutritiva.

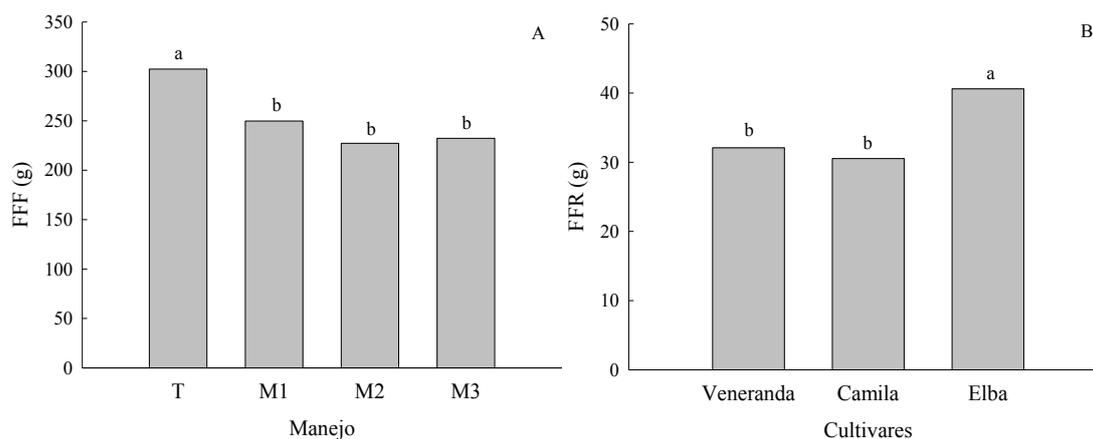


Figura 8. Fitomassa fresca das folhas (A) Fitomassa fresca raiz para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

Para a variável fitomassa fresca do caule (FFC) figura (9A) o M3 teve resultados semelhantes ao da testemunha com médias de 44,04 e 45, respectivamente, e os manejos M1 e M2 implicaram na menor fitomassa com médias 31,6 e 28,9, com reduções de 29,77% e 35,77%. No trabalho realizado por Guimaraes *et al.*, (2017) também observaram diminuição sobre essa variável sendo notório o efeito da salinidade a partir do 7^o dia e os efeitos aumentaram com tempo de exposição. As cultivares Figura (11B) Veneranda e Camila tiveram os menores valores quando comparadas com a cultivar Elba. A tolerância salina varia com a espécie e, evidentemente, devem ocorrer também variações de tolerância salina dentre genótipos da mesma espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Quanto ao volume raiz (VLR) Figura (9C) a cultivar Elba se destacou devido as suas características genéticas, o que proporcionou uma absorção de maior quantidade de água e nutrientes, resultando em maior crescimento e desenvolvimento em relação as demais.

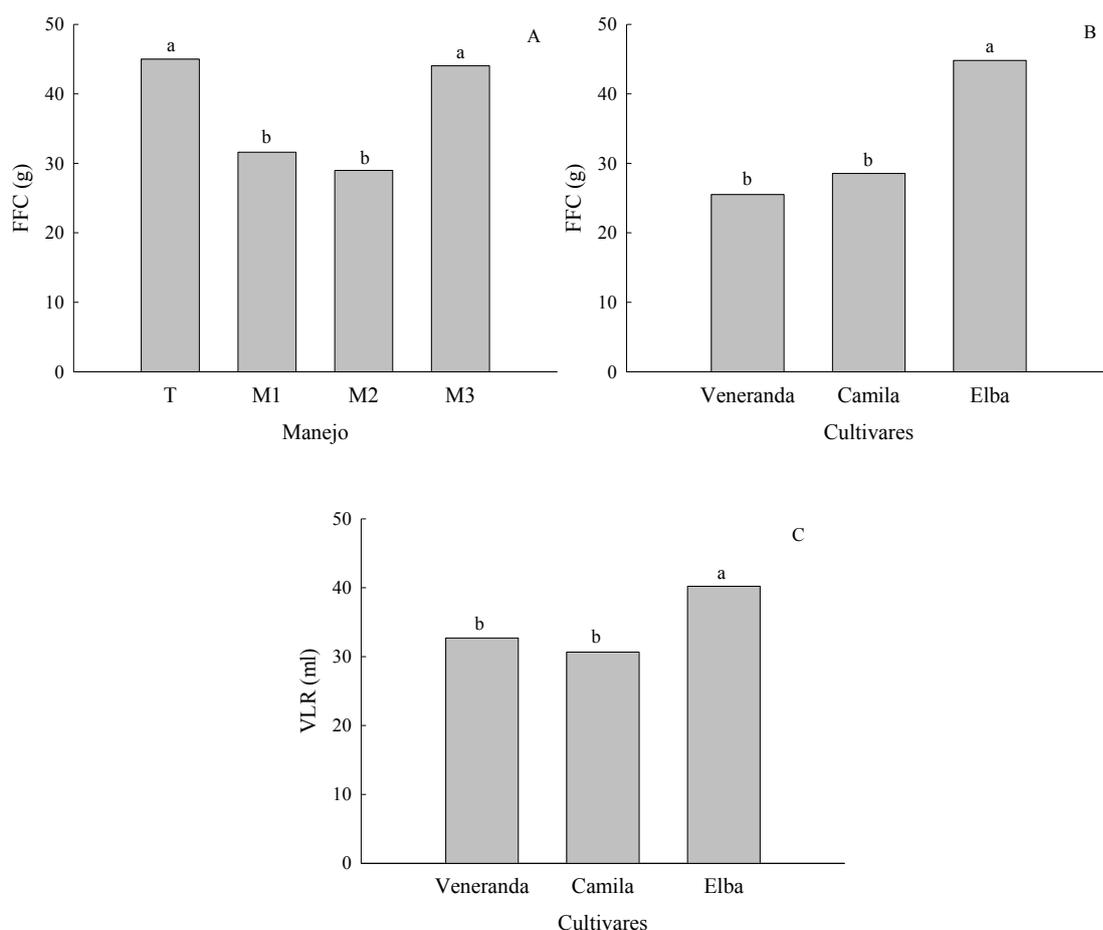


Figura 9. Fitomassa fresca do caule (A) fitomassa fresca do caule para as cultivares (B) volume raiz para as cultivares (C) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

A elevação da salinidade na solução nutritiva afetou a fitomassa seca das folhas figura (10A) diferenciando do que foi observado na massa fresca com maior diminuição nos M2 e M3 quando comparado a testemunha, as reduções de 15 e 10% respectivamente, M1 não diferenciou da testemunha com médias de 11,58 e 12,40, respectivamente. Corroborando Guimarães *et al.*, (2017) observaram que dos 7 até 21 dias após o transplântio aconteceu redução na fitomassa fresca das folhas com aumento da condutividade na solução nutritiva.

A redução do crescimento foliar sob estresse hídrico pode ser um mecanismo de sobrevivência, que permite a conservação de água. Os valores elevados de salinidade na solução nutritiva afetam negativamente o crescimento, a expansão da superfície foliar e o metabolismo do carbono primário de muitas culturas (DE PASCALE, 2013).

A fitomassa seca da raiz figura (10B) apresentou mesmo resultado da massa fresca, com a cultivar Elba com maior média (2,52 g). Segundo Silva *et al.*, (2018), a água salinizada artificialmente proporcionou valores mais baixos de matéria seca da raiz. Sá *et al.*, (2013) atribuíram para a redução da fitomassa da raiz em função da salinidade como uma estratégia de defesa da planta, a fim de reduzir a incorporação dos íons tóxicos, possibilitando que a planta resista a salinidade por mais tempo.

A salinidade na solução nutritiva causou diminuição na fitomassa seca do caule figura (10C) em todos os manejos aplicados, a redução no M2 (10,43 g) e M3 (10.0 g), com reduções de 12% e 18, 81% se comparados a testemunha. Estudos apontam que o aumento da salinidade na nutrição nutritiva tem reduzido a fitomassa seca do caule (GUIMARÃES *et al* 2017; PAULUS *et al.*, 2010).

Para as cultivares, a fitomassa seca do caule figura (10D) teve o mesmo resultado apresentado para a fitomassa fresca da raiz, em que a cultivar Elba foi superior as demais. Segundo Xu & Mou (2015), encontrar cultivares relativamente tolerantes pode ser valioso para os produtores de alface por estarem mais interessados nas cultivares com alto potencial de crescimento sob condição de controle ou alta tolerância absoluta sob salinidade.

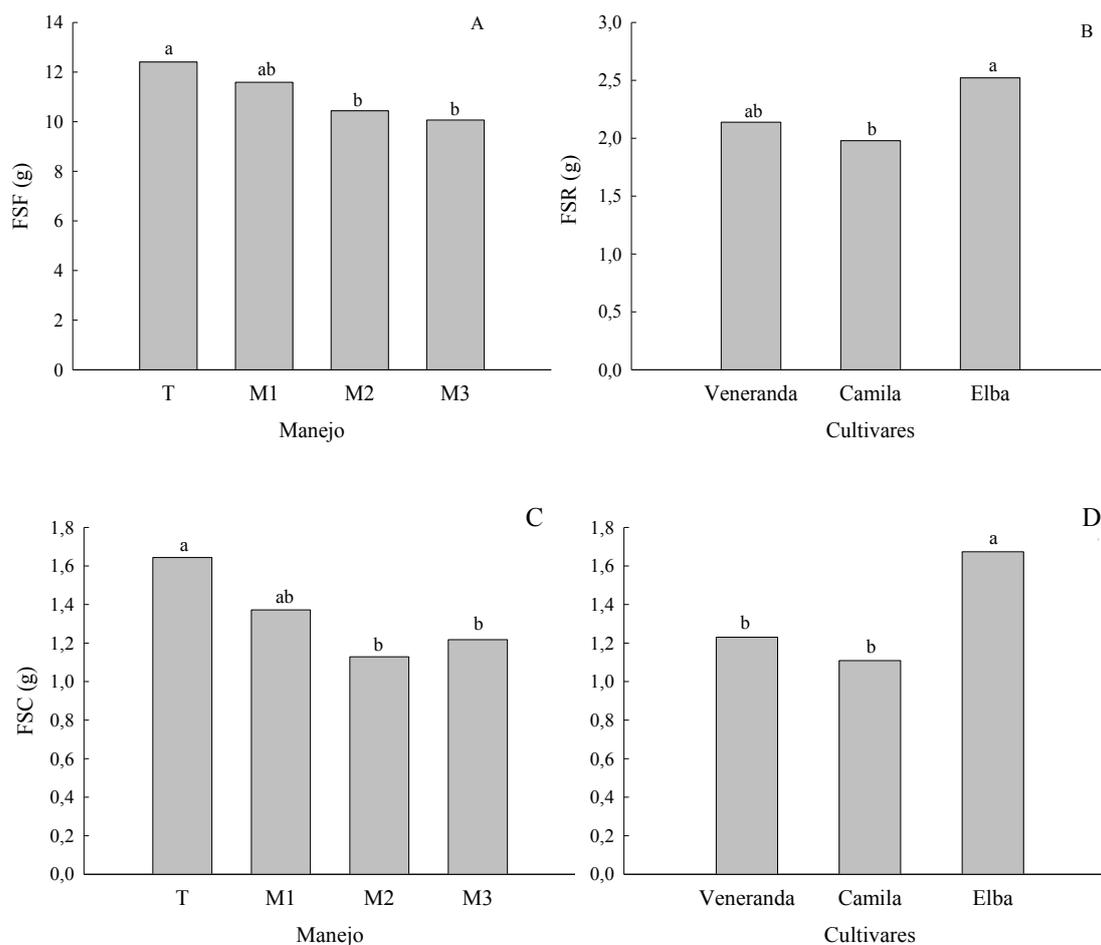


Figura 10. Fitomassa seca das folhas (A), fitomassa seca raiz para as cultivares (B) fitomassa seca caule (C) e fitomassa seca caule para as cultivares (D) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo na condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 15 DAT.

Sobre a área foliar total das plantas de alface houve redução em função do manejo da salinidade na solução nutritiva para todos os manejos, figura (11), com as maiores reduções para M2 e M3, de 5%, 19,83% e 23,76 %, respectivamente, em relação a testemunha com média de 816.83 cm².

Para Taiz e Zaiger (2009), a salinidade está associada ao estresse hídrico, assim, na medida em que decresce o conteúdo de água da planta, suas células contraem-se e diminui a pressão de turgor contra as paredes celulares, tornando a membrana plasmática mais espessa e comprimida, porque ela cobre uma área menor que a anterior. Essa redução pode ser atribuída a diminuição do volume de células vegetais, buscando uma adaptação da cultura à salinidade; essa redução pode estar relacionada a um mecanismo de sobrevivência das plantas, que possibilita menor perda de água pelas plantas (SOARES *et al.*, 2015; SULTANA *et al.*, 2002).

Apesar de ocorrer uma redução nas fitomassa fresca das folhas, fitomassa seca e Área foliar total com o manejo da salinidade na solução nutritiva, as plantas de alface não tiveram sintomas deletérios que pudessem comprometer a comercialização.

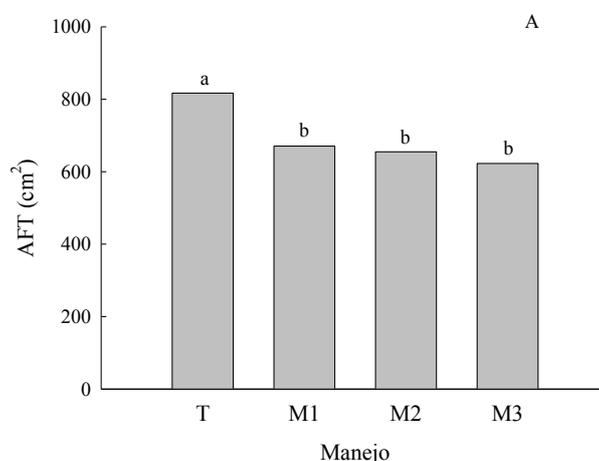


Figura 11. Área Foliar total da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

Conforme a análise de variância (Tabela 3) verifica-se que, as variáveis de pigmentos fotossintéticos e fisiológicos nas plantas de alface quando submetidas aos manejos salinos na solução nutritiva tiveram sua Cl *a*, Cl *b*, carotenoides e teor relativo de água afetados significativamente, já para o fator cultivares teve efeito significativo para Cl *a* e teor relativo e afetando bastante em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e sem interação dos fatores estudados (M x C).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila *a* (Cl*a*), clorofila *b* (Cl*b*), clorofila total (Cl*t*), carotenoides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE), teor relativo de água (TRA) e índice de spad (SPAD) de três cultivares de alface submetidas a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva.

| FV | GL | Cla | Clb | Clt | Car | EE | TRA | SPAD |
|--------------|----|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Quadrado médio | | | | | | |
| Bloco | 5 | 1387,965 | 479,992 | 1775,864 | 1073,746 | 60,7509 | 79,5054 | 44,3555 |
| Manejo (M) | 3 | 19313,271* | 1591,589* | 6718,304 ^{ns} | 651,702* | 1180,269 ^{ns} | 491,6184* | 28,6819 ^{ns} |
| Erro 1 | 15 | 3897,975 | 390,469 | 10192,64 | 706,058 | 35,9748 | 57,1319 | 17,5083 |
| Cultivar (C) | 2 | 14436,890* | 462,161 ^{ns} | 16361,595 ^{ns} | 2267,403 ^{ns} | 127,574 ^{ns} | 190,927** | 9,5116 ^{ns} |
| M x C | 6 | 7842,309 ^{ns} | 849,465 ^{ns} | 14519,912 ^{ns} | 2427,939 ^{ns} | 80,1222 ^{ns} | 83,2535 ^{ns} | 31,1358 ^{ns} |
| Erro 2 | 40 | 3676,725 | 341,315 | 10037,917 | 1013,686 | 30,0621 | 53,1951 | 36,901 |
| Total | 71 | | | | | | | |
| Média Geral | - | 566,191 | 192,182 | 774,68 | 169,247 | 22,8336 | 76,8279 | 24,2958 |
| CV 1 (%) | - | 11,03 | 10,28 | 13,03 | 15,75 | 26,27 | 9,84 | 17,22 |
| CV 2 (%) | - | 10,71 | 9,61 | 12,93 | 18,81 | 24,01 | 9,49 | 25 |

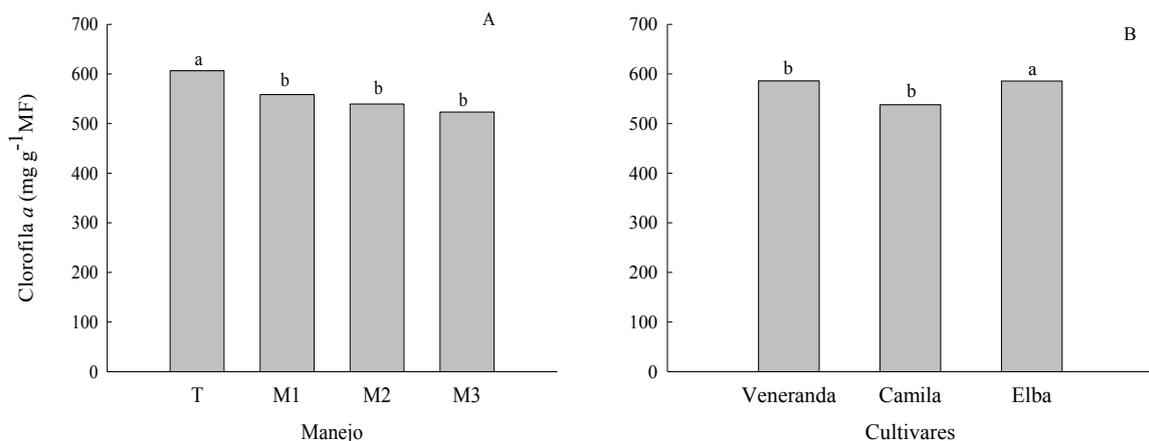
*, **, ns. Significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação.

Com relação à clorofila a Figura (12A) constatou-se que o manejo da salinidade na solução nutritiva promoveu maiores decréscimos nos manejos M2 e M3, reduções 25% e 33,35% respectivamente,

Segundo Ashraf & Harris, (2013) e Melo *et al.* (2017), todos os pigmentos fotossintéticos diminuem com o aumento da condutividade elétrica, ocorre alterações induzidas em um conteúdo foliar de Clorofila que pode ser em consequência da biossíntese da degradação acelerada de pigmentos, o que pode ter ocorrido nesse experimento com o aumento da condutividade na solução nutritiva.

O teor de clorofila *a* da cultivar Elba Figura (12B) foi superior com maior teor de clorofila *a*, esse aumento pode ter favorecido uma alta eficiência fotossintética que de acordo com Silva *et al.* (2014) está diretamente relacionado com o aproveitamento da radiação disponível, e esses pigmentos podem levar ao incremento da produtividade agrícola.

Conforme Ashraf & Harris (2013), a diminuição dos pigmentos depende da tolerância ao estresse que varia com a espécie, variedade, duração da exposição da planta e, portanto, a acumulação no teor de clorofilas pode ser um indicador com tolerância a salinidade.



sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

O manejo da salinidade na solução nutritiva diminuiu as concentrações da clorofila *b* Figura (13A) em todos os manejos empregados, com reduções de 26,25%, 27,5% e 32,5% respectivamente, não tendo diferenciação entre eles. A redução dos pigmentos fotossintéticos, seja através do comprometimento da biossíntese de pigmentos ou destruição de pigmentos, pode levar a redução dos transportes de elétrons, e, portanto, na capacidade fotossintética. (ASHRAF & HARRIS, 2013).

O manejo da solução nutritiva pode ter ocasionado ambientes estressantes causando um processo de degradação das clorofilas a clorofila *b* pode ser convertida em clorofila *a*, resultando assim, no aumento do conteúdo de clorofila *a*. (FANG *et al.*, 1998; ECKARDT, 2009), o que pode ter ocorrido nesse experimento em que os teores de clorofila *a* foram superiores aos da clorofila *b*.

Para a variável carotenoides Figura (13B), a testemunha foi superior aos tratamentos que receberam os manejos da salinidade na solução nutritiva, que não diferenciaram entre si. Esses pigmentos são necessários para a fotoproteção e exercem como um precursor na sinalização das plantas sobre o estresse (ASHRAF & HARRIS, 2013).

Os carotenoides são protetores da clorofila no tocante da fotoinibição, pois auxiliam na capacidade de dissipação de energia radiante pela rota das xantofilas, com a sua redução em função do manejo da salinidade, na solução nutritiva pode influenciar na capacidade de desintoxicação das plantas ao excesso de espécies reativas (TAIBI *et al.*, 2016). As perdas de pigmentos fotossintéticos nas folhas de alface com o manejo na

solução nutritiva como as clorofilas e carotenoides que são parte integrante do complexo antena de captação de luz para o processo fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2009), reduziram a atividade fotossintética das plantas de alface, causando diminuições nas fitomassa fresca e secas das folhas.

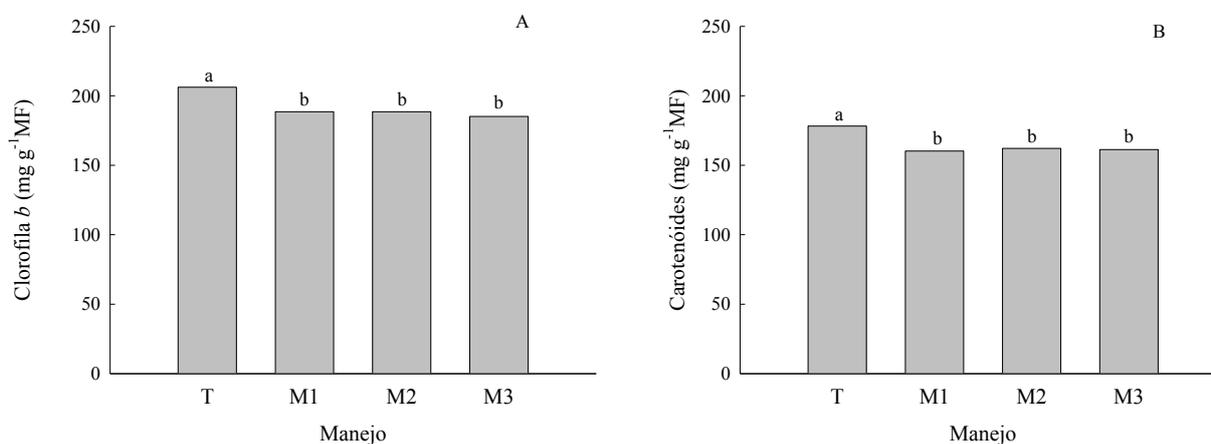


Figura 13. Clorofila b (A) e carotenoides (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

No teor relativo de água nas plantas de alface houve redução quando se utilizou o manejo da salinidade na solução nutritiva para todos os manejos, Figura (14A), com reduções de 11,87%, 12,30% e 12,75%, respectivamente, para os M1, M2 e M3, a testemunha teve média de 84,65%. A diminuição do teor de água na parte aérea no sistema NFT foi notada em outros trabalhos, em cultivo hidropônico com hortaliças, submetidas à salinidade (SOARES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012). O aumento da salinidade na solução nutritiva influenciou no teor de água na planta, isso pode ter ocorrido devido aos íons nos tratamentos com maiores concentrações de NaCl, principalmente, sódio e cloreto, e a interação entre esses íons resultaram em uma disponibilidade menor de água para as plantas.

A cultivar Camilla com maior teor de relativo de água com média de (79,69%), mas não diferenciou da cultivar veneranda (76,83%) Figura (14B), já a cultivar Elba apresentou menor teor relativo de água (74%). O aumento do teor de água em folhas com o aumento da salinidade da água de irrigação é reflexo do ajustamento osmótico, com a planta acumulando íons no vacúolo das células ou sintetizando compostos orgânicos visando baixar o potencial hídrico interno e garantir a absorção de água, mantendo as células túrgidas (BARREIRO NETO *et al.*, 2017). Para Cushman (2001),

embora, a planta tenha maior teor de água ele pode ficar menos disponível para fotossíntese com consequências negativas para a planta.

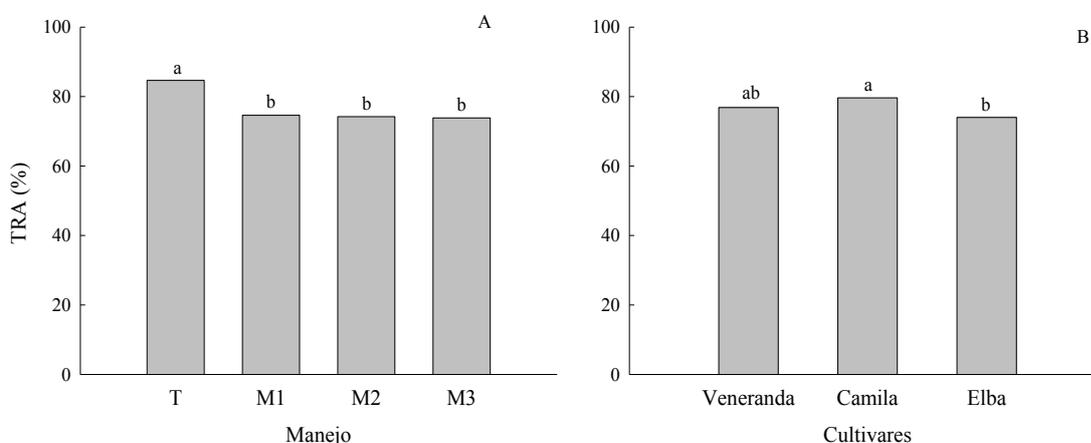


Figura 14. Teor relativo de água (A) e teor relativo de água para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

Na análise de variância (Tabela 3) nota-se que as variáveis de fotossíntese nas plantas de alface quando submetidas ao manejo salino na solução nutritiva tiveram suas taxas de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de $\text{CO}_2(\text{Ci})$, taxa de transpiração (E) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) afetadas significativamente, para as cultivares ocorreu efeito significativo na concentração interna de $\text{CO}_2(\text{Ci})$ e taxa de transpiração (E) afetando em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade. Já na interação entre os fatores (M x C) não houve efeito significativo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs), concentração interna de $\text{CO}_2(\text{Ci})$, taxa de transpiração (E), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência do uso da carboxilação (EIC) de três cultivares de alface submetida a manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva. Campina Grande, PB 2019.

| FV | GL | A | CI | E | GS | EUA | EIC |
|--------------|----|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Quadrado médio | | | | | |
| Bloco | 5 | 1,4302 | 375,3138 | 0,1589 | 0,00409 | 0,2839 | 0,0009 |
| Manejo (M) | 3 | 145,1895* | 1190,8421* | 12,3764* | 0,0582* | 0,4557 ^{ns} | 0,0041* |
| Erro 1 | 15 | 118,5226 | 230,7104 | 0,7242 | 0,0085 | 0,3835 | 0,0002 |
| Cultivar (C) | 2 | 30,405 ^{ns} | 2175,5972* | 1,2761* | 0,0098 ^{ns} | 2,4449 ^{ns} | 0,0009 ^{ns} |
| M x C | 6 | 93,6119 ^{ns} | 452,4122 ^{ns} | 0,5865 ^{ns} | 0,0034 ^{ns} | 1,1000 ^{ns} | 0,0005 ^{ns} |
| Erro 2 | 40 | 368,7799 | 334,127 | 0,3869 | 0,0066 | 0,3177 | 0,0003 |
| Total | 71 | | | | | | |
| Média Geral | - | 13,1608 | 214,1805 | 3,61 | 0,244 | 3,6538 | 0,0629 |
| CV 1 (%) | - | 21,36 | 17,09 | 23,53 | 37,79 | 16,95 | 23,76 |
| CV 2 (%) | - | 23,07 | 18,53 | 17,19 | 33,46 | 15,43 | 28,22 |

*, ns. Significativo a 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação.

A taxa de fotossíntese líquida (A) (Figura 15A) teve redução com o manejo da salinidade na solução nutritiva com uma diminuição de 10% no M3 época em que o manejo salino estava sendo aplicado, ou seja, ao 15 DAT. Esse declínio deve ter sido ocasionado pela redução dos pigmentos fotossintéticos que captam a luz e transferem para os centros de reações, causando assim, uma absorção reduzida nos fotossistemas, logo, uma redução na fotossíntese líquida.

O estresse salino pode causar efeito inibitório por causa da diminuição da produção de ATP, pela acumulação excessiva de Na⁺ (MOUD & MAGHSOUDI 2008; CUTRISS *et al.*, 2011; ASHRAF & HARRIS 2013). Corroborando com Kusvuran (2012) ao afirmar que, o excesso de sais pode afetar os vegetais de várias formas, uma delas é a redução do potencial osmótico, o qual compromete o status hídrico celular, proporcionando redução na condutância estomática e com isso, restrição nas trocas gasosas, limitando os processos fotossintéticos.

A condutância estomática (gs) (Figura 15B) teve resultado similar ao da taxa de fotossíntese líquida, em que o manejo da solução nutritiva ocasionou redução de 32% no M3 mais afetado, que pode ter ocorrido devido a avaliação que realizada após esse tratamento ter recebido o manejo, mas M2 não se recuperou, pois não diferenciou do M3, apesar de não ter observado esse resultado na fotossíntese líquida. O fechamento estomático é um dos principais mecanismos para reduzir a perda de água em plantas sob estresse salino. Lima *et al.*, (2014) indicam que, as reduções na condutância estomática

foliar devido ao estresse salino limitam a entrada de CO₂ nas células por causa da redução da abertura estomática (FREIRE *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014).

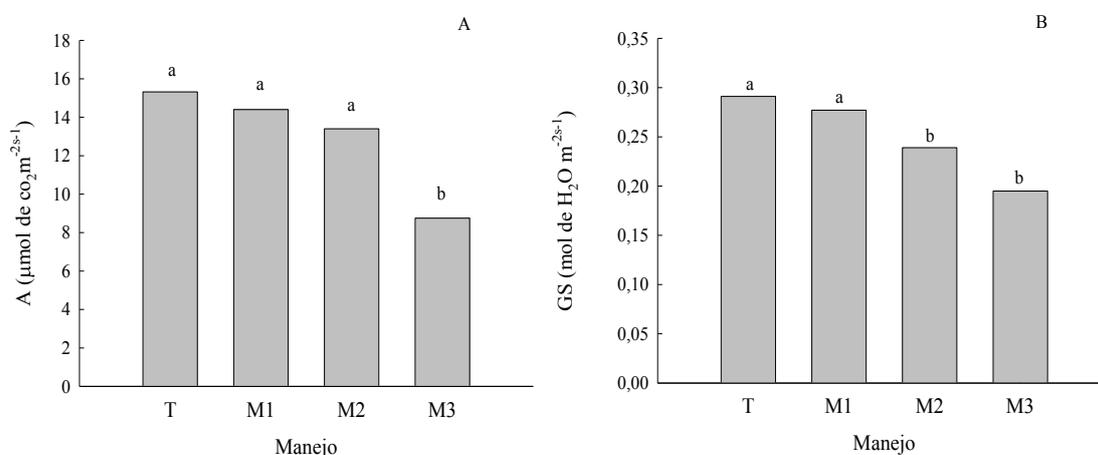


Figura 15. Taxa de fotossíntese líquida (A) e condutância estomática (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

Com relação a concentração interna de CO₂(C_i) (Figura 16A), o manejo da salinidade na solução nutritiva proporcionou aumento de 7,98% na concentração de CO₂ dos espaços intercelulares. O aumento da salinidade na solução nutritiva pode elevar concentração Cl⁻ nas folhas, o que provoca um efeito tóxico, na redução da eficiência de carboxilação de rubisco, a enzima responsável para fixação do carbono na fase bioquímica da fotossíntese, resultando em aumento interno de CO₂ nas concentrações das folhas (SOUZA *et al.*, 2011). Esse comportamento possivelmente, esteja relacionado ao mecanismo de aclimação da planta ao ser submetida a condições de estresse, visto que, sob essas condições, as plantas tendem a fechar seus estômatos, ocasionando redução na transpiração foliar e menor perda de água (TAIZ *et al.*, 2017).

A concentração interna de CO₂ e taxa de transpiração para as cultivares (Figura 16 B) tem resultados semelhantes, onde a cultivar Camila tem menor média 204,6 e 3,44 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹ respectivamente quando comparado às outras cultivares, que não se diferenciou, veneranda com (214,25 e 3,87 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹) e a Elba com (223,66 e 3,53 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹) respectivamente.

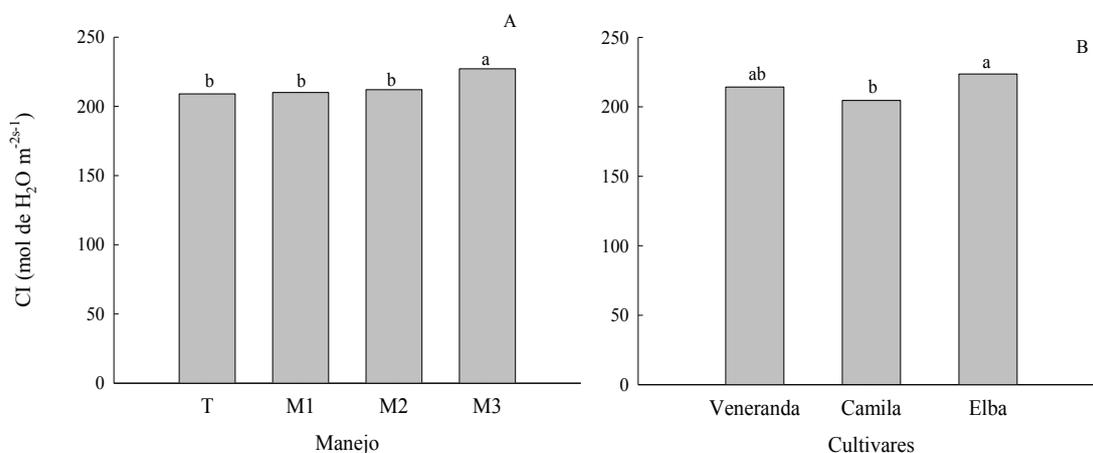


Figura 16. Concentração interna de CO₂ (A) e Concentração interna de CO₂ para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

O fator manejo da salinidade na solução nutritiva afetou negativamente a taxa de transpiração (Figura 17A), pois, observa-se redução com o mesmo comportamento da condutância estomática e taxa de fotossíntese líquida, o M3 teve uma redução de 45% quando comparado com a testemunha. O excesso de sais na zona de desenvolvimento radicular ocasiona efeitos deletérios às plantas, proporcionando reduções na taxa de transpiração, fechamento estomático causando pelo estresse osmótico, sendo esse processo conhecido como mecanismos de aclimação ao estresse salino (SILVA *et al.*, 2018). Gonçalves *et al.*, (2010) afirmam que, se tem uma relação entre E e GS, ocorrendo um fluxo de vapor de água para atmosfera que diminuem a medida que os estômatos se fecham, logo se tem uma diminuição na transpiração.

A taxa de transpiração para as cultivares (Figura 17 B) a cultivar Camila resultados semelhantes a concentração interna de CO₂ tem menor média 3,44 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹, se diferenciando das cultivares veneranda e Elba (3,87 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹ e 3,53 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹), respectivamente. Os resultados obtidos para a Concentração interna de CO₂ e taxa de transpiração justificam os baixos teores de massa fresca e saca das folhas, onde essa cultivar por tem menor disponibilidade do CO₂ causa menor produção dos carboidratos consequentemente um menor crescimento.

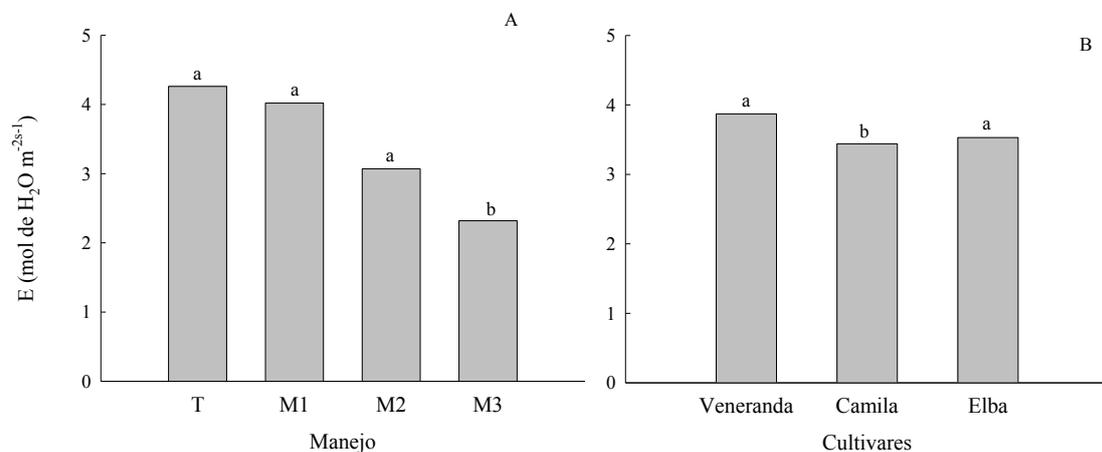


Figura 17. Transpiração (A) e transpiração para as cultivares (B) da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

A eficiência do uso da carboxilação das plantas de alface diminuiu (Figura 18) quando se aplicou o M3 com uma redução de 47%, os demais manejos não foram afetados, sem diferença da testemunha. Segundo Silva *et al.*, (2014), as reduções na eficiência do uso da carboxilação estão relacionadas nas diminuições da condutância estomática quanto da taxa de assimilação de CO₂, em consequência do estresse salino. De acordo com Silva *et al.*, (2015), com as reduções na taxa fotossintética, ocorrerá baixa disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco, ainda Larcher (2006) afirma que, a redução da eficiência do uso da carboxilação está relacionada às restrições metabólicas no ciclo de Calvin, em que o carbono recebido não está sendo fixado no estágio de carboxilação nas células mesófilas.

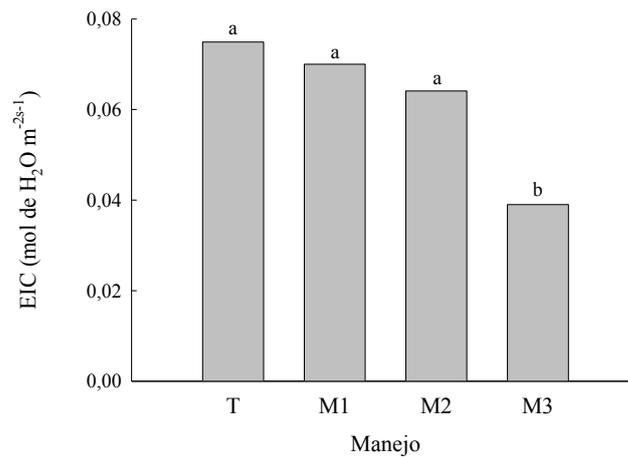


Figura 18. Eficiência do uso da carboxilação da alface cultivada em sistema hidropônico em função do manejo da condutividade elétrica na solução nutritiva, aos 15 DAT.

6. CONCLUSÕES

O manejo na solução nutritiva ocasiona efeito negativo sobre o crescimento das plantas de alface, principalmente, no manejo dois.

A cultivar Elba independente do manejo, tem melhor desempenho sendo indicada para cultivo hidropônico com solução nutritiva salinizada.

O aumento das concentrações dos sais na solução nutritiva reduziu os teores de clorofilas e relativo de água em todos os manejos empregados.

O estresse salino reduz as trocas gasosas com uma maior redução no manejo três, as maiores reduções foram na taxa de fotossíntese líquida e taxa de transpiração.

7. REFERÊNCIAS

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. 2016.

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. 2018.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. A **qualidade da água na irrigação do trópico semiárido** - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, p.147-153, 1995.

AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of Soilless Grown Bell Pepper Cultivars to Salinity. **Acta Horticulturae**, v. 807, n. 2, p. 227-232, 2009.

ALVES, M. S., SOARES, T. M., SILVA, L. T., FERNANDES, J. P., OLIVEIRA, M. L., PAZ, V. P. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p.491–498, 2011.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J.P. ; OLIVEIRA, M. L. A. ; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 491-498, 2011.

ARAUJO, E. B. G., DA SILVA SÁ, F. V., DE OLIVEIRA, F. A., SOUTO, L. S., DE PAIVA, E. P., DO NASCIMENTO SILVA, M. K., BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Ambiente & Água- An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.

ARNON DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, V .24, P. 1-15. 1949.

ASHRAF, MHPJC; HARRIS, Phil JC. Photosynthesis under stressful environments: an overview. **Photosynthetica**, v. 51, n. 2, p. 163-190 2013.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BARREIRO NETO, M., FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., LACERDA, J. T. CARVALHO, R. A. Índices fisiológicos em genótipos de abacaxizeiro sob estresse salino. **Revista Tecnologia. & Ciência Agropecuária**, v.11, n.6, p.89-99, 2017.

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

BEZERRA NETO, E. Cadernos do semiárido riquezas & oportunidades hidropônia. P.92, 2017.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 8 e 9, p.107-137, 2011/2012.

BLISKA J.A.; Honório, S.L. Cartilha tecnológica: hidroponia. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 51p. 1996.

CAIRO, P.A.R. Curso básico de relações hídricas de plantas. Vitória da Conquista: UESB, P. 32. 1995.

CARVALHO, J. E. D., ZANELLA, F., MOTA, J. H., LIMA, A. L. D. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface Cv. Regina 2000. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 935-939, 2005.

CORRÊA, R. M.; PINTO, S. I. C.; REIS, E. S.; CARVALHO, V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings in Brazil. **Hydroponics – A standard methodology for plant biological researches**, p. 225-244, 2012.

COSTA, F. G. B.; FERNANDES, M. B.; BARRETO, H. B. F.; OLIVEIRA, A. D. F. M.; DE OLIVEIRA SANTOS, W. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. **Irriga**, v. 17, n. 3, p. 327, 2018.

CUTRISS, J., RODRIGUEZ-URIBE, L., STEWART, J.M., ZHANG, J.: Identification of differentially expressed genes associated with semigamy in pima cotton (*Gossypium*

barbadense L.) through comparative microarray analysis **Plant Biol**, V. 11, n.1, p. 49, 2011.

CUSHMAN, J.C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**, v.41, n.4, p. 758 -769, 2001.

DE PASCALE, S.; ORSINI, F.; PARDOSSI, A. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. **Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops**, p.169, 2013.

DIAMANTE, M. S., JÚNIOR, S. S., INAGAKI, A. M., DA SILVA, M. B., DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**. v.4, n,1, p. 133-140, 2013.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora LTDA, 2010. cap. 9, p. 129-140.

DIAS., R. H. Desempenho de cultivares de alface em sistema semi-hidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas. 23 f. Graduação (Bacharel em Agronomia, Universidade Federal do semi-árido, Mossoró. 2019.

ECKARDT, N.A. A new chlorophyll degradation pathway. – **Plant Cell**, v. 21, 2009.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: <<http://https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42735426/embrapa-lanca-nova-variedade-de-alface-tolerante-ao-calor>>. Acesso em: 15 Jan. 2020.

FANG, Z., BOUWKAMP, J., SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. – **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 503-510, 1998.

FERNANDES, J. M. P., FERNANDES, A. L. M., DA SILVA DIAS, N., COSME, C. R., NASCIMENTO, L. V., & DE QUEIROZ, I. S. R. Salinidade da solução

nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico nft. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.º.3, p. 2570 - 2578, 2018.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª. Ed. rev. e ampl. – Viçosa: Ed. UFV,421p. 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 421 p. 2008.

FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 81-88, 2009.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.82-91, 2014.

FURLANI, P. R. Hidroponia. Instituto Agronômico de Campinas, Boletim Técnico. 100: 1-277. 1996.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT. Campinas: Instituto Agronômico, (Documentos IAC, 168). 30p. 1998.

FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P., BOLONHEZI, D., FAQUIN, V. (2009). Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva. Artigo em Hypertexto. Disponível em: . Acesso em: 15/12/2019.

GOMES, P. D. **Diagnóstico do cultivo hidropônico no estado de goiás**. 75 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

GONÇALVES, E. R., FERREIRA, V. M., SILVA, J. V., ENDRES, L., BARBOSA, T. P., DE G DUARTE, W. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378–386, 2010.

GUIMARÃES, R. F. B., NASCIMENTO, R., FERREIRA, D., RAMOS, J. G., PEREIRA, M. O., CARDOSO, J. A. F., & Lima, S. C. Production of hydroponic lettuce under different salt levels of nutritive solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p.242-252, 2017.

GUIMARÃES, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e de estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 201 f. Tese doutorado. A Universidade Federal de Viçosa, Viçosa . 1998.

GUIMARÃES. T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H.; Monnerat, P.H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. v. 58, n. 1, p. 209-216. 1999.

HENDRY, G. A. F.; PRINCE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry GAF, Grime JP (eds), *Methods in Comparative Plant Ecology*, Chapman & Hall. P. 148-152. 1993.

HIDROGOOD. Sobre hidroponia. 2007. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>

HIDROGOOD. Sobre hidroponia. 2018. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>

JOUYBAN, Z. Os efeitos do estresse salino sobre o crescimento das plantas. **Revista técnica de engenharia e ciências aplicadas**, v. 2, p. 7-10, 2012.

JESUS, C. G. Estresse salino em rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica: Aspectos fisiológicos, bioquímicos e nutricionais. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2011.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal Agricultural Research**, v.7, p.775-781, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa Artes e Textos, 532 p. 2006.

LICHTENTHALER, H. K.; WELBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, v.11, n. 3, p.591-592, 1983.

LIMA, GS; NOBRE, RG; GHEYI, RH; SOARES, LAA; SILVA, A. O. Crescimento e produtividade de mamona sob estresse salino e doses de nitrogênio em fenofases. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 854-866, 2014.

MAHAJAN, SHILPI; TUTEJA, NARENDRA. Cold, salinity and drought stresses: an overview. **Archives of biochemistry and biophysics**, v.444, n. 2, p. 139-158, 2005.

MARKWELL, J.; OSTERMAN, J.C.; MITCHELL, J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 467-472. 1995.

MEKAWY, A. M. M. ASSAHA, D. V. M.; YAHAGI, H.; TADA, Y.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry. Versailles**, v. 87, n. 1, p. 17-25, 2015.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. p. 173, 1992.

MELLO, S. C. Cultivo hidropônico de hortaliças. Piracicaba. Departamento de Produção Vegetal, Esalq/usp. 2016.

MELO, H. N. S.; MELO FILHO, C.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, F. K. D.; ANDRADE NETO, C. O. Uso de esgoto doméstico tratado em filtros anaeróbios como fonte de macro e micronutrientes para cultivos hidropônicos. **PROSAB**, 2002.

MELO, A. S. D., JÚNIOR, S., FERNANDES, P. D., SOBRAL, L. F., BRITO, M. E. B., PAULA, J. D. M. D. D. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.

MELO, H. F. de.; SOUZA, E. R. de.; DUARTE, H. H. F.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. B.; Gasexchangeandphotosyntheticpigments in bellpepperirrigatedwith saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.38-43, 2017.

MOUD, A.M., MAGHSOUDI, K. Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. – **World Journal of Agricultural Sciences**, V. 4, p. 351- 358, 2008.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: Bring them toget her. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645–663, 2005.

OLIVEIRA, F. D. A. D., CARRILHO, M. J. D. O., MEDEIROS, J. F. D., MARACAJÁ, P. B., & DE OLIVEIRA, M. K. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 771-777, 2011.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. 101 **Culturas: Manual tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte, MG: EPAMIG. p. 53-62, 2007.

PAULUS D, DOURADO NETO D, FRIZZONE JÁ, SOARES TM. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 29-35. 2010

PAULUS, D. **Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bio-químicos de alface sob hidroponia com águas salinas**. 105 f. Tese Doutorado (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

RESH, H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. 5.ed. California: Woodbridge Press, 1995. 527p.

RODRIGUES I. N.; LOPES M. T. G.; LOPES R.; GAMA A. S.; MILAGRES C. P.. Avaliação de cultivares de alface crespa para região de Manaus . In: C ongresso brasileiro de olericultura, 47. 2007.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP. 762p. 2002.

RODRIGUES, R. R.; BERTOSSI, A. P. A.; GARCIA, G. O.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, E. A. Salinidade no desenvolvimento de cultivares de alface. **Agrarian academy**, v.2, p.70, 2015.

ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; MANZATTO, C.V.; FERNANDES, M. S. Comparação dos métodos fotoelétrico e da interseção na determinação da área, comprimento e raio médio radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.633- 638, 1995.

SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; SILVA, G. A.; COSTA, J. D. Biofertilizantes na produção hidropônica de mudas de mamoeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 109 – 116, 2013.

SALA, F. C.; COSTA, CP da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 961-969, 2010.

SCOTTI CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997.

SEDIYAMA, M.A.N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. Alface (*Lactuca sativa* L.) Culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p.53-62.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NET O, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 29, n.2, p.242-245, 2011.

SILVA, J. S. **Uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano na produção de hortaliças folhosas em sistema hidropônico NFT**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

SILVA, J. S., DA SILVA PAZ, V. P., SOARES, T. M., DE ALMEIDA, W. F. FERNANDES, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018.

SILVA, L. A. DE., BRITO, M. E., DA S, S., FRANCISCO, V., MOREIRA, R. C., SOARES FILHO, W. D. S., & FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Agriambi**, v. 18, p. 1-7, 2014.

SOARES, C. S., SILVA, J. A., SILVA, G. N., BRITO NETO, J.F. Produção hidropônica de cultivares de alface em duas concentrações da solução nutritiva. **Journal of Biology & Pharmacy Agricultural Management**, v. 16, n. 1, p. 82-93, 2020.

SOARES, T. M., DUARTE, S. N., SILVA, Ê. F. D. F., PAZ, V. P. D. S., OLIVEIRA, J. L. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. D.; LACERDA, C. F. (Ed). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicações. Fortaleza: INCTSal, p. 337-366. 2010.

SOARES, H. R., SILVA, E. F. F., SILVA, G. F. , PEDROSA, E. M. R., ROLIM, M. M., SANTOS, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 636-642, 2015.

SOARES, T. M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao Semi-árido brasileiro**. 267 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SOARES, T. M., DE FRANÇA, Ê. F., DUARTE, S. N., MELO, R. F., DE ANDRADE JORGE, C., BONFIM-SILVA, E. M. produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12 n. 2 p. 235-248.2007.b

- SONNEVELD, C. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. In: Gavilán, M. U. Tratado de cultivo sin suelo. Madrid: Mundi Prensas, 2004. Cap.8, p.305- 367.
- SOUSA, T. P. de.; SOUZA NETO, E. P.; SILVEIRA, L. R. de S.; SANTOS FILHO, E. F. dos.; MARACAJÁ, P. B. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.), em função de diferentes concentrações e tipos de biofertilizantes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 168–172, 2014.
- SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.586-592, 2011.
- SULTANA, N.; KEDA, T.; KASHEM, M. A. Effect of seawater on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Photosynthetica**, v.40, p.115-119, 2002.
- TAIBI, K.; TAIBI, F.; ABDERRAHIM, L. A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 105, p. 306-312, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 19p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TESTER, M., DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 1, p. 503–527, 2003.
- UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K. & PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Photosynthesis Research**, v.91, n.1, p.37-46, 2007.
- XU, C., & MOU, B. Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. **HortScience**, V.50, n. 10, p. 1441-1446, 2015.