



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CAMILA ALVES DE SOUZA**

**DESEMPENHO DO CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS  
SALOBRAS E DIFERENTES TEMPOS DE CIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO  
NUTRITIVA**

**FORTALEZA**

**2019**

CAMILA ALVES DE SOUZA

DESEMPENHO DO CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS  
E DIFERENTES TEMPOS DE CIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S237d Souza, Camila Alves de.  
Desempenho do cultivo de agrião hidropônico com águas salobras e diferente tempos de circulação da solução nutritiva / Camila Alves de Souza. – 2019.  
67 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

1. Nasturtium officinalis. 2. Condutividade elétrica. 3. Hortaliça. I. Título.

CDD 630

---

CAMILA ALVES DE SOUZA

DESEMPENHO DO CULTIVO DE AGRIÃO HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS  
E DIFERENTES TEMPOS DE CIRCULAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 29/07/2019.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alan Bernard Oliveira de Sousa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Ao meu pai José Luiz, a minha mãe Maria Ioneide, a minha irmã Samara e a meu irmão Jorge,

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força, sabedoria, abençoado e iluminado meus passos durante toda essa caminhada, apesar de todos os obstáculos no caminho.

Aos meus pais, José Luiz Alves Bezerra e Maria Ioneide de Souza Alves por ser meu alicerce e por todo apoio. Aos meus irmãos Samara Alves de Souza e Jorge Luis de Souza Alves. Ao meu avô paterno Vicente Bezerra (in memoriam) por tudo que fez para mim, por todos os ensinamentos e sempre desejar felicidade nos meus caminhos. E a toda minha família por tudo.

Ao meu namorado, Lucas José por todo o apoio, paciência, compreensão, confiança, companheirismo, carinho e amor nessa caminhada difícil.

A Universidade Federal do Ceará por contribuir para minha formação acadêmica.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva pela orientação, confiança e ensinamentos.

Aos professores participantes da banca examinadora Alan Bernard Oliveira de Sousa e Ênio Farias de França e Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações, sugestões e aceite do convite.

A todos os professores que contribuíram para o meu trabalho.

Em especial a Raquele por toda ajuda e aprendizado, sendo uma pessoa de fundamental importância para a realização do meu trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo – GPEAS, em especial ao professor Alexsandro, Jenyffer, Talyson, Valsergio, Jonas, Nicholas, Vanklane, Márcia, Anderson, Quele, aos colegas da Estação Agrometeorológica, Weverton, Arnaldo e a estagiária Vanessa por toda ajuda durante o experimento.

Aos amigos da Pós-graduação, em especial a Beatriz, Mayara, Willame, Pedro, Wesley, Juarez, Thales, Rennan, Normand, Mara, Emanuel, Jacques, Makeison, José Brasil, Janaina.

A Iara e Tatiane pelo companheirismo durante essa caminhada.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização do meu trabalho, muito OBRIGADA.

“Entrega o teu caminho ao SENHOR, confia nele, e o mais Ele fará. (Salmos 37:5).”

## RESUMO

O aproveitamento de águas de qualidade inferior na agricultura tem se tornado uma alternativa condizente, tendo em vista a restrição de água de boa qualidade. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de águas salobras em diferentes tempos de circulação da solução nutritiva na produção da cultura do agrião d' água de folha larga em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). O experimento foi conduzido em ambiente protegido no período de dezembro 2018 a março de 2019 (dois ciclos de cultivo). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, cinco níveis de salinidade da água (CEa: 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 e 4,6 dS m<sup>-1</sup>) e dois tempos de circulação da solução nutritiva, (10 e 15 min), resultando em 40 parcelas experimentais. As variáveis avaliadas foram altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz aos 6; 10; 14; 20 e 25 dias após o transplantio (DAT), área foliar, massa de matéria fresca da parte aérea e raiz, massa de matéria seca da parte aérea e raiz, fotossíntese, transpiração, condutância estomática, teor de umidade, índice SPAD e prolina em ambos os ciclos. O aumento dos níveis de salinidade da água, em ambos os ciclos de cultivo avaliados, influenciou a maioria das variáveis analisadas. Houve decréscimo de (0,83 e 0,57g planta<sup>-1</sup>) para massa seca da raiz (ciclo 1) e (7,41 e 6,62 g planta<sup>-1</sup>) para massa fresca da raiz (ciclo 2); (5,0354 e 5,6996 g planta<sup>-1</sup> no primeiro ciclo e 5,6309 g planta<sup>-1</sup> no segundo ciclo) para a massa de matéria fresca da parte aérea (0,6643 e 0,7577 g planta<sup>-1</sup> no ciclo 1 e 0,6395 e 0,6615 g planta<sup>-1</sup> no ciclo 2) na massa seca da parte aérea. No ciclo 1 a máxima fotossíntese no tempo 10 min e tempo 15 min foram de 20,88 e 20,02 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, para a condutância estomática foi 0,44 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> provocando decréscimo 63,37% e transpiração foi de 5,02 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> com perdas de 37,85% quando submetida ao nível máximo de CEa e o teor de prolina aumentou 61,92% no maior nível salino em relação ao menor CEa. No ciclo 2 a máxima transpiração no tempo 10 min foi de 8,73 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, no tempo 15 min, com menores valores na CEa de 2,6 e 4,6 dS m<sup>-1</sup>, a prolina foi de 178,42 μmol g<sup>-1</sup> MS, reduzindo 34,43% em relação ao menor valor de CEa. Entre os tempos de circulação da solução nutritiva o de 15 min foi o que proporcionou os melhores resultados para as variáveis analisadas em ambos os ciclos, exceto para a massa seca da raiz no ciclo 1.

**Palavras-chave:** *Nasturtium officinalis*. Condutividade elétrica. Hortaliça.

## ABSTRACT

The use of lower quality water in agriculture has become a suitable alternative, in view of the restriction of good quality water. Thus, the objective of this work was to evaluate the use of brackish water in different times of circulation of the nutrient solution in the production of the wide leaf watercress culture in hydroponic NFT (laminar nutrient flow technique). The experiment was conducted in a protected environment from december 2018 to march 2019 (two crop cycles). The treatments were distributed in a randomized block design in a 5 x 2 factorial scheme, five water salinity levels (ECw: 0,6; 1,6; 2,6; 3,6 and 4,6 dS m<sup>-1</sup>), and (10 and 15 min), resulting in 40 experimental plots. The evaluated parameters were plant height, leaf number, stem diameter, root length at 6; 10; 14; 20 and 25 days after transplanting (DAT), leaf area, fresh matter mass of the area and root, shoot dry matter mass, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, moisture content, SPAD index and proline in both cycles. The increase in water salinity levels, in both crop cycles evaluated, influenced most of the analyzed variables. There was a decrease (0,83 and 0,57 g plant<sup>-1</sup>) for root dry mass (cycle 1) and (7,41 and 6,62 g plant<sup>-1</sup>) for fresh root mass (cycle 2); (5,0354 and 5,6996 g plant<sup>-1</sup> in the first cycle and 5,6309 g plant<sup>-1</sup> in the second cycle) for the shoot fresh matter mass (0,6643 and 0,7577 g plant<sup>-1</sup> in the cycle 1 and 0,6395 and 0,6615 g plant<sup>-1</sup> in cycle 2) in the aerial shoot dry mass. Without cycle 1 the maximum photosynthetic without time 10 min and time 15 min. From 20,88 and 20,02 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, for stomatal conductance was 0,44 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> causing decrease 63,37% and transpiration was 5,02 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> with losses of 37,85% when submitted to the maximum ECw current and the proline content increased 61,92% without higher saline level in relation to the lower ECw. No cycle 2 maximal transpiration without time 10 min was 8,73 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, without time 15 min, with ECw indicators of 2,6 and 4,6 dS m<sup>-1</sup>, a proline was 178,42 μmol g<sup>-1</sup> MS, 34,43% reduction in relation to the lowest ECw value. Among the times of circulation of the nutrient solution the 15 min was the one that provided the best results for the variables analyzed in both cycles, except for the dry mass of the root in cycle 1.

**Keywords:** *Nasturtium officinalis*. Electric Conductivity. Vegetable.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Qualidade de água</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Salinidade</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Trocas gasosas</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Efeito da salinidade nas trocas gasosas</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5</b>	<b>Hidroponia</b> .....	<b>17</b>
<b>2.6</b>	<b>NFT (Nutrient Film Technique) ou técnica do filme de nutrientes</b> ....	<b>18</b>
<b>2.7</b>	<b>Intervalo de circulação da solução nutritiva na hidroponia</b> .....	<b>19</b>
<b>2.8</b>	<b>Agrião</b> .....	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização do experimento</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2</b>	<b>Características da casa de vegetação</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Elementos meteorológicos</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Sistema hidropônico</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	<b>27</b>
<b>3.6</b>	<b>Preparo da solução nutritiva</b> .....	<b>29</b>
<b>3.7</b>	<b>Preparo das mudas</b> .....	<b>30</b>
<b>3.8</b>	<b>Variáveis analisadas</b> .....	<b>31</b>
<b>3.8.1</b>	<i>Monitoramento da solução nutritiva</i> .....	<b>31</b>
<b>3.8.2</b>	<i>Avaliação de crescimento e produção da cultura</i> .....	<b>31</b>
<b>3.9</b>	<b>Análises Fisiológicas</b> .....	<b>32</b>
<b>3.9.1</b>	<i>Índice SPAD</i> .....	<b>32</b>
<b>3.9.2</b>	<i>Trocas gasosas</i> .....	<b>33</b>
<b>3.9.3</b>	<i>Prolina</i> .....	<b>34</b>
<b>3.10</b>	<b>Análise estatística</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Monitoramento de CE e pH</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Crescimento da cultura do agrião ao longo dos dois ciclos</b> .....	<b>37</b>
<b>4.3</b>	<b>Produção da cultura do agrião ao longo de dois ciclos</b> .....	<b>47</b>
<b>4.4</b>	<b>Variáveis Fisiológicas</b> .....	<b>53</b>
<b>4.4.1</b>	<i>Trocas gasosas</i> .....	<b>53</b>

<i>4.4.2 Índice SPAD e Prolina</i> .....	58
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

Em função da baixa disponibilidade de água de boa qualidade para a agricultura, diversas pesquisas e tecnologias vêm sendo geradas para mitigar essas limitações. Uma das alternativas é o aproveitamento de águas salobras na agricultura e a utilização da técnica da hidroponia (SILVA *et al.*, 2018). Essa técnica consiste no cultivo sem solo, onde as raízes das plantas ficam submersas em um meio hídrico e recebem uma solução nutritiva composta por água e nutrientes essenciais ao desenvolvimento (SOARES *et al.*, 2015).

O cultivo hidropônico apresenta algumas vantagens em relação ao cultivo convencional, como pode ser citado: alta produtividade, possibilidade de produzir um produto de boa qualidade durante todo o ano, menor desperdício de água e nutrientes, dispensa a rotação de culturas, controle de plantas daninhas e colheita precoce (FURLANI *et al.*, 1999).

O sistema mais utilizado no Brasil é o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), nesse sistema hidropônico as plantas tendem a ser mais tolerantes a sais devido à insignificância do potencial matricial (SILVA *et al.*, 2015).

O tempo de circulação da solução nutritiva é um fator importante na hidroponia. O intervalo de tempo varia muito entre os sistemas, bancadas, regiões, tipos de cobertura, variedade cultivada, época do ano, umidade relativa, temperatura do ar e outros fatores (FURLANI *et al.*, 2009).

A maioria dos estudos utilizam intervalo de tempo de circulação da solução nutritiva de 15 minutos ou maior (ZANELLA *et al.*, 2008; MARTINEZ, 2016; LUZ *et al.*, 2017), nessa perspectiva surge à necessidade de se estudar intervalos de irrigação para diferentes regiões bem como se uma maior ou menor frequência de irrigação (intervalo de tempo) pode possibilitar redução no efeito da concentração de sais da água para um adequado desenvolvimento das plantas.

Um dos aspectos que vem sendo bastante estudado há vários anos é a redução do crescimento em função da diminuição de água e nutrientes proporcionando diminuição da capacidade fotossintética das plantas como consequência do estresse salino. Onde visam os efeitos da salinidade sobre a planta, elucidar mecanismos fotossintéticos e bioquímicos vinculados à tolerância ou sensibilidade ao estresse (SOARES, 2018).

Em estresse salino, as plantas tendem a desenvolver lentamente sua área foliar, bem como a redução da condutância estomática, limitando a taxa fotossintética (MUNNS, 2011), influenciando também no desenvolvimento das plantas e provocando redução na

produtividade das culturas. A salinidade é um mecanismo complexo, envolvendo tolerância ao estresse osmótico e iônico causado pela alta salinidade do solo, e as espécies vegetais diferem nas respostas bioquímicas e fisiológicas (CHICONATO *et al.*, 2019). Dentre estas respostas pode-se destacar a prolina que é um aminoácido que se acumula em resposta ao estresse salino ou hídrico nas plantas (PAULUS *et al.*, 2010).

O agrião (*Nasturtium officinalis*) é uma Brassicaceae semi-perene que pode ser cultivada em água ou em terra. Apresentam folhas elípticas, caule rastejante dos quais se desenvolvem finas raízes aquáticas responsáveis por retirar nutrientes do meio líquido (FILGUEIRA, 2012). Desenvolve-se melhor sob temperaturas amenas (entre 15° e 25°C). Por ser uma cultura de clima ameno e de ambientes alagados, pode ser uma opção para produção em sistemas hidropônicos (SOARES *et al.*, 2009; PAULUS *et al.*, 2010; GUIMARÃES *et al.*, 2017).

N. *Officonalis* é considerado uma planta culinária, podendo ser usada em saladas e também como complemento em outros pratos culinários, devido a sua rica composição em nutrientes. Atualmente na Europa o agrião tem se tornado uma das plantas mais utilizadas em alimentos saudáveis, isso por conta dos seus valiosos benefícios para a saúde, como: proteção contra o câncer, diminuição da pressão arterial e um pequeno número de calorias (KLIMEK-SZCZYKUTOWICZ *et al.*, 2018).

É cultura que contém baixo conteúdo calórico, fornecendo 22 calorias em cada 100 gramas. Sendo rica em vitaminas A, C e do complexo B, inclui de ferro, zinco cálcio e fibras, também auxilia no fortalecimento do sistema imunológico, processo de crescimento, saúde dos tecidos corporais e produção de glóbulos vermelhos (ABRANGEN, 2015).

É uma hortaliça que tem poucas informações tanto em cultivos convencionais quanto em cultivo hidropônico. Sendo necessária a realização de estudos para aumentar essas informações. A produção de agrião em sistemas hidropônicos com águas salobras é pouco estudada, assim é de fundamental importância que se tenham estudos voltados para essa cultura que pode ser uma opção para aqueles agricultores que dominam a técnica da hidroponia e que buscam alternativas de cultivo com outras espécies (GOMES, 2009; LIRA *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do agrião d' água de folhas larga em sistema hidropônico NFT em função do uso de águas salobras e diferentes tempos de circulação da solução nutritiva.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Qualidade de água

A água é essencial para o incremento da produção vegetal, por isso o seu uso deve ser feito de forma adequada para que se obtenham excelentes produções sendo necessários estudos sobre o crescimento e rendimento das culturas em diferentes condições (ARAGÃO *et al.*, 2012).

Os recursos hídricos para agricultura irrigada estão diminuindo e a população está cada vez maior. Acredita-se que um manejo adequado dos recursos hídricos é importante e o eficiente uso da água de irrigação poderá ser essencial para as culturas. Novas técnicas para utilizar de forma eficiente da água vêm sendo incentivadas devido ao impacto vivido pelo alto consumo de água estar limitadas. Assim é de fundamental importância que se tenha um manejo adequado e uma boa qualidade de água para irrigação, para que se alcance uma alta qualidade, produtividade, uso racional da água e redução de custos de produção (PADRÓN *et al.*, 2015).

A qualidade e a quantidade de água devem ser avaliadas na agricultura irrigada. Devido a abundância por fontes hídricas, de boa qualidade e fácil de ser utilizado, o aspecto qualidade não era um quesito considerável. O uso intensivo da água de boa qualidade, nos projetos de irrigação tanto novos quanto antigos demanda por águas em maiores quantidades, assim, faz necessário explorar águas de qualidade inferior. Com isso é necessário planejamento permanente para assegurar um melhor uso de acordo com a sua qualidade, evitando problemas consecutivos para agricultura (AYERS; WESTCOT, 1991).

A disponibilidade por recursos hídricos de boa qualidade para agricultura irrigada está cada vez menor devido ser um recurso bastante explorado. Diante desse quesito, a utilização de águas salobras pode ser uma alternativa para as culturas tolerantes a sais, isso quando realizar um manejo adequado (FREITAS *et al.*, 2010).

Com a necessidade de se utilizar água de qualidade inferior na agricultura irrigada, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos para possibilitar um manejo de forma adequada, para que o desenvolvimento e rendimento das culturas não sejam afetados negativamente (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

## 2.2 Salinidade

A salinidade é um dos fatores que prejudicam tanto o crescimento das plantas como a produção e qualidade do produto, se manifestando principalmente na redução da população e desenvolvimento das culturas, com sintoma similar ao causado por estresse hídrico (RHOADES *et al.*, 1992). O comportamento das culturas, no entanto, é diferente quanto à tolerância a sais na água de irrigação, desde as mais tolerantes como, por exemplo, algodão até as mais sensíveis como a maioria das hortaliças (HOLANDA *et al.*, 2016).

O decréscimo da produtividade das plantas está relacionado com três principais fatores fisiológicos: o fechamento dos estômatos limitando a fotossíntese líquida, sendo resultado dos efeitos osmóticos da salinidade; limitar a expansão foliar reduzindo os processos fotossintéticos, devido ao acúmulo de íons tóxicos nas culturas, desordem na nutrição ou redução na turgescência e aceleração da senescência de folhas maduras que também reduz a produção de fotoassimilados (LACERDA *et al.*, 2003; ANDRADE *et al.*, 2016).

Nos últimos anos a redução de forma qualitativa e quantitativa da água tem levado a pesquisar novas técnicas para o aproveitamento de águas de qualidade inferior e que os recursos hídricos sejam utilizados de forma mais eficiente. Desse ponto de vista, com a falta de água doce em comunidades no semiárido, algumas pesquisas sugerem a técnica da hidroponia, devido ser uma alternativa que possibilita o uso de águas salobras (SOARES *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2010a; DIAS *et al.*, 2010). Além de poder permitir melhor eficiência no uso da água, devido à redução das perdas por evaporação, a hidroponia pode amplificar a vantagem da irrigação localizada, no que diz respeito ao menor efeito da salinidade sobre as plantas, reduzindo ainda os riscos ambientais associados ao acúmulo de sais no ambiente (ALVES *et al.*, 2011).

Rebouças *et al.* (2013) estudando a cultura do coentro observaram efeito negativo sobre as folhas, altura de planta e área foliar com o aumento da salinidade da solução nutritiva. Segundo Taiz e Zeiger (2013) o estresse hídrico ocasiona diminuição no crescimento de plantas, causada pela redução da expansão celular, sendo que é comum que haja alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, como uma forma que a planta encontra para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; as principais mudanças morfológicas são a redução do tamanho e do número de folhas.

### 2.3 Trocas gasosas

As trocas gasosas das plantas correspondem à fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e concentração de CO<sub>2</sub> interna, elas afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo e a produtividade da cultura (ZEIST *et al.*, 2014).

A fotossíntese é um processo no qual as plantas e algumas bactérias sintetizam compostos orgânicos utilizando a luz como fonte de energia. A energia que é fixada via fotossíntese fica armazenada nos compostos orgânicos pelos quais utilizam no metabolismo celular da planta. Existem alguns fatores internos e externos que influenciam na taxa fotossintética da planta. Os fatores internos abrangem a disponibilidade de água e nutrientes, concentração de CO<sub>2</sub>, irradiância e temperatura. Nos fatores externos abrangem os fatores genéticos da planta, como o teor de clorofila, espessura da lâmina foliar, idade da folha. Deste modo, quando as folhas estão em estágio inicial de crescimento ou estágio de senescência apresentam taxas fotossintéticas menores do que as folhas maduras totalmente expandidas (MARENCO *et al.*, 2014).

A planta para realizar a fotossíntese retira CO<sub>2</sub> da atmosfera e perde água podendo ficar desidratada (TAIZ; ZEIGER, 2013). As altas taxas fotossintéticas dão-se pela maior absorção de água e nutrientes, favorecendo a abertura estomática e a absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas e aumentando a assimilação de carbono, com efeito positivo nas taxas fotossintéticas. A fotossíntese pode ser estimulada pela disponibilidade de CO<sub>2</sub> e luz, além do mais, em sistema hidropônico estimula o aumento das taxas fotossintéticas em razão das condições ambientais do sistema de cultivo, ao disponibilizar alta concentração de CO<sub>2</sub> e temperaturas ideais, a exemplo de plantas C3 como é o caso da cultura do agrião. (LANGGRAF *et al.*, 2015; SOARES, 2018).

A transpiração é a perda de água pela planta na forma de vapor, sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, e acontece através dos estômatos e da cutícula das folhas (PINTO *et al.*, 2014). Existe uma ligação entre a necessidade de uma planta absorver CO<sub>2</sub> e a necessidade de conservar água, decorrente da perda de água e entrada de CO<sub>2</sub> pelas mesmas fendas. Para que as plantas consigam lidar com a perda de água pelas folhas e para repor a água perdida, as plantas desenvolvem adaptações para controlar essas perdas. Uma dessas adaptações é a redução na abertura estomática para conservar a água da planta. Com o fechamento dos estômatos diminui a absorção de CO<sub>2</sub> pela folha reduzindo a fotossíntese e reduzindo também a perda de água por transpiração (TAIZ *et al.*, 2016).

A condutância estomática é um mecanismo fisiológico que as plantas dispõem para controlar sua transpiração (MESSINGER *et al.*, 2006). A epiderme das folhas encontra-se envolvida por uma cutícula relativamente impermeável, tanto ao vapor d'água quanto ao gás carbônico, e contém quantidade de estômatos variável, cuja resposta, mediante a regulação da condutância estomática, controla a transpiração da folha e é influenciada pela luz, pela concentração de gás carbônico atmosférico, pela umidade e temperatura. A condutância estomática está relacionada com a transpiração e à fotossíntese líquida (NAVES BARBIERO *et al.*, 2000; MACHADO *et al.*, 2010).

## 2.4 Efeito da salinidade nas trocas gasosas

A salinidade é um fator que afeta a fotossíntese, inibindo o acúmulo de íons  $\text{Na}^+$  e/ou  $\text{Cl}^-$  nos cloroplastos, os quais afetam os processos bioquímicos e fotoquímicos envolvidos na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009). As alterações metabólicas das plantas ocasionadas pela salinidade são resultado de diversas respostas fisiológicas ao estresse, destacando-se as modificações no crescimento, comportamento estomático e nos processos fotossintéticos (GRACIANO *et al.*, 2010).

Elevadas concentrações de  $\text{NaCl}$  diminuem a transpiração sendo uma característica positiva das plantas cultivadas sob estresse salino, há uma relação positiva entre acumulação de sal nos diferentes órgãos e taxa de transpiração. Deste modo, baixas taxas de transpiração contribuem para o baixo acúmulo de  $\text{Na}^+$ , e possivelmente de  $\text{Cl}^-$ , na planta como um todo (PARIHAR *et al.*, 2015).

As plantas quando são submetidas à deficiência hídrica fecham seus estômatos e reduzem a condutância estomática buscando reduzir sua perda de água pelas folhas, essa redução restringe a absorção de  $\text{CO}_2$ , também inibindo a assimilação de carbono através da fotossíntese (TAIZ; ZAIGER, 2013). Em condições de estresse salino as plantas apresentam redução do fluxo de água, devido à queda na condutância estomática, diminuindo o fluxo de vapor d'água para a atmosfera e, de modo consequente, a transpiração, à medida que se fecham os estômatos (GONÇALVES *et al.*, 2010).

Bosco *et al.* (2009) ao avaliarem os efeitos da salinidade em meio hidropônico nas variáveis trocas gasosas em berinjela verificaram que houve redução na condutância estomática e, em menores proporções, nas taxas de transpiração e fotossíntese.

Soares *et al.* (2017) avaliando águas salobras e duas vazões de aplicação de

solução nutritiva nas trocas gasosas da couve-flor cultivada em sistema hidropônico NFT observaram que o aumento da salinidade da água utilizada o preparo da solução nutritiva reduziu as trocas gasosas da couve-flor e que a vazão de  $1,5\text{L min}^{-1}$  foi a que proporcionou os melhores resultados para as trocas gasosas.

## 2.5 Hidroponia

A hidroponia (do grego, hydro e ponos, que significa trabalho em água) é uma forma de cultivo sem a presença do solo, onde as plantas são cultivadas com solução nutritiva composta por água e fertilizantes solúveis, que possam ter pH e nutrientes pertinente para cada cultura (SOARES *et al.*, 2016).

Foi criada em novembro de 2008 a Associação Brasileira de Hidroponia, tendo como um dos seus objetivos a organização de informações sobre a difusão territorial e a importância econômica da técnica hidropônica no Brasil. São mais comuns os cultivos hidropônicos nas regiões Sul e Sudeste do País. No entanto, nos últimos anos a hidroponia tem avançado nas diversas regiões do País, inclusive na Região Nordeste. Na cidade de Porto Velho- Rondônia, Região Norte, quase 100% das verduras comercializadas são cultivadas em sistema hidropônico (SOARES *et al.*, 2016).

O cultivo hidropônico representa uma alternativa ao cultivo convencional várias são as vantagens do cultivo hidropônico, tais como, melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas encurtamento do ciclo de produção e maior produtividade, menor gasto de água e de fertilizantes, melhor controle fitossanitário, redução em alguns tratamentos culturais, dispensa rotação de cultura, produção fora de época, produtos de alta qualidade, produção próximo ao consumo, rápido retorno do capital (PAULUS *et al.*, 2012; BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

Apesar de ter inúmeras vantagens no cultivo hidropônico, vale ressaltar que existem algumas características do cultivo hidropônico que podem ser consideradas como desvantagens, custo inicial relativamente elevado, necessita de assistência e conhecimento técnico mais efetivo, exige mão de obra especializada, risco de perda por falta de energia elétrica, prejuízo por contaminação da água por patógenos, requer acompanhamento permanente do sistema (BEZERRA NETO; BARRETO, 2012).

Várias pesquisas vêm sendo realizadas com a técnica da hidroponia por meio da utilização de águas salobras (AMORIM *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2010a, 2010b; PAULUS

*et al.*, 2010; SOARES *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2010). Segundo Soares *et al.* (2007) na hidroponia a resposta das plantas em condições salinas é melhor, comparado com o cultivo convencional baseado no solo, devido à ausência do potencial mátrico na hidroponia, que no solo é uma das causas da diminuição da energia livre de água.

Soares *et al.* (2010) estudaram o uso de águas doce e salobra, alternando as no preparo da solução nutritiva ou na reposição da evapotranspiração em sistema hidropônico, os mesmos concluíram que a salinização gradativa não foi tão prejudicial para a absorção de água quanto a salinidade constante da solução nutritiva. Por outro lado, Santos *et al.* (2010a e 2010b) e Paulus *et al.* (2010) investigaram a utilização de águas salobras, tanto no preparo da solução nutritiva como na reposição da evapotranspiração, mas não o uso combinado com água doce e observaram que houve redução na produtividade e rendimento da cultura da alface.

A produção hidropônica de hortaliças no Brasil vem ganhando cada vez mais espaço devido a melhor ocupação da área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de nutrientes e melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores ambientais que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano (SANTOS *et al.*, 2008).

## **2.6 NFT (Nutrient Film Technique) ou técnica do filme de nutrientes**

No sistema hidropônico de cultivo, diferentes técnicas são utilizadas quanto à forma de aplicação de solução nutritiva, podendo estas técnicas influenciarem na disponibilidade de água e nutrientes às plantas. A técnica mais utilizada no Brasil é a do NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), que consiste na passagem de uma lâmina intermitente de solução nutritiva por um leito contendo as plantas (SANTOS *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2015).

A solução nutritiva é bombeada aos perfis e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes das plantas fixadas em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI *et al.*, 1999). O fluxo corrente de água não deve inundar as raízes por completo, aproximadamente 2/3 delas devem estar submersas para absorver a água e os nutrientes, e 1/3 no ar, absorvendo oxigênio. Manter uma provisão constante de oxigênio é fator determinante para garantir o êxito desse método (STAFF, 1997).

A técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) apresenta vantagens como: eficiência no uso da água e nutrientes; melhor aproveitamento da área; elevadas produtividades e possibilidade de um controle maior no descarte do seu rejeito, minimizando os efeitos negativos sobre o meio ambiente (SANTOS *et al.*, 2010a).

O agrião é privilegiado pelo sistema hidropônico, por ser tratar de uma planta de ambientes alagados, que precisa de bastante água para se desenvolver. Neste sistema de cultivo é possível utilizar a mesma solução nutritiva recomendada por Furlani (1998) para a cultura da alface.

## 2.7 Intervalo de circulação da solução nutritiva na hidroponia

O intervalo de irrigação é considerado um fator bastante importante nas culturas agrícolas, pois tem efeitos diretos sobre a disponibilidade de água no meio de cultivo e podendo influenciar diretamente a produção agrícola (MONTE *et al.*, 2009).

Um intervalo de circulação em sistema hidropônico NFT adequada pode possibilitar o crescimento das plantas, redução no consumo de energia elétrica, assim permitindo um maior ganho econômico na produção (PILAU, 2002). Furlani *et al.* (1999) recomendam que durante o dia nas horas mais quentes a irrigação seja contínua devendo tomar cuidado para que haja aeração adequada da solução nutritiva para evitar deficiência de oxigênio no sistema radicular e durante o período noturno o sistema permaneça desligado ou com duas a três irrigações de 10-15 minutos espaçadas de 4 a 5 horas.

Segundo Resh (1997) é recomendado durante o dia intervalos de irrigação de 15 minutos e no período noturno dependendo das condições meteorológicas, o sistema pode ser desligado ou programado para funcionar 2-3 vezes em intervalos espaçados de acordo com a necessidade da cultura. Zanella *et al.* (2008) estudando o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT, utilizaram três frequências de irrigação, os quais eram de 5 min (15 min ligado e 5 min desligado), 15 min (15 min ligado e 15 min desligado) e 30 min (15 min ligado e 30 min desligado), os resultados mostraram que houve uma redução na produção da alface nos intervalos entre as irrigações de 15 e 30 min.

Luz *et al.* (2017) avaliando o efeito de quatro intervalo entre irrigações (15, 30, 45 e 60 min) sobre o sistema radicular e retenção de solução nutritiva em alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica. Verificaram que a produção de fitomassa seca e de área foliar da alface não é prejudicada pela ampliação do intervalo entre irrigações desde 15 até 60 min. E que o

tempo de 60 min é o mais vantajoso, independente da época de cultivo, pois permiti economia de energia elétrica, sem prejuízos à produtividade da cultura.

## 2.8 Agrião

O agrião (*Nasturtium officinalis*) é originário do sudeste da Ásia, e vem sendo utilizado há vários séculos na Europa, principalmente por gregos e romanos, que apreciavam banquetes ricos em especiarias e saladas picantes. Pertencente à família das Brassicaceas, a mesma apresenta o maior número de espécies de interesse da horticultura (FILGUEIRA, 2008; SILVA 2010).

É cultura que contém baixo conteúdo calórico, fornecendo 22 calorias em cada 100 gramas. Sendo rica em vitaminas A, C e do complexo B, inclusive de ferro, zinco cálcio e fibras, também auxilia no fortalecimento do sistema imunológico, processo de crescimento, saúde dos tecidos corporais e produção de glóbulos vermelhos. É uma folhosa utilizada na culinária na forma de saladas; os talos são usados em sopas, refogados, como recheios de suflês e omeletes ou em massas; também pode ser feito suco, misturado com frutas diversas (ABRACEN, 2015).

A variedade de agrião mais popular do país é agrião da água, pertencente ao grupo das folhas largas. O agrião d'água (*Rorippa nasturtium-aquaticum* L.) é uma planta da família Brassicaceae semiperene. Sua espécie apresenta folhas elípticas, caule rastejante dos quais se desenvolvem finas raízes aquáticas responsáveis por retirar nutrientes do meio líquido. A cultivar “Folha Larga” produz plantas vigorosas, de alta capacidade de perfilhamento e resistência ao florescimento precoce, além de coloração verde-escura e forma plantas vigorosas com folhas tenras (FILGUEIRA, 2012).

Segundo Gondim (2010), o agrião é uma planta semiperene que pode ser cultivada em água ou em terra seca. É considerada uma hortaliça folhosa, rica em vitamina C e em sais minerais, como o ferro, com talos ricos em iodo. Pode ser semeada em bandejas ou em sementeiras, sendo posteriormente transplantada para o local definitivo. Desenvolve-se melhor sob temperaturas amenas (entre 15° e 25°C), sendo plantado geralmente nos períodos de outono e inverno. Onde o verão não é muito quente, pode ser plantado o ano inteiro.

A cultura reque solo com elevado teor de argila, consistente, que proporcione uma melhor retenção de água. Tem uma melhor produção em solos onde o pH se encontra na faixa de 6,0 a 6,8 (FILGUEIRA, 2012). A germinação das sementes ocorre de 5 a 7 dias. Segundo Filgueira (2012) atualmente são utilizados canteiros construídos em solo argiloso, com cerca

de 10 m de comprimento, 1 m de largura, e apenas 10 cm acima do nível do terreno. Sobre o leito, bem preparado e enriquecido com adubação organomineral, transplantam-se as mudas, no espaçamento de 20 x 20 cm. E também se utilizam estacas vegetativas, retiradas de culturas adultas.

É uma hortaliça que necessita de condições climáticas favoráveis para produzir sementes, mas a produção de folhagem, produto comercial, é favorecida pelo clima quente da região, desenvolvendo-se bem em qualquer época do ano. A colheita ocorre a partir de 55-70 dias após a semeadura; se o plantio for realizado com estacas, colhe-se aos 40-50 dias. Podem ser obtidos 10 cortes, com intervalos de 20-30. O ponto de colheita se dá quando as folhas atingem o tamanho máximo; porém antes que se tornem pontiagudas e enegrecidas e os caules duros (FILGUEIRA, 2012).

A cultura do agrião apresenta uma tolerância à salinidade, ou seja, a sua produtividade é reduzida a partir de um valor da condutividade elétrica da solução que a planta absorve (salinidade limiar) e posteriormente a produtividade cai linearmente com o aumento da salinidade da solução. Em cultivo hidropônico a tolerância das plantas ( $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) à salinidade em relação ao cultivo convencional de  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$  (AYERS; WESTCOT, 1991) é maior, o que permite ao agricultor usar uma água com maior teor de sais sem prejuízo na produção, porém quando são usadas águas com alta concentração de sais, problemas nutricionais podem ocorrer e se associar ao efeito do potencial osmótico (DANTAS, 2012).

Alguns estudos foram realizados com a cultura do agrião mostrando que pode ser uma boa opção em sistema hidropônico, como o de Gomes (2009) avaliando a resposta à salinidade do agrião, em hidroponia e solo, concluíram que os tratamentos salinos influenciaram significativamente em todas as variáveis de rendimento da cultura, tanto na hidroponia quanto no solo; as plantas tiveram melhor desenvolvimento sob salinidade na hidroponia quando comparado com o solo, por Brass *et al.* (2008), estudando a cultura do Agrião d'água cultivado em sistema hidropônico NFT no município de Garça (SP) observaram que a cultura se adaptou bem a região que foi cultivada, obtendo-se produção satisfatória e por Barbosa *et al.* (2009) avaliando o desenvolvimento de quatro cultivares de agrião cultivados hidroponicamente, em sistema NFT puderam concluir que a cultivar Agrião da água folha larga, se adaptou bem ao sistema hidropônico, apresentando desenvolvimento melhor, quando comparado com as outras cultivares estudadas.

Lira *et al.* (2018) analisando o uso de água salobra para o cultivo de agrião da água de folhas largas em sistema hidropônico NFT, concluíram que é possível utilizar água

salobra para produção de agrião hidropônico como alternativa para os produtores que possuem disponibilidade de água salobra e disponibilidade restrita de água doce.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), na Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza – CE, localizada nas coordenadas geográficas de 3° 44' 43.273" de latitude sul e 38° 34'56.650" de longitude oeste e altitude média de 22 m.

#### 3.2 Características da casa de vegetação

A casa de vegetação (Figura 1) tem as dimensões de 78 m<sup>2</sup>, com 6,50 m de largura e 12,0 m de comprimento, altura nas laterais de 3,5 m; calhas de 150mm de largura e 90 mm de altura; 4,5 m no centro do módulo. Os perfis constituídos em aço galvanizado a fogo com banho de zinco fundente. A cobertura da casa de vegetação é de filme agrícola (polietileno) transparente, com 150 micras e tratamento contra raios ultravioleta (UV).

Figura 1- Casa de vegetação do experimento.

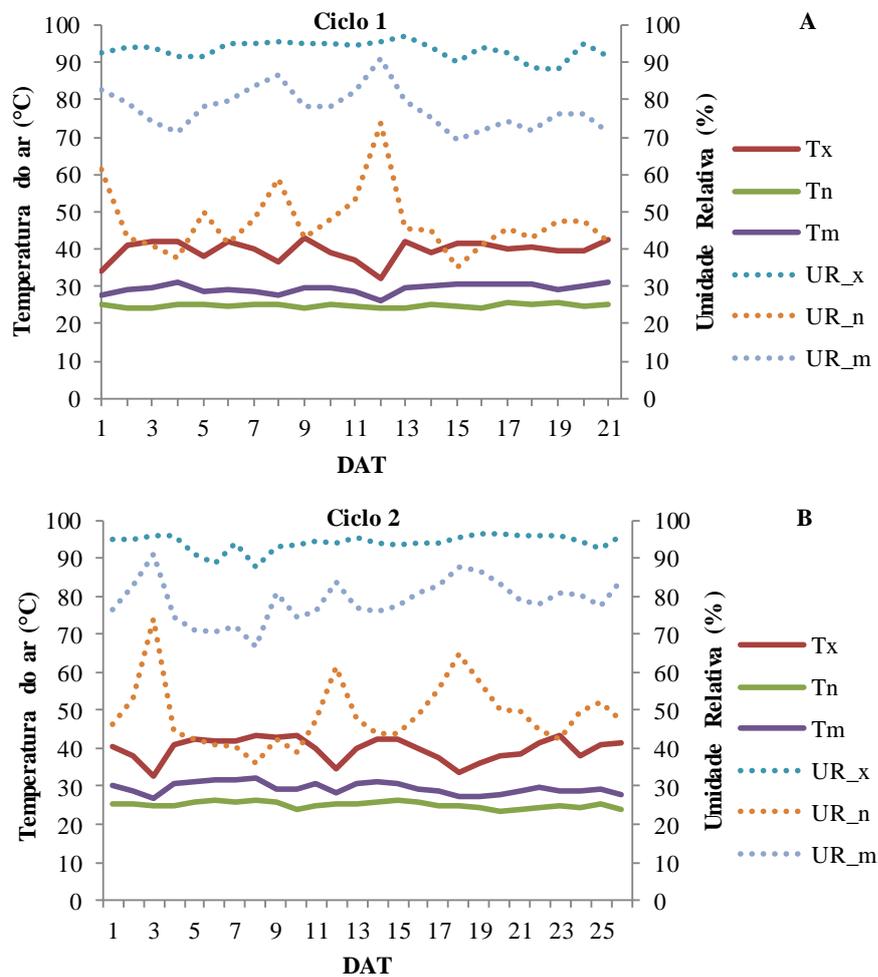


Fonte: Autor

#### 3.3 Elementos metereológicos

Os dados climáticos foram coletados no interior da casa de vegetação durante todo período de realização do experimento por uma estação meteorológica portátil modelo HOBO data logg (temp/light/ext channel) que fazia leitura 24 horas de 30 em 30 minutos. Na Figura 1 encontram-se a média ( $T_m$ ), mínima ( $T_n$ ) e máxima ( $T_x$ ) da temperatura do ar e umidade relativa média ( $UR_m$ ), mínima ( $UR_n$ ) e máxima ( $UR_x$ ) obtidas no interior do ambiente protegido durante o experimento ao longo dos dois ciclos de cultivo.

Figura 2- Temperatura do ar e umidade relativa (A) ciclo 1 e (B) ciclo 2 da casa de vegetação ao longo de dois ciclos de agrião.



Fonte: Autor

A temperatura do ar e a umidade relativa foram dois fatores que variaram ao longo dos dois ciclos de cultivo. A temperatura média diária no interior da casa de vegetação variou de 26,30 a 31,27°C (ciclo 1) e de 26,86 a 32,29°C (ciclo 2). Enquanto que a umidade relativa média oscilou entre 69,24 a 91,09% (primeiro ciclo) 66,81 a 91,12% (segundo ciclo).

Diante dos dados coletados de temperatura foi observado que a mesma foi superior ao ideal para a cultura do agrião (15- 25°C). No horário de 10 as 15 horas as plantas ficavam murchas, passando desse horário, as mesmas recuperavam a sua turgência.

### 3.4 Sistema hidropônico

A parcela experimental foi constituída por um perfil em sistema NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes) independente (SOARES *et al.*, 2009) composto por tubos de PVC com 2,70 m de comprimento, diâmetro de 100 mm com orifícios de 2,5 cm de raio, espaçamento entre plantas e perfis de 0,25 m, totalizando dez orifícios, onde foram cultivados nove plantas por perfil (Figura 3). Na estrutura os perfis foram instalados a uma altura média de 0,85 m, possuindo uma inclinação de 3,0%, para promover o escoamento e a drenagem.

Figura 3 - Estrutura experimental.

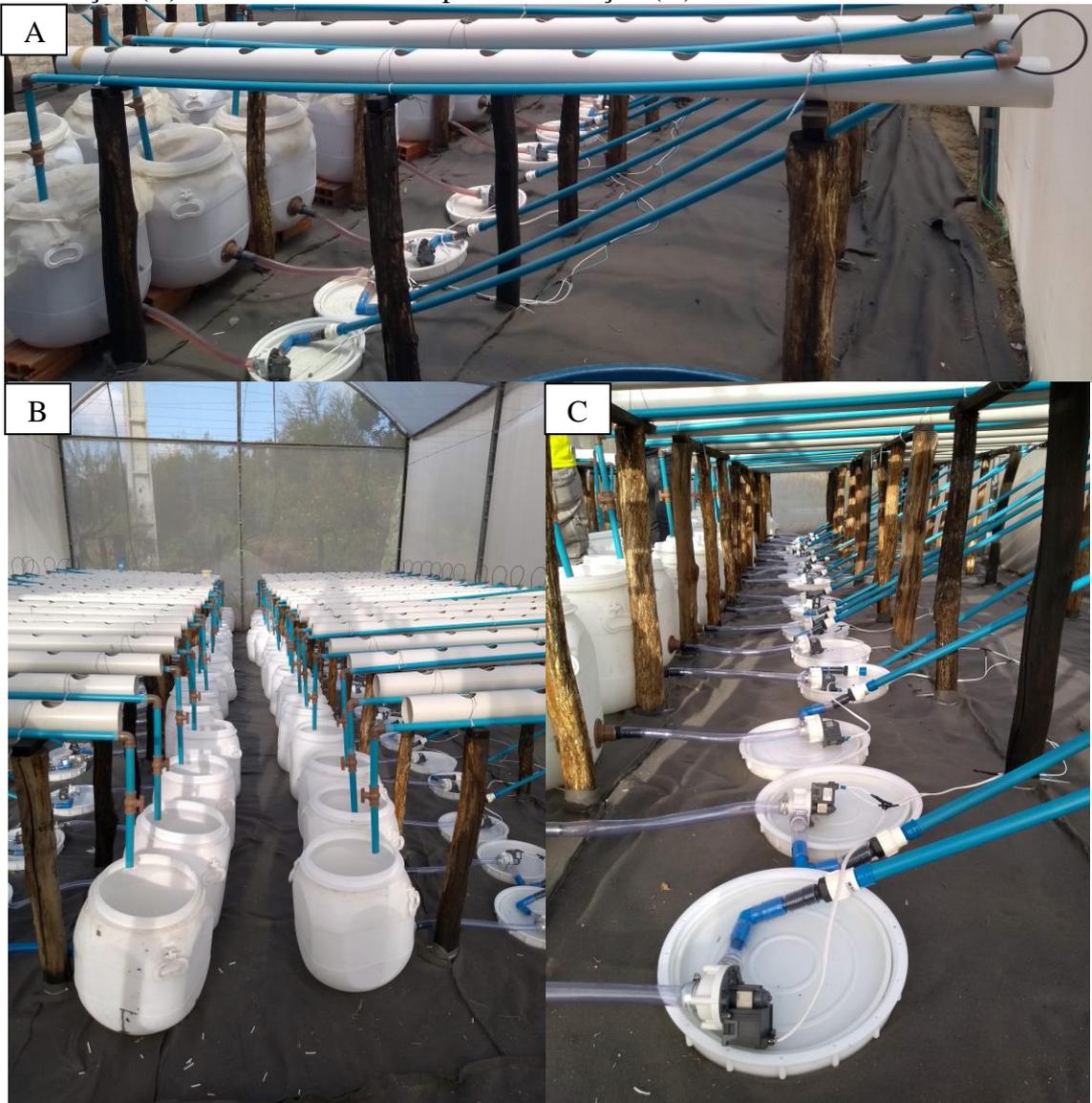


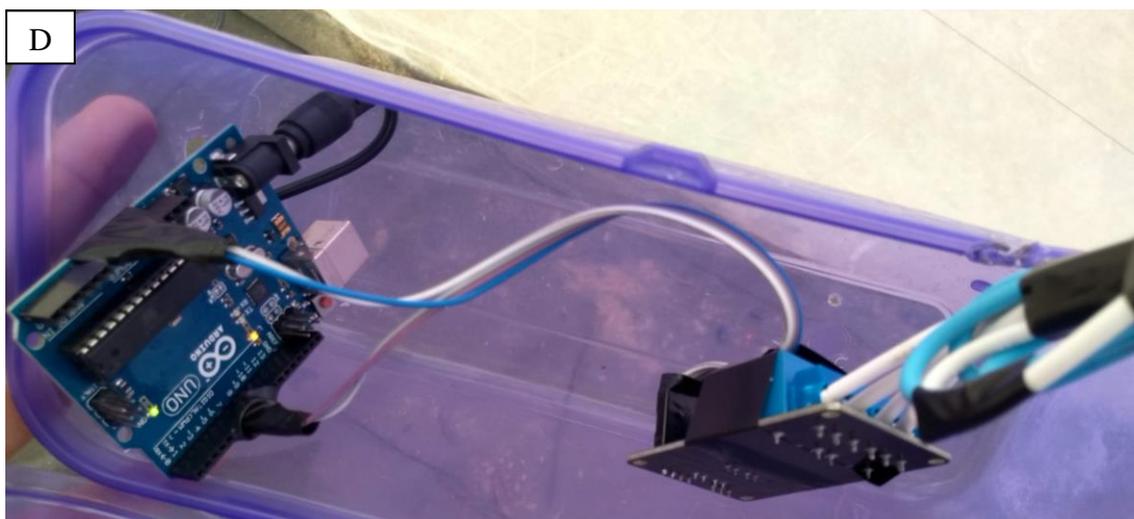
Fonte: Autor

Conforme Figura 4, uma tubulação de PVC conduz a solução nutritiva bombeada do reservatório até a parte mais alta da bancada, de onde a solução é injetada no perfil hidropônico. A solução injetada percorre o perfil em declive (3%), sendo a gravidade a força motriz. A solução nutritiva foi injetada no perfil através de microtubos com vazão de  $1,5L\ min^{-1}$ . Cada parcela experimental ainda de um reservatório para solução nutritiva com

50L (Figura 4B) e uma eletrobomba de circulação para cada parcela (Figura C). E no sistema havia um micro controlador (timer) que determinava o tempo de circulação (Figura D). O micro controlador foi construído por um arduino pro mini junto com uma placa de relés utilizado para acionar as bombas, funcionava com 12 e 5V, sendo programado para que funcionasse no tempo de 10 e 15 minutos.

Figura 4- Visão da parcela experimental (A), sistema montado (B), eletrobomba de circulação (C) e controlador do tempo de circulação (D).





Fonte: Autor

### 3.5 Delineamento experimental e tratamentos

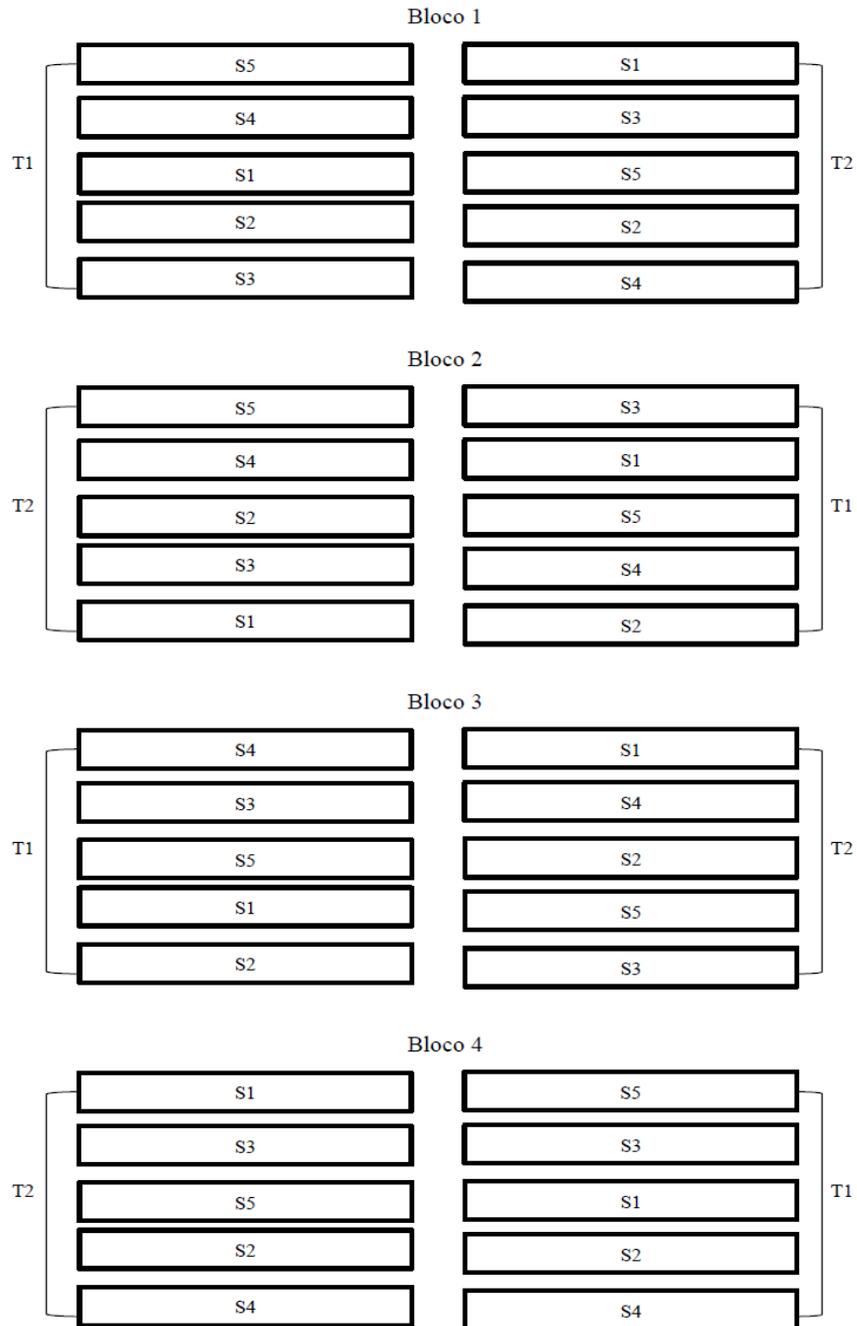
O experimento foi conduzido em sistema hidropônico tipo NFT com os tratamentos distribuídos em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2), sendo cinco níveis de salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva, ( $S_1= 0,6$ ;  $S_2= 1,6$ ;  $S_3= 2,6$ ;  $S_4= 3,6$  e  $S_5= 4,6$   $dS\ m^{-1}$ ), sendo estes níveis obtidos mediante a adição de NaCl a água de abastecimento ( $0,6$   $dS\ m^{-1}$ ) e dois tempos de circulação da solução nutritiva ( $T_1= 10$  e  $T_2= 15$  minutos) com 4 repetições, constituindo-se assim 40 parcelas experimentais (Figura 5 e Figura 6).

Figura 5- Visão do experimento aos 15 DAS no ciclo 1.



Fonte: Autor

Figura 6 - Delineamento das parcelas experimentais.



Fonte: Autor

### 3.6 Preparo da solução nutritiva

Após a obtenção de cada um dos níveis de salinidade da água a serem avaliados, foram acrescentados os macro e os micronutrientes para o preparo da solução nutritiva, conforme a recomendação de Furlani (1998) (Tabela 1).

Tabela 1- Quantidade de fertilizantes e a respectiva concentração de nutrientes para o preparo de 1000L de solução nutritiva para cultivo hidropônico de culturas folhosas.

Fertilizante	(g 1000 L <sup>-1</sup> )
Nitrato de Cálcio	750,0
Nitrato de Potássio	500,0
MAP	150,0
Sulfato de Magnésio	400,0
Sulfato de Cobre	0,15
Sulfato de Zinco	0,3
Sulfato de Manganês	1,5
Ácido Bórico	1,8
Molibdato de Sódio	0,15
Fe-EDTA - 13% Fe	16,0

Fonte: Furlani (1998).

### 3.7 Preparo das mudas

Foram utilizadas sementes de agrião d'água variedade folha larga. Os semeios foram realizados nos dias 08/12/2018 (primeiro ciclo) e 05/01/2019 (segundo ciclo) em bandejas contendo substrato de fibra de coco. Após a germinação aos 8 dias após a semeadura (DAS) as mudas receberam solução nutritiva recomendada por Furlani, (1998) diluída em 50%. Aos 10 DAS, foi realizado o desbaste, ficando uma plântula por célula. Aos 30 DAS às mudas foram transplantadas para os perfis hidropônicos onde se deu início os tratamentos. As colheitas foram realizadas nos dias 28/01/2019 (primeiro ciclo) e 03/03/2019 (segundo ciclo), completando um ciclo de 50 dias (ciclo 1) e 55 dias (ciclo 2).

Figura 7- Mudas da cultura do agrião.



Fonte: Autor

### **3.8 Variáveis analisadas**

#### ***3.8.1 Monitoramento da solução nutritiva***

Foram realizadas durante os ciclos da cultura do agrião d'água folha larga leituras de condutividade elétrica e pH da solução nutritiva em dias alternados com auxílio de condutivímetro e pHmetro digital. Não foi realizado correção de pH para a faixa de 5,5 – 6,5, simulando as condições de campo onde o agricultor não disponibiliza de materiais para fazer o ajuste (DANTAS, 2012).

#### ***3.8.2 Avaliação de crescimento e produção da cultura***

Aos 6, 10, 14, 20 e 25 dias após o transplântio (DAT) foram avaliadas as seguintes características de crescimento: número de folhas por planta, altura da planta (cm),

comprimento da raiz, sendo esta realizada com uso de uma régua métrica graduada e diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro digital.

Aos 20 DAT (Ciclo 1) e 25 DAT (Ciclo 2), foi realizada a colheita, sendo as plantas pesadas com o auxílio de uma balança digital de precisão (0,01g), obtendo-se a massa fresca da parte aérea (MFPA) e raiz (MFR). Posteriormente, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e postas para secagem em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 65°C durante até a obtenção de peso constante, sendo assim obtida a massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) após pesagem em balança digital.

A área foliar ( $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) foi determinada por meio de medidor de área foliar da marca LI-COR, modelo 3100C após a colheita de cada ciclo de produção.

Foi calculado o teor de umidade (U) pela parte aérea da planta por meio da equação 1:

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

Em que:

U - Teor de umidade da parte aérea da planta (%);

MFPA - Massa fresca da parte aérea da planta (g);

MSPA – Massa seca da parte aérea da planta (g).

### **3.9 Análises Fisiológicas**

#### **3.9.1 Índice SPAD**

Aos 17 DAT foram realizadas leituras com o medidor de clorofila SPAD em pontos diferentes da folha da planta. As leituras foram logo no período da manhã, horas mais frias do dia (Figura 8).

Figura 8- Análise de clorofila com o equipamento SPAD.



Fonte: Autor

### 3.9.2 Trocas gasosas

Aos 20 DAT foram realizadas medições de trocas gasosas, nesse período as plantas já estavam bem desenvolvidas. Em folhas completamente expandidas foram determinadas a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E), utilizando medidor portátil de fotossíntese (modelo LI6400XR, Licor, USA) (Figura 9).

Figura 9- Avaliação das trocas gasosas de plantas de agrião utilizando-se um analisador de gás no infravermelho.



Fonte: Autor

### 3.9.3 Prolina

Foram coletadas no final do experimento amostras da parte aérea de agrião para análise de prolina. As plantas foram identificadas e coletadas em papel alumínio em seguida colocadas dentro do nitrogênio líquido para serem congeladas e em seguida armazenadas em freezer. Para a determinação da prolina foi preparado um extrato a base a partir do pó liofilizado dos tecidos foliares da parte aérea das plantas. Para a preparação desse extrato, 100 mg do material foi colocado em tubo de ensaio com tampa rosqueável, depois adicionado 10 mL de água deionizada e mantidos em banho-maria a 45°C durante 1 h, com agitações a cada 15 minutos. Posteriormente, o extrato foi filtrado e armazenado no freezer até sua utilização.

A prolina foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Bates, Waldren e Teare (1973), onde em tubos de ensaio com tampas rosqueáveis foi adicionado 1 mL do extrato convenientemente diluído, 1 mL de ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. Depois os tubos foram fechados, agitados vigorosamente em agitador de tubos de ensaio e colocados em banho-maria por 1 h a 100°C. Após 1 h a reação foi interrompida resfriando-se os tubos em banho de gelo e posteriormente adicionou-se 2 mL de tolueno aos mesmos, agitando-os novamente. Na sequência, formou-se uma mistura bifásica, com auxílio de uma pipeta de Pasteur foi aspirada a fase menos densa (cromóforo) e colocada em uma cubeta de quartzo. A quantificação da prolina foi realizada em espectrofotômetro através das leituras de absorvância à 520 nm, tendo como “branco” um tubo de ensaio contendo tolueno.

Os cálculos da concentração de prolina foram feitos usando como referência a equação obtida para a curva padrão feita com L-prolina e a concentração expressa em  $\mu\text{mol prolina g}^{-1}$  de matéria seca.

### 3.10 Análise estatística

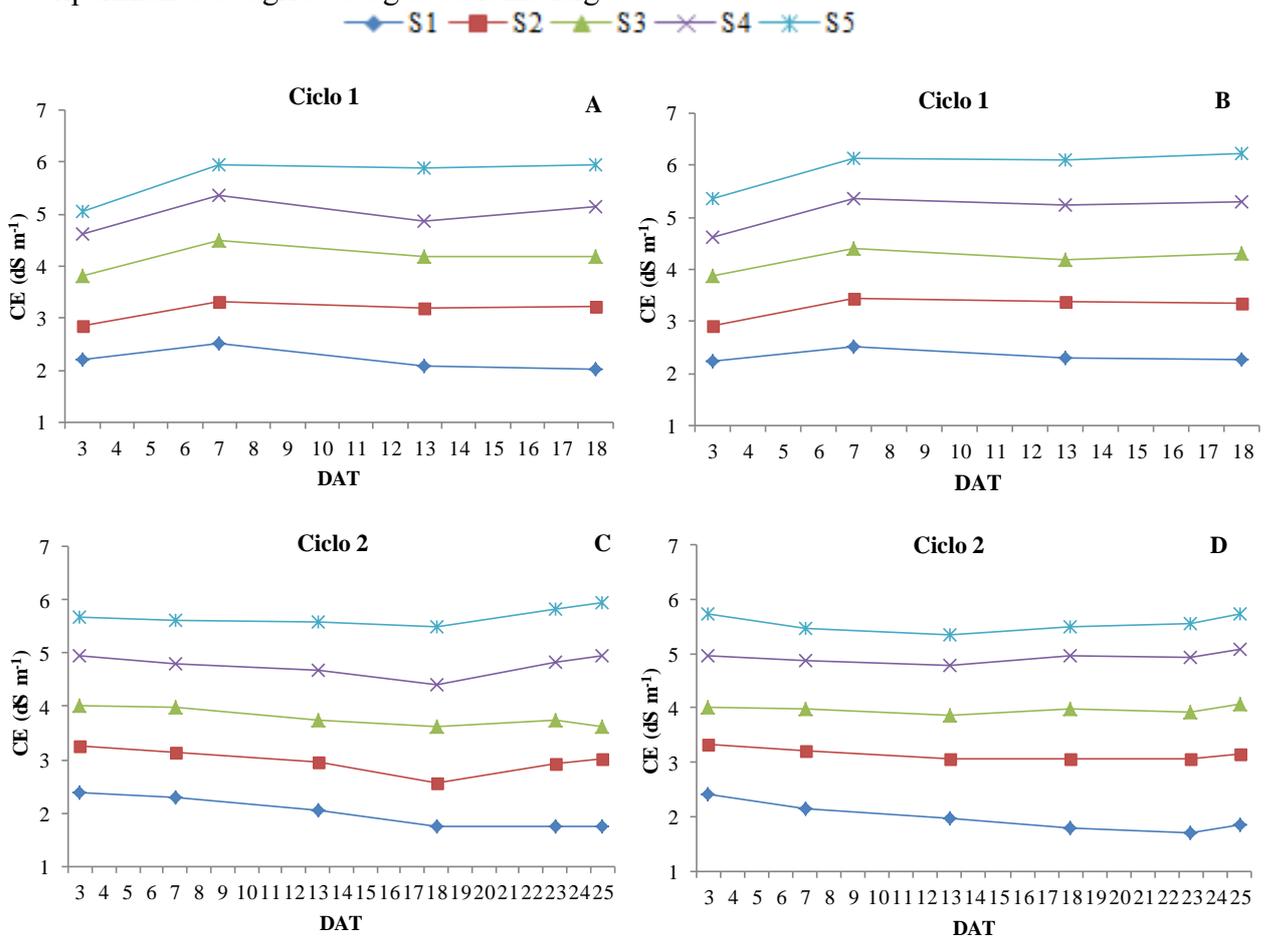
Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e, posteriormente, a análise de variância (Teste F), quando constatados efeitos significativos, foram submetidos à análise de regressão para dados quantitativos e teste t (Fisher) quando qualitativos a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa SISVAR, versão 5.3.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Monitoramento de CE e pH

Durante os dois ciclos da cultura do agrião foi realizado o monitoramento de CE e pH podendo ser observados nas Figuras 10 e 11. Nota-se que a CEa da solução nutritiva no ciclo 1 não apresentou muita diferença, isso quando comparado os dois intervalos de tempo (T1 e T2). Já no ciclo 2 os valores de CE apresentaram um comportamento diferente do ciclo anterior, mas que os intervalos de tempo nos resultados apresentados estão quase similares.

Figura 10- Valores médios de Condutividade elétrica da solução nutritiva em dois intervalos de tempo de circulação (A e C) T1 e (B e D) T2 no ciclo 1 e ciclo 2 do experimento de agrião d' água de folha larga.



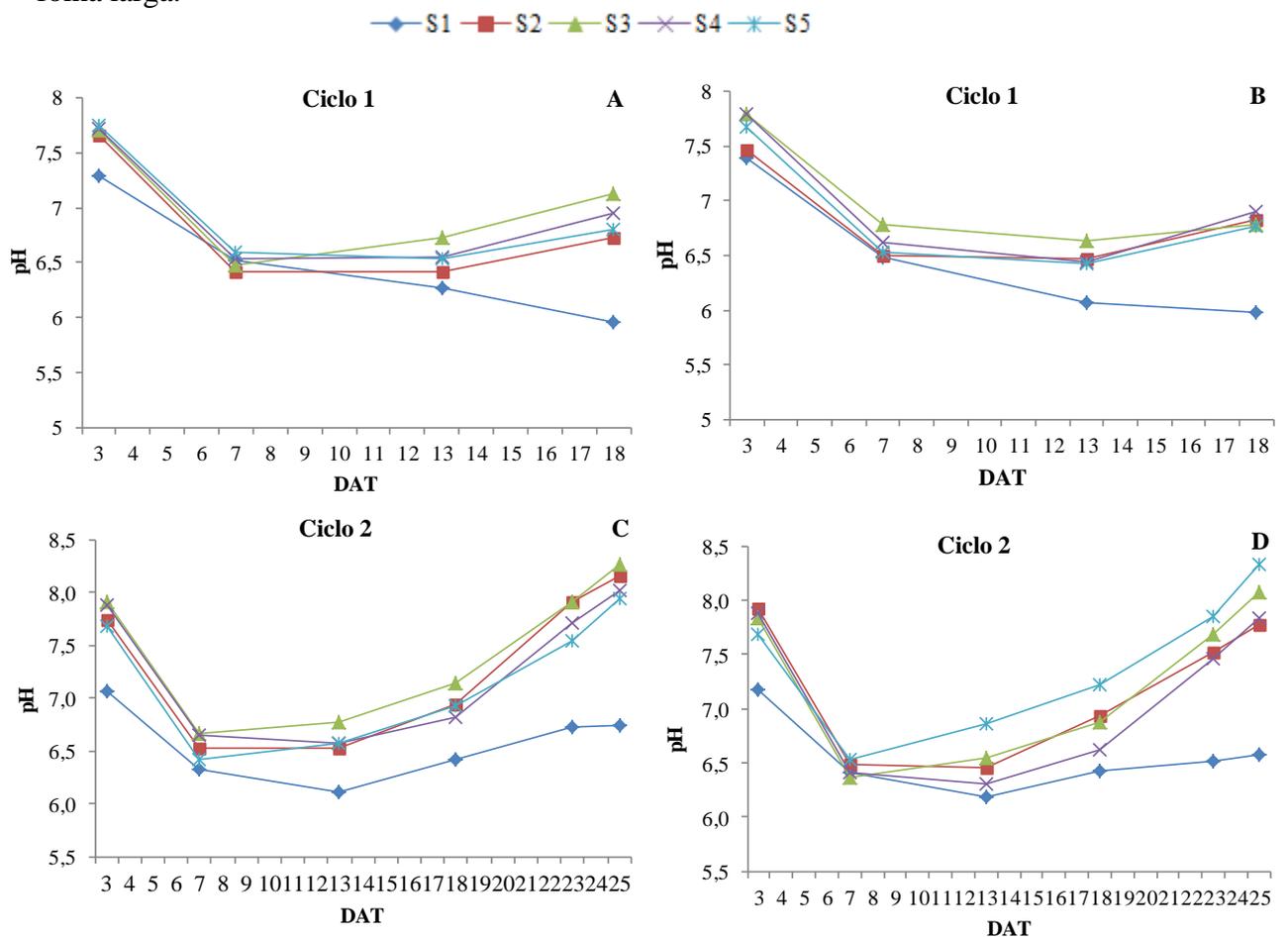
Vale salientar que não foi feita reposição com solução nutritiva devido à disponibilidade da mesma e o consumo de nutrientes pelas plantas serem mínimos, podendo suprir a necessidades das plantas ao longo dos ciclos. A reposição foi realizada com águas salinas de acordo com cada nível de CEa, com isso apresentando aumento nos níveis de

salinidade. Alves *et al.* (2011) também realizaram a reposição com água salina, quando estudaram a produção da alface em sistema NFT observando que a mesma alterava a salinidade do meio.

Apenas na água de abastecimento, (CEa  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ), apresentou um decréscimo da salinidade ao longo dos ciclos da cultura, resultados similares também foram encontrados por Lira *et al.* (2018) utilizando águas desse tipo na reposição da cultura do agrião observando que a medida que a cultura consumia os nutrientes necessário para se desenvolver havia uma redução da salinidade. A condutividade elétrica com água de menor salinidade apresentou redução da salinidade da solução nutritiva, em decorrência do consumo de nutrientes, que foi superior ao acúmulo de sais dissolvidos na água (PAULUS *et al.*, 2012).

Com relação ao pH (Figura 11), o mesmo apresentou bastante variação nos dois ciclos. Inicialmente todos os tratamentos apresentaram valores de pH acima da faixa de 5,5 – 6,5, depois foram ficando na faixa ideal.

Figura 11- Valores médios de pH da solução nutritiva em dois intervalos de tempo de circulação (A e C) T1 e (B e D) T2 no ciclo 1 e ciclo 2 do experimento de agrião d' água de folha larga.



O ciclo 1 foi (Figura 11A e 11B) o que apresentou melhores resultados de pH, isso pode ter sido influenciado pela temperatura da solução nutritiva, pois foi observado que quando a temperatura da solução estava a 27°C ou menor que esse valor, de acordo com cada tratamento o pH apresentava uma redução. No ciclo 2 é notável que apenas o S1 manteve-se na faixa normal, exceto para a primeira avaliação. Ainda no ciclo 2 o que ocasionou aumento do pH foi a reposição com água salobra.

Soares *et al.* (2016) avaliando os efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral da alface americana cv. Tainá em sistema hidropônico Nutrient Film Technique (NFT) utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva, observaram que o pH teve aumento provavelmente devido ao consumo de nutrientes pela cultura e que à alcalinidade foi em consequência do desequilíbrio de cátions e ânions na solução nutritiva, devido à diferença inerente na absorção desses íons pelas plantas.

Conforme Furlani *et al.* (1999), o pH variando de 4,5 – 7,5 não influencia no desenvolvimento das plantas em hidroponia, no entanto, em condições de acidez abaixo de 4 podem ocorrer dano na membrana das células e em situações de alcalinidade acima de 8 podem haver deficiência de alguns nutrientes nas plantas.

#### 4.2 Crescimento da cultura do agrião ao longo dos dois ciclos

Verifica-se, por meio da Tabela 2, que as variáveis altura de plantas (AP) e número de folhas (NF) foram significativamente afetadas pelo fator salinidade em ambos os ciclos de cultivo avaliados. Com relação ao fator tempo, apenas a variável NF sofreu efeito significativo dos tratamentos aos 20 DAT no ciclo 1 e aos 25 DAT no ciclo 2. Para a interação salinidade x tempo, observou-se influência dos fatores aos 20 DAT para a variável AP no ciclo 1 e para a variável NF nos dois ciclos estudados.

Tabela 2- Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento altura de plantas (AP) e número de folhas (NF) na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva, em dois ciclos de cultivo.

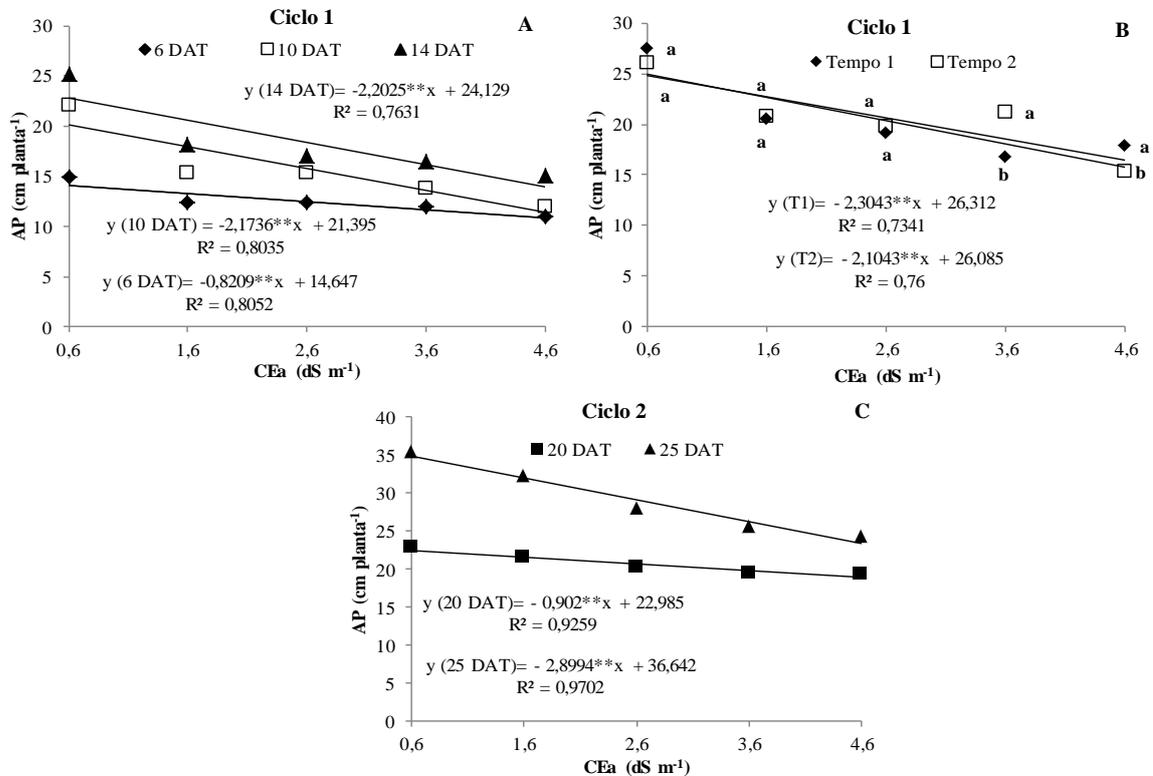
FV	GL	Quadrado Médio				
		AP				
		6 DAT	10 DAT	14 DAT	20 DAT	25 DAT
Ciclo 1						
Bloco	3	0,17 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	2,06 <sup>ns</sup>	9,17 <sup>ns</sup>	-
Salinidade	4	16,73 <sup>**</sup>	117,60 <sup>**</sup>	127,13 <sup>**</sup>	116,11 <sup>**</sup>	-

Tempo	1	1,59 <sup>ns</sup>	2,1 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	-
Salinidade*Tempo	4	0,47 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	7,26 <sup>ns</sup>	14,47 <sup>**</sup>	-
Resíduo	27	0,85	1,94	2,69	2,98	-
CV (%)		7,40	8,85	8,93	8,45	-
Ciclo 2						
Bloco	3	0,35 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	5,39 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	5,55 <sup>ns</sup>	3,19 <sup>ns</sup>	7,95 <sup>ns</sup>	17,57 <sup>**</sup>	173,29 <sup>**</sup>
Tempo	1	1,1 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>ns</sup>	7,78 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	1,08 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	2,60 <sup>ns</sup>	3,82 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,62	1,56	4,00	2,45	4,58
CV (%)		8,46	9,91	13,34	7,60	7,36
NF						
Ciclo 1						
Bloco	3	1,08 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	19,16 <sup>ns</sup>	-
Salinidade	4	5,92 <sup>**</sup>	5,27 <sup>*</sup>	31,89 <sup>**</sup>	1117,39 <sup>**</sup>	-
Tempo	1	1,6 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	87,52 <sup>*</sup>	-
Salinidade*Tempo	4	0,77 <sup>ns</sup>	1,78 <sup>ns</sup>	3,75 <sup>ns</sup>	82,39 <sup>**</sup>	-
Resíduo	27	0,52	1,06	3,06	14,99	-
CV (%)		6,34	8,26	11,34	9,28	-
Ciclo 2						
Bloco	3	1,14 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	44,17 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,96 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	450,23 <sup>**</sup>	1387,64 <sup>**</sup>
Tempo	1	0,42 <sup>ns</sup>	5,25 <sup>*</sup>	3,30 <sup>ns</sup>	72,63 <sup>**</sup>	459 <sup>*</sup>
Salinidade*Tempo	4	0,36 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	37,24 <sup>**</sup>	112,99 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	1,09	0,87	1,33	5,54	65,69
CV (%)		9,80	7,95	8,06	8,00	11,34

FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; AP - Altura da planta; NF - Número de folhas; <sup>ns</sup> - Não significativo, \*\*, \* - Significativo a 1% e 5% pelo teste F.

Na Figura 12 pode ser observado a análise de regressão do efeito isolado da salinidade sobre a variável altura de plantas em cada uma das épocas de avaliação do ciclo 1 (6; 10 e 14 DAT) e do ciclo 2 (6; 20 e 25 DAT) e, também, o efeito da interação salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva no ciclo 1 (20 DAT) para a cultura do agrião ao longo dos dois ciclos de cultivo.

Figura 12- Análise de regressão aplicada à altura da planta (A; B) ciclo 1 e (C) ciclo 2 na cultura do agrião d' água folha larga na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva.



Observa-se no ciclo 1 que a AP (Figura 12A) aos 6, 10 e 14 DAT foi influenciada negativamente de forma linear, com redução de 0,8209, 2,1736 e 2,2025 cm planta<sup>-1</sup> para cada incremento unitário da CEa.

O modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados para a interação salinidade da água x tempo de circulação da solução nutritiva (Figura 12B). No entanto, a altura da planta teve uma redução de 2,3043 cm planta<sup>-1</sup> no tempo 1 e 2,1043 cm planta<sup>-1</sup> no tempo 2 a cada incremento unitário da CEa. O teste de comparação de médias entre os tempos de circulação para as diferentes salinidade evidencia que houve diferença estatística na salinidade 3,6 dS m<sup>-1</sup> com maior média no tempo 2 e na CEa de 4,6 dS m<sup>-1</sup> com maior média no tempo 1.

Para o ciclo 2 (Figura 12C), os modelos de regressão ajustados aos 20 e 25 DAT foram o linear com decréscimo de 0,902 e 2,899 cm planta<sup>-1</sup> para cada aumento unitário da CEa respectivamente.

Estes resultados corroboram com Souza Neta *et al.* (2013) que avaliando o efeito da salinidade da solução nutritiva sobre a produção de rúcula, cultivada em diferentes substratos, verificaram redução de aproximadamente 0,686 cm na variável altura da planta, decorrente do aumento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva. Tais resultados

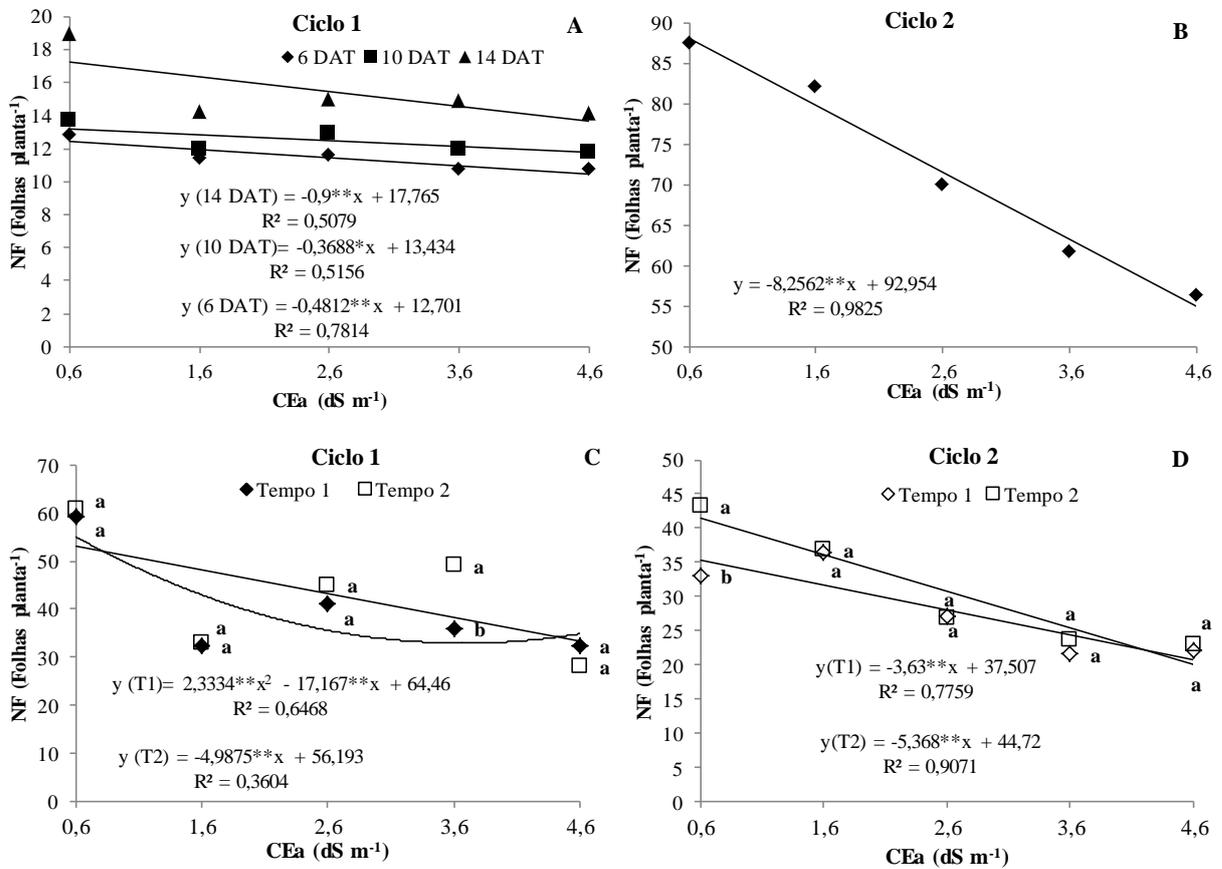
se assemelham aos encontrados nesse experimento, onde a CEa influenciou no crescimento da AP de agrião nos ciclos de cultivo.

Resultados semelhantes, também foram encontrados por Mahjoor *et al.* (2016), que avaliando a interação da salinidade da água e do meio de crescimento hidropônico sobre o rendimento da berinjela observaram que a variável altura de planta foi reduzida significativamente com o aumento dos níveis de salinidade da água. Da mesma forma, Kiremit *et al.* (2016) avaliando os efeitos da salinidade na cultura do alho constataram que a altura de planta sofreu redução devido ao aumento das concentrações de sais na água.

A partir das análises de regressão para o número das folhas (Figura 13) observou-se que para efeito isolado da salinidade, o modelo linear foi o que melhor ajustou os dados (Figura 13A) ciclo 1 e (Figura 13B) ciclo 2 e para a interação salinidade da água versus tempo de circulação da solução nutritiva, verificou-se que o modelo quadrático e linear foram os mais adequados (Figura 14C) para o primeiro ciclo e segundo ciclo (Figura 13D). E também houve efeito isolado do fator tempo para as épocas 10 e 25 DAT no segundo ciclo de cultivo (Figura 13).

Para a variável NF, nas diferentes épocas avaliadas no ciclo 1 (Figura 13A) o ajuste foi linear com redução de 0,4812 folhas plantas<sup>-1</sup> aos 6 DAT, 0,3688 folhas plantas<sup>-1</sup> aos 10 DAT e 0,9 folhas plantas<sup>-1</sup> aos 14 DAT para cada incremento unitário de CEa. No ciclo 2 aos 25 DAT (Figura 13B) o modelo de regressão que melhor ajustou os dados foi linear decrescente com redução de 8,2562 folhas plantas<sup>-1</sup> quando se aumentou unitariamente a CEa.

Figura 13- Número de folhas em função do efeito isolado da salinidade (A e B) e interação da salinidade e tempo de circulação da solução nutritiva (C e D) na cultura do agrião nos dois ciclos de cultivo.



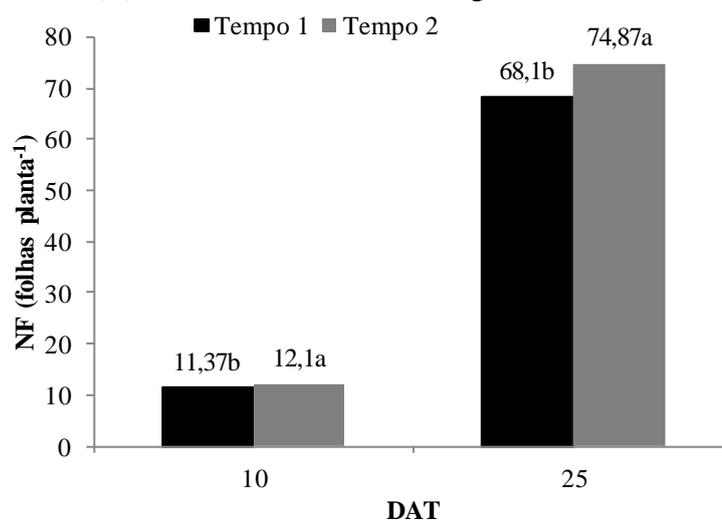
Essa redução no número de folhas do agrião pode ter sido influenciada pela dificuldade de absorção de águas pelas plantas devido a mesmas estarem sofrendo estresse salino com o aumento da CEa da solução nutritiva. A diminuição do número de folhas em condições de estresse salino é uma adaptação das plantas para manter a absorção de água, sendo consequência de alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, refletindo-se na perda de transpiração para manter a absorção de água (FERNANDES *et al.*, 2018).

Observou-se para o ciclo 1 (Figura 13C) um ajustamento melhor para o modelo quadrático para a interação da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva com menores valores observados para CEa de 4,6 dS m<sup>-1</sup> isso para o tempo 1; no tempo 2 verificou-se um modelo linear com decréscimo de 4,9875 folhas planta<sup>-1</sup> com o aumento unitário da CEa. Comparando os dois tempos observou-se que apenas na salinidade 3,6 dS m<sup>-1</sup> houve diferença na média do número de folhas, sendo que a maior média foi no tempo 2 (15 min). Redução no número de folhas também foram encontrados por Moraes *et al.* (2014) na cultura da alface ao utilizarem água de rejeito, onde observaram que até a salinidade 3,6 dS m<sup>-1</sup> a cultura teve um bom rendimento.

No ciclo 2 (Figura 13D) observou-se um efeito linear para a interação da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva com decréscimo de 3,63 folhas planta<sup>-1</sup> no tempo 1, 5,368 no tempo 2 a cada incremento unitário da CEa. Os resultados mostraram que os dois tempos apresentam resultados similares, a única diferença é comparando as médias do número de folhas na salinidade 0,6 dS m<sup>-1</sup> a maior média foi no tempo 2 (15 minutos), demais níveis de sais não promoveram diferença.

Observa-se na (Figura 14) que os valores médios do número de folhas no ciclo 2 aos 10, 20 DAT em função dos tempos de circulação da solução nutritiva. Verifica-se que a utilização do tempo de 15 minutos (T2) de circulação da solução nutritiva proporcionou maior crescimento em número de folhas (média de 12,1 e 74,87). Isso pode ter ocorrido devido o tempo de circulação ser maior.

Figura 14 - Efeito isolado do tempo para número de folhas aos 10 e 25 DAT (C) no ciclo 2 da cultura do agrião.



De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 3, verifica-se que para as épocas de avaliação o diâmetro do caule apresentou efeito significativo pela salinidade aos 14 e 20 DAT no ciclo 1, aos 14, 20 e 25 DAT no ciclo 2. Para o fator tempo houve efeito significativo no ciclo 2 aos 14 DAT. Com relação ao comprimento da raiz, no ciclo 1 foi influenciado pelos fatores isolados aos 10 e 14 DAT e pela interação aos 14 DAT. No ciclo 2 houve efeito isolado para a salinidade em todas as épocas de avaliação, exceto aos 6 e 20 DAT.

Tabela 3- Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento diâmetro do caule (DC) e comprimento da raiz (CR) na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva, em dois ciclos de cultivo.

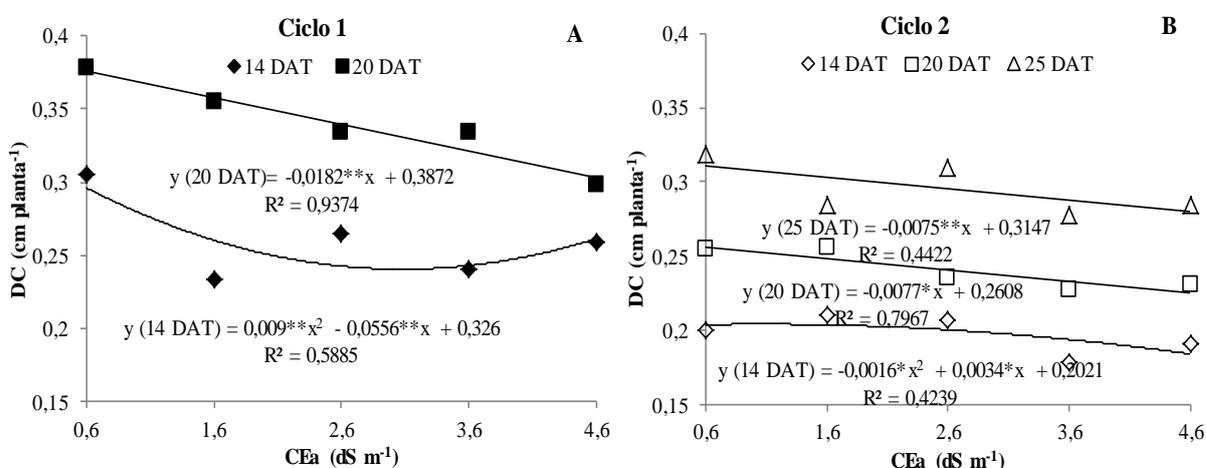
FV	GL	Quadrado Médio				
		DC				
		6 DAT	10 DAT	14 DAT	20 DAT	25 DAT
Ciclo 1						
Bloco	3	0,00043 <sup>ns</sup>	0,00012 <sup>ns</sup>	0,00015 <sup>ns</sup>	0,00144 <sup>ns</sup>	-
Salinidade	4	0,00031 <sup>ns</sup>	0,00033 <sup>ns</sup>	0,0062 <sup>**</sup>	0,00730 <sup>**</sup>	-
Tempo	1	0,00081 <sup>ns</sup>	0,00016 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,00100 <sup>ns</sup>	-
Salinidade*Tempo	4	0,00024 <sup>ns</sup>	0,00041 <sup>ns</sup>	0,00045 <sup>ns</sup>	0,00094 <sup>ns</sup>	-
Resíduo	27	0,00020	0,00044	0,00065	0,00090	-
CV (%)		7,86	9,65	9,81	8,85	-
Ciclo 2						
Bloco	3	0,00032 <sup>ns</sup>	0,000143 <sup>ns</sup>	0,000203 <sup>ns</sup>	0,00031 <sup>ns</sup>	0,00056 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,00029 <sup>ns</sup>	0,000794 <sup>ns</sup>	0,001341 <sup>*</sup>	0,00140 <sup>*</sup>	0,00247 <sup>**</sup>
Tempo	1	0,00001 <sup>ns</sup>	0,000360 <sup>ns</sup>	0,002103 <sup>*</sup>	0,00081 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	0,00007 <sup>ns</sup>	0,000016 <sup>ns</sup>	0,000284 <sup>ns</sup>	0,00074 <sup>ns</sup>	0,00095 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,00015	0,000153	0,00034	0,00045	0,00037
CV (%)		9,80	7,37	9,42	8,79	6,57
CR						
Ciclo 1						
Bloco	3	0,22 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,067 <sup>ns</sup>	0,034 <sup>ns</sup>	-
Salinidade	4	1,86 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>*</sup>	2,28 <sup>**</sup>	4,19 <sup>ns</sup>	-
Tempo	1	0,034 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>*</sup>	0,087 <sup>ns</sup>	-
Salinidade*Tempo	4	1,28 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>**</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	-
Resíduo	27	0,15	0,12	0,18	0,25	-
CV (%)		7,66	6,18	6,90	7,36	-
Ciclo 2						
Bloco	3	0,21 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,49 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>**</sup>	0,69 <sup>**</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	10,99 <sup>**</sup>
Tempo	1	0,012 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	0,11 <sup>ns</sup>	0,21	0,14 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	0,08	0,10	0,11	0,22	0,56
CV (%)		9,30	9,01	8,89	11,27	11,75

FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; DC - Diâmetro do caule; CR - Comprimento da raiz; <sup>ns</sup> - Não significativo, \*\*, \* - Significativo a 1% e 5% pelo teste F.

Verificou-se que para o diâmetro do caule no primeiro ciclo (Figura 15A) o modelo que melhor ajustou os dados foi quadrático (14 DAT) com menos valores observados

na CEa 1,6 dS m<sup>-1</sup> e linear (20 DAT) com redução de 0,9374 cm planta<sup>-1</sup> para cada incremento unitário da CEa. No ciclo 2 (Figura 15B) aos 14 DAT o modelo de regressão de melhor ajuste foi o quadrático com máximo crescimento de 0,20 cm planta<sup>-1</sup> na salinidade 0,6 dS m<sup>-1</sup> apresentando decréscimo de 10% em relação a CEa de 3,6 dS m<sup>-1</sup>. Aos 20 e 25 DAT observou-se que houve efeito linear decrescente com redução de 0,7967 e 0,4422 cm planta<sup>-1</sup> em decorrência ao incremento unitário da CEa.

Figura 15- Diâmetro do caule em função do efeito isolado da salinidade da água (A) ciclo 1 e (B) ciclo 2 da cultura do agrião.



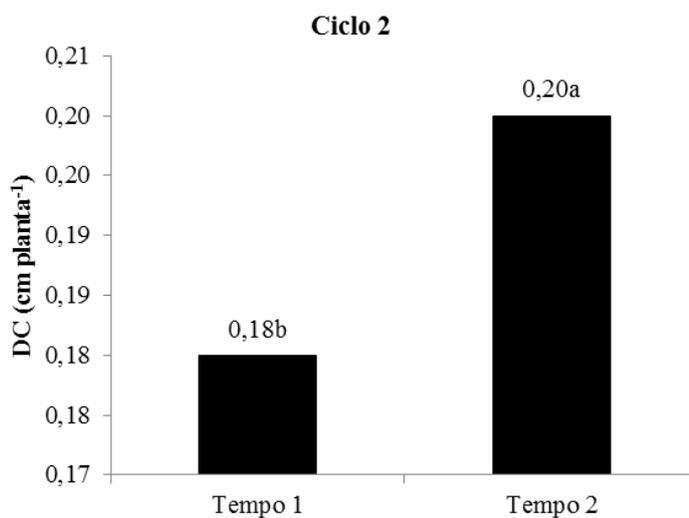
A redução dos valores de diâmetro do caule pode ter sido devido ao excesso de sais, dificultando a absorção de água e nutrientes pela planta, assim contribuindo para o decréscimo de crescimento. Santos *et al.* (2010b) estudando o efeito da salinidade no desenvolvimento da alface em sistema hidropônico, encontraram redução linear com o aumento da salinidade.

Redução no DC também foram encontrados por Albuquerque *et al.* (2016) avaliando o crescimento e a tolerância do pepino sob estresse salino, estes autores verificaram que a salinidade influenciou no diâmetro do caule da cultura sofrendo redução de acordo com o aumento nas concentrações de sais, por Lima *et al.* (2015) também observaram que o DC da cultura de berinjela foi afetada negativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. Tal redução pode ser causada devido as altas concentrações de sais interagem negativamente na fisiologia das plantas por promover interações iônicas, osmóticas e nutricionais deletérias às plantas, afetando o seu crescimento e acúmulo de biomassa das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Observa-se na (Figura 16) o valor médio do diâmetro do caule no ciclo 2 aos 14 DAT em função dos tempos de circulação da solução nutritiva. Verifica-se que a utilização do

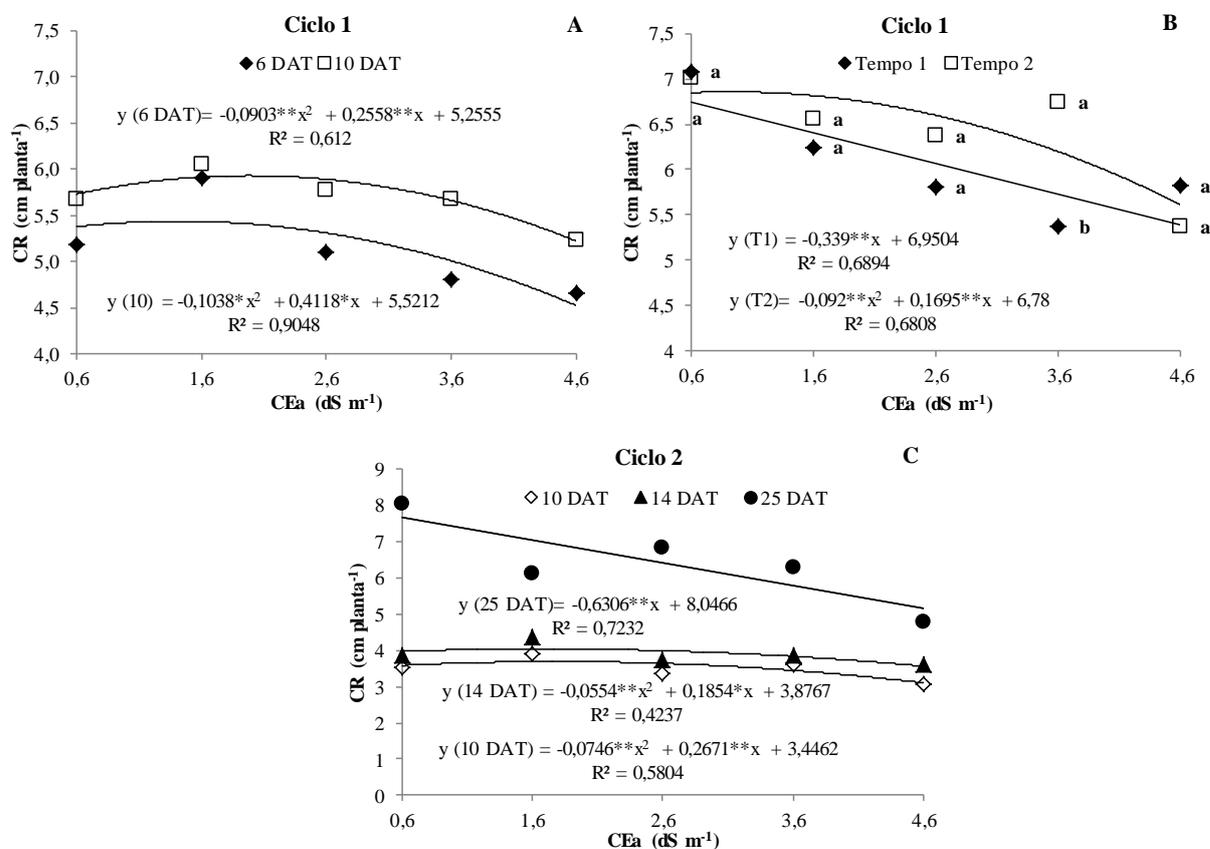
tempo de 15 minutos (T2) de circulação da solução nutritiva proporcionou maior crescimento em diâmetro do caule (média de 0,20). Esse comportamento pode ter ocorrido devido o tempo de circulação ser maior.

Figura 16- Diâmetro do caule em função do efeito isolado do tempo de circulação da solução nutritiva no ciclo 2 da cultura do agrião.



A partir das análises de regressão para o comprimento da raiz, observou-se que o modelo quadrático e linear foram o que melhor ajustaram-se os dados para efeito isolado da salinidade nas épocas de avaliação e interação salinidade e tempo do primeiro ciclo (6 e 10 DAT) e segundo ciclo (10,14 e 25 DAT) (Figura 17).

Figura 17- Comprimento da raiz em função do efeito isolado da salinidade (A e C) no ciclo 1 e interação da salinidade e tempo de circulação da solução nutritiva (B) no ciclo 2 na cultura do agrião.



O máximo crescimento do CR no primeiro ciclo aos 6 DAT foi de 5,36 cm planta<sup>-1</sup> para a CEa de 1,41 dS m<sup>-1</sup> com decréscimo de 13,25% e aos 10 DAT foi de 5,92 cm planta<sup>-1</sup> para a CEa de 2,00 dS m<sup>-1</sup> equivalente ao decréscimo de 12% em relação a CEa de 4,6 dS m<sup>-1</sup> (Figura 17A). Aos 14 DAT (Figura 17B) do ciclo 1 houve interação entre a salinidade da água e tempo de circulação nutritiva, para o tempo 1 houve uma redução linear de 0,339 cm planta<sup>-1</sup> a cada incremento unitário da CEa, entretanto no tempo 2 o valor máximo encontrado foi de 6,85 cm planta<sup>-1</sup> na CEa de 0,92 dS m<sup>-1</sup> com decréscimo de 21,61% em relação a CEa de 4,6 dS m<sup>-1</sup>. Comparando os tempos é notável que só houve diferença na salinidade 3,6 dS m<sup>-1</sup> e o maior valor foi encontrando no tempo 2 (15 min).

No ciclo 2 aos 10 e 14 DAT (Figura 17C), as CEa que aumentaram os valores do CR foram 1,8 e 1,67 dS m<sup>-1</sup> obtendo comprimentos de 3,68 e 4,03 cm planta<sup>-1</sup> apresentando redução de 17% e 11% para a maior CEa. Aos 25 DAT observa-se que na medida em que ocorre aumento da salinidade da água ocorreu uma redução linear de 0,6306 cm planta<sup>-1</sup> por incremento unitário da CEa. De acordo com Mohammad *et al.* (1998), o incremento da salinidade é acompanhado do decréscimo no comprimento das raízes, fato observado nos

resultados desse trabalho. Santos *et al.* (2016) também encontraram resultados onde o comprimento da raiz da beterraba foi afetado negativamente com o aumento da salinidade.

### 4.3 Produção da cultura do agrião ao longo de dois ciclos

De acordo com análise de variância (Tabela 4), houve efeito significativo do fator salinidade da água para todas variáveis em ambos os ciclos ( $p < 0,05$ ). Houve interação significativa entre os tratamentos salinidade x tempo para área foliar e massa fresca da parte aérea no ciclo 1 e massa seca da parte aérea nos dois ciclos.

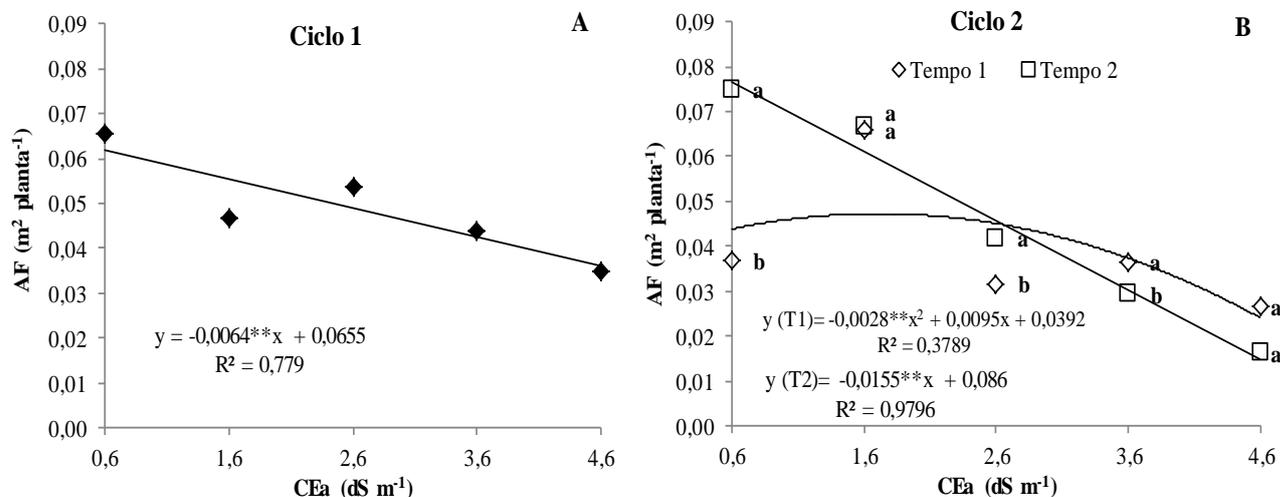
Tabela 4- Resumo da análise de variância para as variáveis, área foliar (AF), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva, em dois ciclos de cultivo.

FV	GL	AF	MFR	MSR	MFPA	MSPA
Ciclo 1						
Bloco	3	0,000049 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,00105 <sup>**</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,062 <sup>**</sup>	652,92 <sup>**</sup>	10,99 <sup>**</sup>
Tempo	1	0,000023 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,193 <sup>**</sup>	31,38 <sup>**</sup>	0,032 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	0,00015 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	0,077 <sup>**</sup>	15,29 <sup>**</sup>	0,34 <sup>*</sup>
Resíduo	27	0,00011	0,92	0,05	2,14	0,10
CV (%)		22,36	18,23	10,84	7,36	11,33
Ciclo 2						
Bloco	3	0,000224 <sup>*</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	3,63 <sup>ns</sup>	0,078 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	0,002618 <sup>**</sup>	17,74 <sup>**</sup>	0,037 <sup>ns</sup>	681,12 <sup>**</sup>	10,27 <sup>**</sup>
Tempo	1	0,000397 <sup>*</sup>	0,057 <sup>ns</sup>	0,193 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	0,000759 <sup>**</sup>	0,98 <sup>*</sup>	0,046 <sup>ns</sup>	32,48 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>**</sup>
Resíduo	27	0,000061	0,24	0,016	14,05	0,64
CV (%)		18,26	7,57	21,70	14,86	7,50

FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; AF - Área foliar; MFR - Massa fresca da raiz; MSR - Massa seca da raiz; MFPA - Massa fresca da parte aérea; MSPA - Massa seca da parte aérea; <sup>ns</sup> - Não significativo, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> - Significativo a 1% e 5% pelo teste F.

Na Figura 18A observou-se efeito isolado da salinidade da água para área foliar no ciclo 1, no qual, o modelo linear foi o que melhor se adequou para essa variável, com redução de  $0,0064 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  para cada incremento unitário da CEa. Tais resultados mostram que elevadas concentrações de sais influenciam na área foliar das plantas de agrião.

Figura 18- Área foliar do agrião em função da salinidade da água no ciclo 1 (A) e interação da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva no ciclo 2 (B).



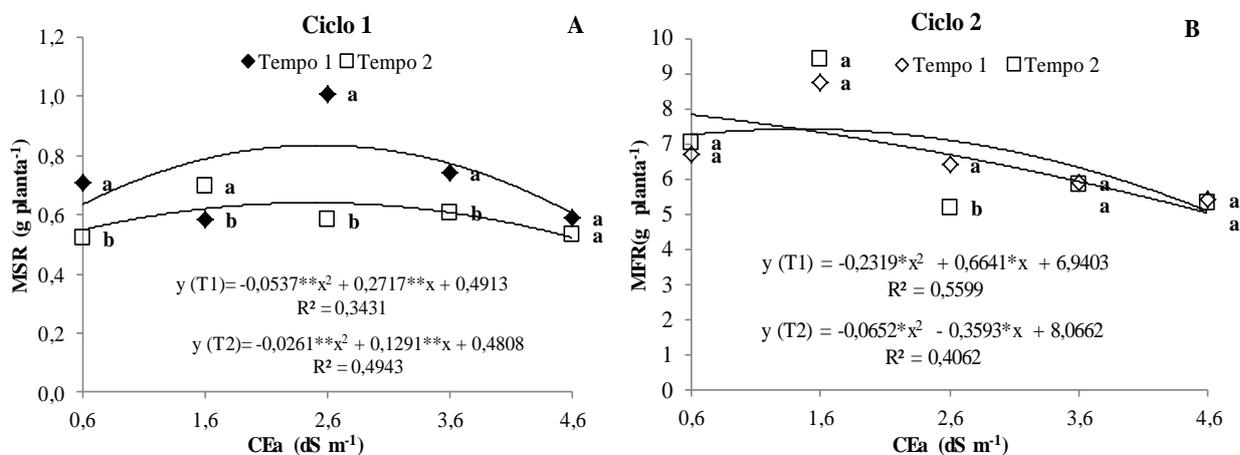
No ciclo 2 (Figura 18B), verificou-se um modelo linear (Tempo 2) e quadrático (Tempo 1) para a interação da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva. Para o tempo 1, o maior valor de área foliar foi de  $0,047 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  na CEa de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  apresentando decréscimo de 43,41% em relação a CEa de  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Entretanto, no tempo 2 verificou-se um modelo linear com redução de  $0,0155 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  a cada incremento da CEa. Comparando os dois tempos por meio do teste de média pode ser observado que houve diferença para as salinidades 0,6; 2,6 e  $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ , com maiores médias na ordem tempo 2 e tempo 1.

Essa redução da área foliar em condições salinas pode ser uma forma que as plantas encontram para evitar que haja perda de água. A redução da área foliar é um importante mecanismo adaptativo de plantas cultivadas sob excesso de sais e estresse hídrico, visto que, sob tais condições, é interessante a redução na transpiração e, conseqüentemente, diminuição do carregamento de íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  no xilema e conservação da água nos tecidos das plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

As plantas quando submetidas ao estresse salino tem sua expansão foliar reduzida, devido ao retardamento na emissão foliar, assim, reduz a área foliar disponível para fotossíntese, sendo o efeito ainda mais acentuado, quando o tempo de exposição ao estresse é prolongado (NIU *et al.*, 2013).

O modelo de regressão quadrático foi o que melhor ajustou-se aos dados de MSR e MFR no ciclo 1 e ciclo 2 em função da interação da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva (Figura 19).

Figura 19- Efeito da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva massa seca da raiz (A) e massa fresca da raiz (B) para o primeiro e segundo ciclo de produção.



A máxima produção de massa de matéria seca da raiz no ciclo 1 (Figura 19A) para o tempo 1 e tempo 2 foi de 0,83 e 0,57 g planta<sup>-1</sup> para salinidade 2,5 dS m<sup>-1</sup> apresentando decréscimo de 29% e 9% em função da menor produção de massa. No ciclo 2 (Figura 19B) observou que o ponto máximo de produção da massa fresca da parte aérea no tempo 1 e tempo foi de 7,41 e 6,62 g planta<sup>-1</sup> para salinidade 1,5 e 2,7 dS m<sup>-1</sup> com redução de 27% e 20% para as maiores condutividades elétricas.

Silva *et al.* (2018) avaliando a produção de duas cultivares de alface em sistema hidropônico observaram que a massa seca da raiz apresentou diferença significativa entre os tratamentos de água doce e água salina com NaCl isso para a alface roxa, além do mais, as águas salinizadas com NaCl tiveram valores baixo de MSR. Silva *et al.* (2013) estudando a tolerância da rúcula a salinidade (1,5 a 11,5 dS m<sup>-1</sup>) da solução nutritiva, observaram que a produção massa seca de raiz, reduziu linearmente com uma perda de MSR na ordem de 0,07 g por dS m<sup>-1</sup>.

Com relação ao teste de comparação de médias, nota-se que para a MSR (Figura 20A) apenas na salinidade 4,6 dS m<sup>-1</sup> não apresentou diferenças quando comparado com o tempo de circulação da solução nutritiva, as maiores médias na CEa 0,6; 1,6; 2,6 e 3,6 dS m<sup>-1</sup> foram encontrados para o tempo 1, evidenciando que a MSR teve melhores respostas no tempo 1. Para a MFR no ciclo 2 (Figura 19B) houve diferença de média na salinidade 2,6 dS m<sup>-1</sup> com maior valor médio no tempo 1.

A temperatura do ar foi possivelmente um fator que contribuiu para um maior acúmulo de massa das raízes no tempo de circulação da solução nutritiva de 10 minutos,

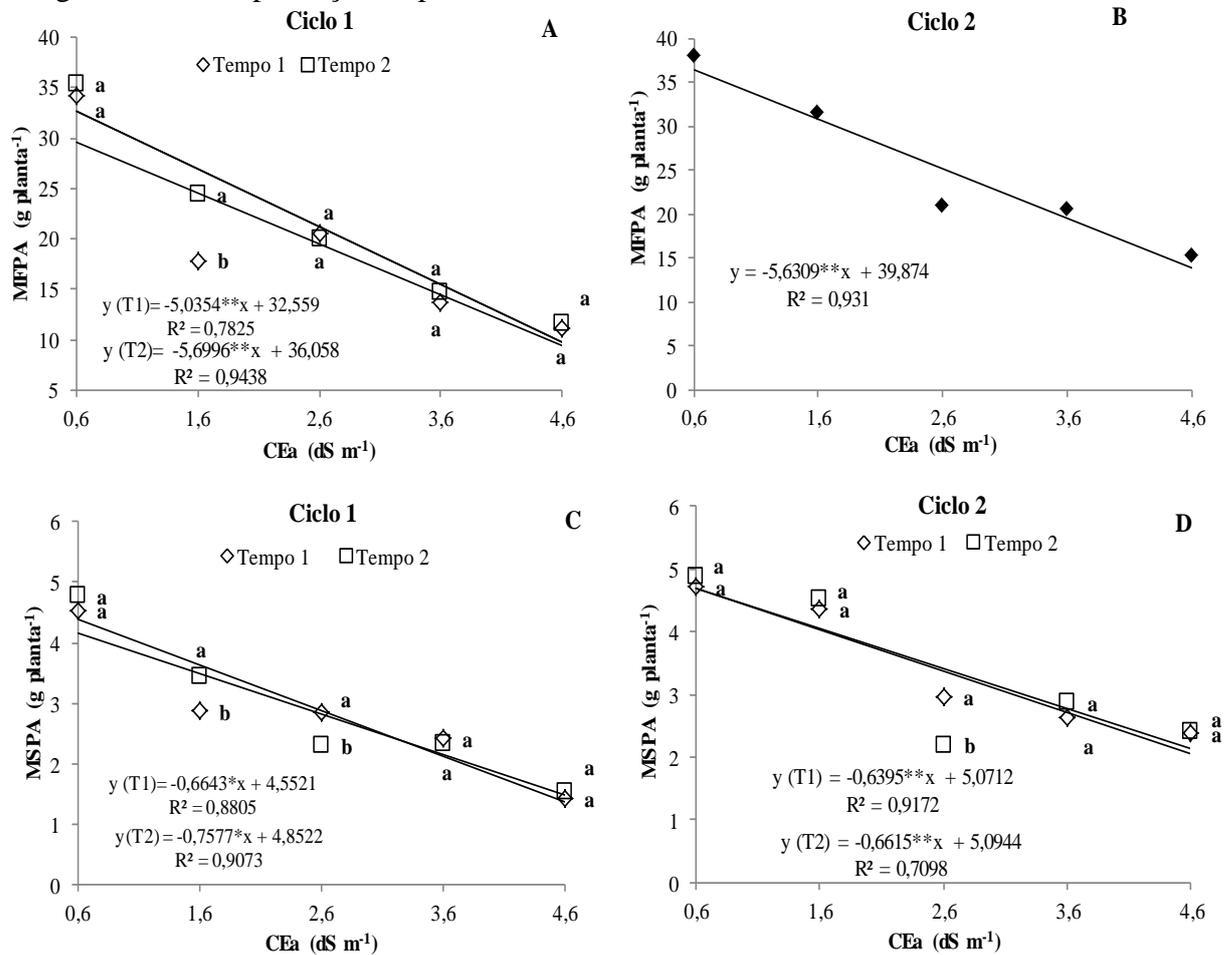
mostrando que quando o ambiente apresenta temperaturas elevadas à utilização de um menor intervalo de tempo pode favorecer o desenvolvimento das raízes da cultura.

Em regiões quentes o sistema deverá permanecer ligado ininterruptamente durante as horas mais quentes do dia, ao passo que no mesmo local, no inverno este manejo será diferente. Outro fator bastante importante quando se usa irrigação contínua durante o período mais quente do dia, é o cuidado para que haja aeração adequada da solução nutritiva evitando deficiência de oxigênio no sistema radicular (FURLANI *et al.*, 2009).

A partir das análises de regressão para a matéria fresca e seca da parte aérea das plantas, observou-se que o modelo linear decrescente foi o que melhor se ajustou entre a interação salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva (Figura 20).

Os valores de massa fresca da parte aérea do ciclo 1 (Figura 20A) para o tempo 1 e tempo 2 apresentaram reduções de  $5,0354 \text{ g planta}^{-1}$  e  $5,6996 \text{ g planta}^{-1}$  para cada incremento da CEa, respectivamente. Por meio do teste de comparação de média em função do tempo de circulação da solução nutritiva, foi possível observar que as médias da variável MFPA não apresentaram diferenças na produção, com exceção na salinidade  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ , com maior massa no tempo 2 ( $35,34 \text{ g planta}^{-1}$ ). No ciclo 2 (Figura 20B) condições em que o incremento da salinidade influenciou negativamente na produção, observou-se uma redução de  $5,6309 \text{ g planta}^{-1}$  na medida em que ocorria aumento unitário da CEa.

Figura 20- Efeito da salinidade da água e tempo de circulação da solução nutritiva para massa fresca da parte aérea (A e B) e massa seca da parte aérea (B e D) para o primeiro e segundo ciclo de produção respectivamente.



Esses resultados se assemelham aos encontrados por Rebouças *et al.* (2013) ao avaliarem o efeito da aplicação de uso de rejeito salino em cinco misturas com água de poço no crescimento do coentro em sistema hidropônico, observaram redução linear com o aumento dos níveis de salinidade na produção de massa fresca da parte aérea, e por Guimarães *et al.* (2017) que também encontraram efeito significativo da salinidade da água na fitomassa fresca da parte aérea de cultivares de alface hidropônica, ocasionando diminuição da variável estudada.

Para a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), o modelo linear foi o que melhor se ajustou para a interação salinidade da água x tempo de circulação da solução nutritiva nos dois ciclos de cultivo (Figura 20C e D). No entanto, no ciclo 1 a MSPA apresentou uma redução de 0,6643 g planta<sup>-1</sup> no tempo 1 e 0,7577 g planta<sup>-1</sup> no tempo 2 no primeiro ciclo; e de 0,6395 (tempo 1) e 0,6615 (tempo 2) g planta<sup>-1</sup>, no segundo ciclo para cada incremento unitário da CEa. O teste de comparação de médias entre os tempos de circulação para diferentes as salinidades avaliadas mostrou que houve diferença estatística na

salinidade  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  com maior média no tempo 2; e de  $2,6 \text{ dS m}^{-1}$  com maior média no tempo 1 para o primeiro e segundo ciclo de cultivo respectivamente.

Redução na massa seca da parte aérea de plantas de coentro foram encontradas por Rebouças *et al.* (2013) com uma redução linear em MSPA de 79% da menor ( $2,55 \text{ dS m}^{-1}$ ) para a maior ( $12,34 \text{ dS m}^{-1}$ ) salinidade. Jesus *et al.* (2015) avaliando a resposta à salinidade de duas cultivares de rúcula cultivadas em sistema hidropônico, observaram que devido ao aumento das concentrações salinas houve redução progressiva os pesos frescos e secos da parte aérea. Lira *et al.* (2018) avaliando o uso de águas salobras no cultivo de agrião da água de folhas largas em sistema hidropônico NFT, encontraram resultados onde a massa fresca e seca da parte aérea foram reduzidas com o aumento da salinidade da água.

Bonasia *et al.* (2017) estudando o melhor manejo da solução nutritiva em dois genótipos de rúcula observaram que a condutividade elétrica da solução nutritiva a  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  foi mais adequada para o rendimento da rúcula e que a maior da CE da solução nutritiva reduziu o peso fresco e seco da cultura. O mesmo foi observado por Gioia *et al.* (2018) quando avaliou os efeitos da aplicação de água de irrigação salina e não salina na cultura de brócolis, verificando que o tempo de aplicação de água com sais influenciou no crescimento e rendimento da cultura.

Para ambos os ciclos, observou-se visivelmente diferenças no tamanho das plantas em decorrência dos tratamentos aplicados. As plantas submetidas aos maiores níveis salino foi aquelas que proporcionaram uma maior redução. Com relação aos diferentes tempos verificou-se que houve pouca diferença nas plantas (Figura 21).

Figura 21- Aspectos geral do agrião produzido em condições de diferentes níveis de salinidade e no tempo 1 (A) e tempo 2 (B) no ciclo 2.



#### 4.4 Variáveis Fisiológicas

##### 4.4.1 Trocas gasosas

Os valores das trocas gasosas e teor de umidade da parte aérea da cultura do agrião em dois ciclos podem ser observados na Tabela 5. No primeiro ciclo houve efeito significativo para o fator salinidade para as variáveis fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs). Para o fator tempo, apenas a variável teor de umidade (U) pela parte aérea da planta foi influenciada. Verifica-se que na interação salinidade x tempo, apenas a variável fotossíntese sofreu influência dos tratamentos estudados. No segundo ciclo (Tabela 5) observa-se que para o fator salinidade houve efeito para a variável U. Houve influência da interação salinidade e tempo para a variável E.

Tabela 5- Resumo da análise de variância para as variáveis das trocas gasosas, fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e teor de umidade pela parte aérea na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva, em dois ciclos de cultivo.

FV	GL	A	E	gs	U
Ciclo 1					
Bloco	3	12,32 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	86,23 <sup>**</sup>	4,29 <sup>**</sup>	0,094 <sup>*</sup>	23,28 <sup>ns</sup>
Tempo	1	2,86 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>	12,99 <sup>**</sup>
Salinidade*Tempo	4	10,94 <sup>*</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,0089 <sup>ns</sup>	3,36 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	3,92	0,42	0,028	1,37
CV (%)		11,23	14,83	50,69	1,37
Ciclo 2					
Bloco	3	412,74 <sup>**</sup>	22,53 <sup>**</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	3,11 <sup>ns</sup>	5,16 <sup>ns</sup>	0,188 <sup>ns</sup>	16,54 <sup>*</sup>
Tempo	1	8,46 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	1,67 <sup>ns</sup>	13,26 <sup>**</sup>	0,107 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	6,77	2,78	0,104	5,09
CV (%)		7,71	25,45	44,09	2,62

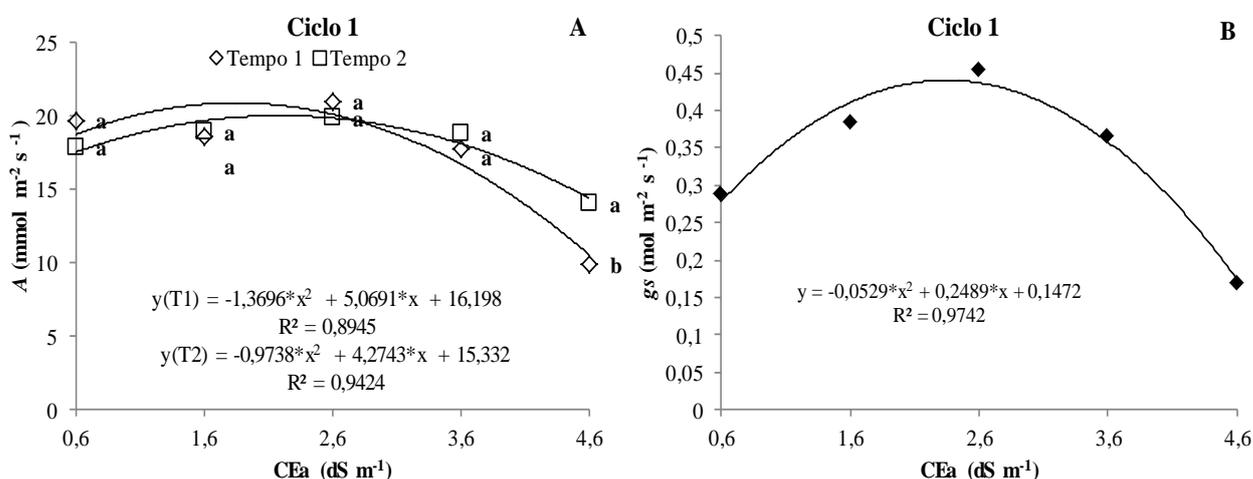
FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; <sup>ns</sup> - Não significativo, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> - Significativo a 1% e 5% pelo teste F.

Os efeitos da salinidade sobre os valores das trocas gasosas das plantas de agrião do primeiro ciclo podem ser visualizados na Figura 22. Acerca da interação entre salinidade e tempo para a fotossíntese (Figura 22A) verifica-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ), sendo que o modelo de regressão que melhor se ajustou os dados foi quadrático, a partir da qual definiu o ponto de máximo da fotossíntese no tempo 1 e tempo 2 na salinidade 1,85 dS  $m^{-1}$  e 2,19 dS  $m^{-1}$ , com 20,88  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$  e 20,02  $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ , valores acima do ponto de máximo encontrado foram afetados, apresentando decréscimos de 52,79% e 29,88% para a salinidade 4,6 dS  $m^{-1}$ . Por meio da comparação de médias observa-se diferença significativa entre os tempos na salinidade 4,6 dS  $m^{-1}$  com maior média no tempo 2 (15 minutos). A redução da fotossíntese da planta está relacionada com a redução da absorção de  $CO_2$  da planta devido ao estresse e a temperatura do ambiente. Esse fato está relacionado ao estresse hídrico, que promove aumento da temperatura das folhas e fechamento dos estômatos, diminuindo assim o processo de fotossíntese (TAIZ *et al.*, 2017).

De acordo com Wang *et al.* (2015), o estresse por calor inibe a fotossíntese da planta devido à redução na ativação da rubisco e que os processos fisiológicos da planta são diretamente influenciados pela temperatura.

No que diz respeito a condutância estomática ( $g_s$ ) (Figura 22B), verificou-se um ajuste quadrático, onde o maior valor encontrado de  $g_s$  foi  $0,44 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na CEa de  $2,35 \text{ dS m}^{-1}$  provocando decréscimo  $63,37\%$  para a salinidade  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ , podendo isso ter ocorrido devido à redução na abertura dos estômatos. Segundo Oliveira *et al.* (2016), a redução da condutância estomática pode está associada com a regulação da absorção de água pelas plantas juntamente com absorção de nutrientes, sendo regulado pelo processo transpiratório das plantas, visto que, com o fechamento dos estômatos a taxa fotossintética das plantas são afetadas diretamente.

Figura 22- Valores médios da interação salinidade x tempo na fotossíntese – A (A), e para fator isolado da salinidade na condutância estomática-  $g_s$  (B) para a cultura do agrião no ciclo 1.



As plantas fecham seus estômatos para reduzir a perda de água por meio da transpiração, resultando em menor taxa fotossintética, que é uma das principais causas de redução do crescimento em espécies submetidas ao estresse salino (SILVA *et al.*, 2013).

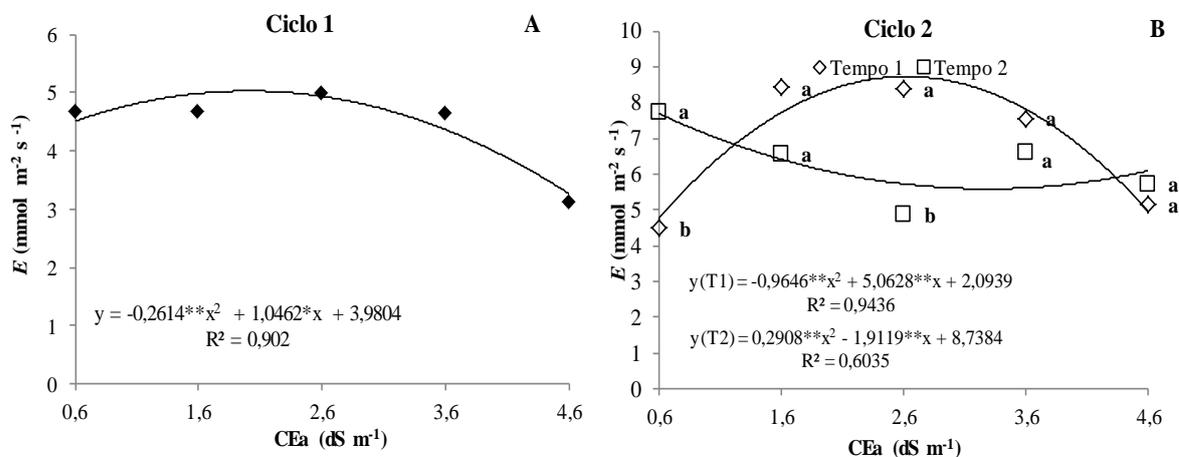
Os resultados desse trabalho estão de acordo com os encontrados por Soares *et al.* (2017), que avaliando as trocas gasosas em plantas de couve - flor, encontraram redução por incremento da salinidade, estimando valores da ordem de  $8,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para fotossíntese,  $5,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para transpiração e  $0,23$  para condutância estomática na maior salinidade ( $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) utilizando a vazão de  $1,5 \text{ L min}^{-1}$ .

O estresse salino provoca alterações no estado da água das plantas, induzindo o fechamento dos estômatos e, de modo que, limitando a entrada de  $\text{CO}_2$ . Além do que, elevadas concentrações de íons como  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  são as principais causas de danos às estruturas de enzimas e membranas, interferindo indiretamente com a fotossíntese (SILVA *et al.*, 2011).

Almeida *et al.* (2018) estudando o rendimento da cultura do rabanete sob diferentes níveis freáticos, observaram redução na taxa fotossintética nos tratamentos aplicados com maiores estresses por excesso hídrico nas plantas. Os mesmos autores verificaram também que a condutância estomática apresenta uma relação direta com a transpiração, quando as plantas fecham os seus estômatos a taxa de transpiração diminui, assim reduzindo a perda de água para a atmosfera. Isso depende da quantidade de água disponível e a temperatura do ambiente para a planta acionar o mecanismo de fechamento ou abertura dos estômatos.

Para transpiração, o modelo quadrático foi o que melhor se adequou o efeito isolado da salinidade no primeiro ciclo (Figura 23A) e a interação entre a salinidade e tempo de circulação da solução nutritiva no segundo ciclo (Figura 23B). No entanto, a máxima transpiração no primeiro ciclo foi de  $5,02 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na CEa de  $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ , apresentando perdas de 37,85% quando submetida ao nível máximo de CEa. Para a interação salinidade x tempo, no tempo 1 (10 minutos) a maior transpiração ocorreu na CEa de  $2,6 \text{ dS m}^{-1}$  com  $8,73 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , apresentando redução de 48,57% em relação a CEa de  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ . No tempo 2 (15 minutos), com menores valores observados na CEa de 2,6 e  $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Esse comportamento da transpiração no Tempo 2 pode ter sido devido a temperatura do ambiente, a umidade relativa está baixa ou que no momento das coleta dos dados a solução nutritiva passando pela raiz das plantas amenizou a temperatura do meio.

Figura 23- Transpiração em função do efeito isolado da salinidade (A) ciclo 1 e interação entre salinidade e tempo de circulação da solução nutritiva (B) ciclo 2 para a cultura do agrião.



Devido o agrião ser uma planta de clima ameno, a mesma não tem muito controle sobre a transpiração, assim perde água com facilidade, sendo pouco eficiente. Se a temperatura estiver amena as plantas ficam turgidas perdendo pouca água, transpirando

menos, com a temperatura elevada transpiram mais. O agrião pode ser considerado uma planta C3, pois é de temperaturas amenas. As temperaturas ótimas para plantas C3 são de 20 a 25°C conforme Taiz *et al.* (2017), os mesmos autores citam que em condições de baixa temperatura as plantas C3 têm fotorrespiração baixa, podendo ser mais produtivas.

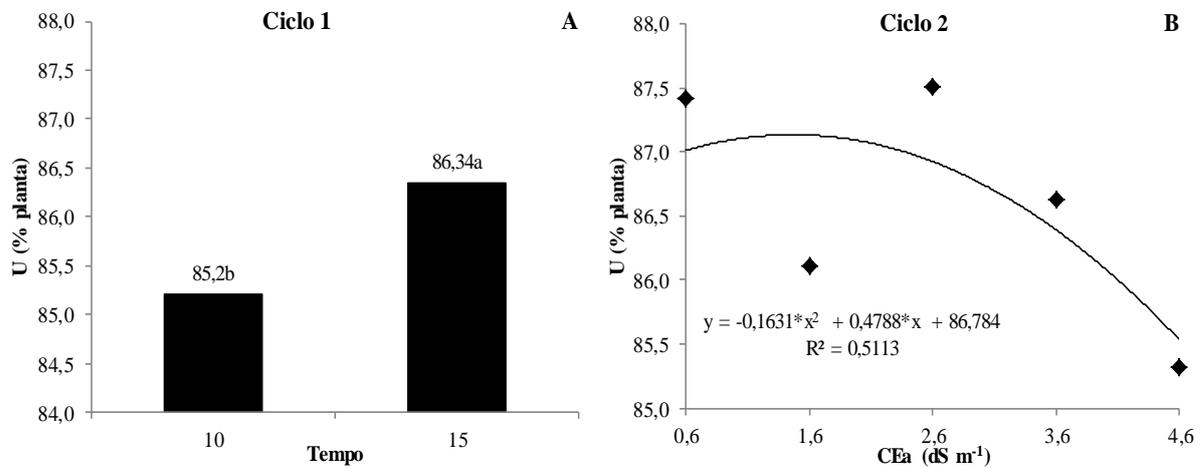
De acordo com Parihar *et al.* (2015), elevadas concentrações de NaCl diminuem a transpiração sendo uma característica positiva das plantas cultivadas sob estresse salino, há uma relação positiva entre acumulação de sal nos diferentes órgãos e taxa de transpiração. Deste modo, baixas taxas de transpiração contribuem para o baixo acúmulo de Na<sup>+</sup>, e possivelmente de Cl<sup>-</sup>, na planta como um todo.

Alguns genótipos quando adaptados a condições de maior luminosidade, apresentam estômatos menores e uma maior densidade estomática, assim, permitindo que os estômatos se tornem mais eficientes na captação de CO<sub>2</sub> apresentando uma menor perda de água por transpiração (CASTRO *et al.* 2009).

Bosco *et al.* (2009) ao avaliarem os efeitos da salinidade em meio hidropônico nas variáveis trocas gasosas em berinjela verificaram que houve redução na condutância estomática e, em menores proporções, nas taxas de transpiração e fotossíntese.

Na Figura 24 pode ser observado o teor de umidade (U) pela parte aérea da planta nos dois ciclos de cultivo. No primeiro ciclo (Figura 24A) observou-se os valores médios de U em função dos tempos de circulação da solução nutritiva. A utilização do tempo de 15 minutos de circulação da solução nutritiva proporcionou maior média (86,34%) entre os valores observados, podendo ter ocorrido devido o tempo de circulação da solução ser maior. No segundo ciclo (Figura 24B) o modelo de melhor ajuste dos dados foi o quadrático com o teor de umidade máximo na salinidade 1,46 dS m<sup>-1</sup> apresentando redução de 2,08% em função da CEa 4,6 dS m<sup>-1</sup>.

Figura 24- Variação do teor de umidade da parte aérea da planta em função dos níveis de salinidade no ciclo 1 para o fator isolado do tempo (A) e no ciclo 2 para o fator isolado da salinidade (B) para a cultura do agrião d'água de folha larga.



Silva *et al.* (2012) encontraram na cultura da rúcula médias do teor de umidade pelas plantas de 85,36% para águas salobras e 84,80% para a adição de NaCl á água dessalinizada. Soares *et al.* (2010) trabalhando com a combinação de água doce e salobra na cultura da alface observaram que à medida em que se aumentou a salinidade da água de reposição, o teor de água na parte aérea diminuía, ou seja, houve perdas de água pelas plantas. Campos Junior *et al.* (2018) estudando a cultura da rúcula em sistema hidropônico, observaram que o teor de água pelas plantas reduziu em até 8,12% no intervalo das salinidade de 1,5 a 9 dS m<sup>-1</sup>.

#### 4.4.2 Índice SPAD e Prolina

O resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 6, onde se observa que a salinidade influenciou significativamente no teor de prolina, em ambos os ciclos de cultivo, exceto para índice SPAD. Não houve efeito significativo para o fator isolado tempo e interação entre a salinidade e tempo de circulação da solução nutritiva.

Tabela 6- Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas, índice SPAD e prolina na cultura do agrião sob cultivo com águas salobras e tempos de circulação da solução nutritiva, em dois ciclos de cultivo.

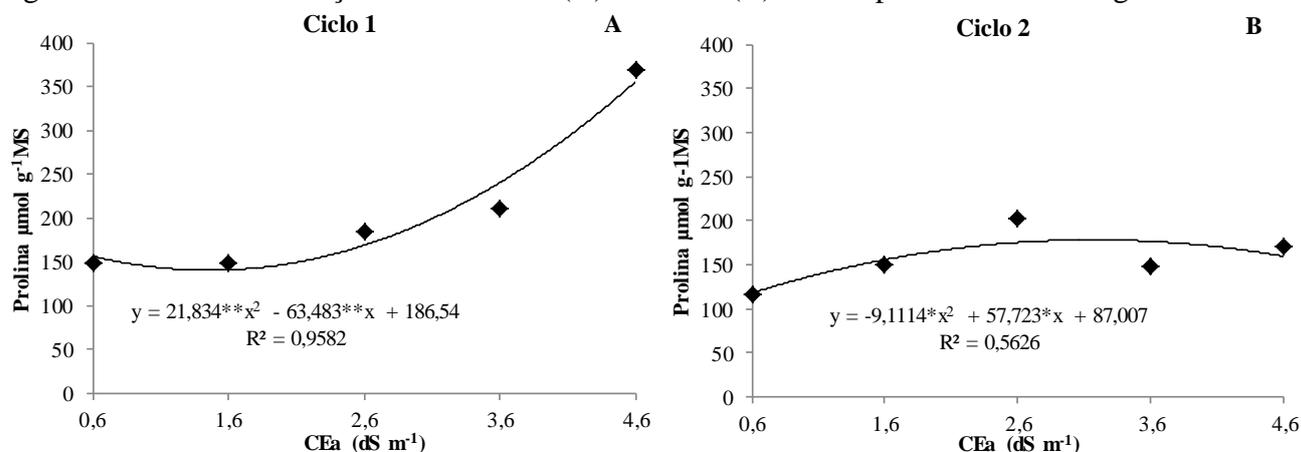
FV	GL	SPAD	Prolina
Ciclo 1			
Bloco	3	161,55 <sup>ns</sup>	5460,47 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	23,27 <sup>ns</sup>	66229,19 <sup>**</sup>

Tempo	1	49,72 <sup>ns</sup>	282,54 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	29,10 <sup>ns</sup>	1917,57 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	56,9	3060,86
CV (%)		17,88	25,91
Ciclo 2			
Bloco	3	63,21 <sup>ns</sup>	2785,37 <sup>ns</sup>
Salinidade	4	12,92 <sup>ns</sup>	8094,00*
Tempo	1	0,55 <sup>ns</sup>	4814,73 <sup>ns</sup>
Salinidade*Tempo	4	9,78 <sup>ns</sup>	2724,73 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	32,14	2871,85
CV (%)		13,71	34,23

FV - Fontes de variação; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficientes de variação; <sup>ns</sup> - Não significativo, \*\*, \* - Significativo a 1% e 5% pelo teste F.

Na Figura 25 observa-se o efeito isolado da salinidade sobre a prolina, em ambos os ciclos de cultivo. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou essa variável. No primeiro ciclo com a elevação da CEa, o teor de prolina aumentou 61,92% no maior nível salino em relação ao menor CEa. No segundo ciclo, o valor máximo de prolina foi de 178,42  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MS na CEa de 3,16  $\text{dS m}^{-1}$ , apresentando uma redução de 34,43% em relação ao menor valor de CEa. Esse comportamento da prolina pode ser considerado um mecanismo de regulação quando a planta está sofrendo estresse, sendo liberada em maiores quantidades. Ou seja, na medida em que se aumenta a quantidade de sais a uma maior liberação da prolina, contudo o estresse foi reduzido no segundo ciclo, apresentando valores de prolina menores.

Figura 25- Prolina em função da salinidade (A) ciclo 1 e (B) ciclo 2 para a cultura do agrião.



Paulus *et al.* (2010) avaliando o teor de prolina em plantas de alface, observaram que a salinidade da água promoveu efeito significativo sobre as plantas, considerando que esse aminoácido é um indicador de estresse.

Sarabi *et al.* (2017) estudando as respostas fisiológicas do melão sobre estresse salino, observaram que o acúmulo de prolina foi maior nos tratamentos com níveis maiores de salinidade. Nas variedades sensíveis, a prolina também foi acumulada, embora esse acúmulo tenha sido menor, além de sua biomassa ter sido reduzida de forma drástica. O aumento da prolina nas variedades tolerantes sustenta a ideia de que a prolina neutraliza o estresse osmótico causado pelo estresse salino, fornecendo a essas variedades uma maior tolerância a esse estresse.

Hannachi e Van Labeke (2018) mostraram em plântulas de berinjela que nas variedades mais sensíveis ao estresse salino, houve uma maior concentração de prolina. Portanto, os resultados desses autores apoiam a ideia de que a prolina é um indicador de estresse e não aumenta a tolerância ao estresse salino.

## 5 CONCLUSÃO

O aumento dos níveis de salinidade da água, em ambos os ciclos de cultivo avaliados, afetou negativamente as variáveis de crescimento, produção e fisiológicas da planta.

As plantas apresentaram níveis satisfatórios de produção na menor CEa. Nos maiores níveis de CEa as plantas ficaram menores e com rendimento reduzido.

A prolina indicou um ajustamento osmótico das plantas, com o aumento da salinidade da água e independente do tempo de circulação da solução nutritiva.

O tempo de circulação da solução nutritiva de 15 min promoveu os resultados mais satisfatórios para a maioria das variáveis analisadas, em ambos os ciclos da cultura, portanto é o mais indicado para utilização no sistema hidropônico NFT para o cultivo de agrião.

## REFERÊNCIAS

- ABRACEN. Agrião. Disponível em: <http://abracen.org.br/abracen/agriao-pode-ser-preparado-de-diversasformas>. Acesso em 31 jul. 2019.
- ALBUQUERQUE, J. R. T. *et al.* Crescimento inicial e tolerância de cultivares de pepino sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 486-495, 2016.
- ALVES, M. S. *et al.* Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p.491–498, 2011.
- ALMEIDA, R. *et al.* Influência de níveis freáticos nos parâmetros produtivos e fisiológicos da cultura do rabanete. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 5, p. 2907-2922, 2018.
- AMORIM, D. M. B. *et al.* Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.339-342, 2005.
- ANDRADE, F. H. A. *et al.* Comportamento da cultura do pimentão submetido a diferentes níveis de salinidade. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, Paraíba, v. 12, n. 3, 2016.
- ARAGÃO, V. F. *et al.* Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza v. 6, n. 3, p. 207-216, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB. 1991, 218p.
- BARBOSA, R. Z. *et al.* Avaliação de quatro cultivares de agrião cultivado hidroponicamente em garça (SP). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, n. 15, 2009.
- BRASS, F. E. B. *et al.* Cultivo hidropônico de agrião d'água em garça (SP). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, n. 14, 2008.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, J. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Austrália, v.39, p.205-207, 1973.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Pernambuco, v. 8, p. 107-137, 2012.
- BONASIA, A. *et al.* Nutritional, biophysical and physiological characteristics of wild rocket genotypes as affected by soilless cultivation system, salinity level of nutrient solution and growing period. **Frontiers in plant science**, Austrália, v. 8, p. 300-314, 2017.

BOSCO, M. R. O. *et al.* Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.

CAMPOS JÚNIOR, J. E. *et al.* Efficiency and water content of arugula under different management of brackish nutritional solutions. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 6, p. 885-892, 2018.

CASTRO, E.M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009, 234p.

CHICONATO, D. A. *et al.* Adaptation of sugarcane plants to saline soil. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 162, p. 201-211, 2019.

DANTAS, R. M. L. **Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa**. 2012, 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

DIAS, N. D. S. *et al.* Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 755-761, 2010.

FERNANDES, J. M. P. *et al.* Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2570, 2018.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 421p.

FREITAS, R. M. O. *et al.* Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, p. 54-58, 2010.

FURLANI, P.R. 1998. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC. 30p. (**Boletim Técnico**, 168).

FURLANI, P. R. *et al.* Estruturas para cultivo hidropônico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.72-80, 1999.

FURLANI, P.R. *et al.* **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 1 - Conjunto hidráulico**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/hidroponiap1/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm). Acesso em: 3 jun. 2019

GIOIA, F. D. *et al.* Effects of application timing of saline irrigation water on broccoli production and quality. **Agricultural water management**, [s.l.], v. 203, p. 97-104, 2018.

GONÇALVES, E. R. *et al.* Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.378-386, 2010.

GOMES, L.O. **Resposta da Cultura do Agrião à Salinidade Utilizando um Sistema Hidropônico do Tipo NFT**. Piracicaba, 2009. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2009.

GONDIM, A. (Ed.). **Catálogo Brasileiro de Hortaliças: saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no país**. Embrapa Hortaliças: SEBRAE, 2010.

GUIMARÃES, B. *et al.* Acúmulo de fitomassa de cultivares de alface hidropônica submetidas à salinidade. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 8, p. 2141-2151, 2017.

GRACIANO, E. S. *et al.* Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.794-800, 2011.

HANNACHI, S.; LABEKE, M. C.V. Salt stress affects germination, seedling growth and physiological responses differentially in eggplant cultivars (*Solanum melongena* L.). **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 228, p. 56-65, 2018.

HOLANDA, J. S. *et al.* Qualidade da água para irrigação. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILH, E. (Org.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016, cap. 4, p. 35-50.

JESUS, C. G.; SILVA JÚNIOR, F. J.; CAMARA, T. R.; SILVA, Ê. F.; WILLADINO, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems. **Horticultura Brasileira**, Pernambuco, v. 33, n. 4, p. 493-497, 2015.

KIREMIT, M. S.; ARSLAN, H. Effects of irrigation water salinity on drainage water salinity, evapotranspiration and other leek (*Allium porrum* L.) plant parameters. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 201, p. 211-217, 2016.

KLIMEK-SZCZYKUTOWICZ, M.; SZOPA, A.; EKIERT, H. Chemical composition, traditional and professional use in medicine, application in environmental protection, position in food and cosmetics industries, and biotechnological studies of *Nasturtium officinale* (watercress) – a review. **Fitoterapia**, [s.l.], v. 129, p. 283-292, 2018.

LACERDA, C. F. *et al.* Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v.49, p.107–120, 2003.

LANDGRAF, P. R. C. *et al.* Teor de nutrientes e trocas gasosas em plantas de copo-de-leite cultivadas em sistema hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 50, n. 11, p. 1027-1032, 2015.

LIMA, L. A. *et al.* Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p. 27-34, 2015.

- LIRA, R. M. *et al.* Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, Pernambuco v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018.
- LUZ, G.L. *et al.* Ação dos intervalos entre irrigações no sistema radicular da alface em hidroponia. **Interciencia**, América, v. 42, n. 6, p. 370- 374, 2017.
- MACHADO, A. F. L. *et al.* Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.
- MAHJOOR, F.; GHAEMI, A. A.; GOLABI, M. H. Interaction effects of water salinity and hydroponic growth medium on eggplant yield, water-use efficiency, and evapotranspiration. **International Soil and Water Conservation Research**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 99-107, 2016.
- MARENCO, R. A. *et al.* Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61,p, 766-789, n. 7, 2014.
- MESSINGER, S. M.; BUCKLEY, T. N.; MOTT, K. A. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO<sub>2</sub>. **Plant physiology**, América, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.
- MOHAMMAD, M.; SHIBLI, R.; AJOUNI, M. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, [s.l.], v. 21, p. 1667-1680, 1998.
- MONTE, J. A. *et al.* Influência do fluxo de água no crescimento e produção do tomate no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, p.222-227, 2009.
- MORAES, D. P. *et al.* Rejeito salino e solução nutritiva em alface cultivada em sistema hidropônico. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 3, p. 353-360, 2014.
- MUNNS, R. Plant Adaptations to Salt and Water Stress: Differences and Commonalities. **Advances in Botanical Research**, [s.l.], v. 57, p. 1-32, 2011.
- NAVES-BARBIERO, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; Goldstein, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000.
- NIU,G; STARMAN, T.; BYRNE, D. Responses of growth and mineral nutrition of gardenroses to saline water irrigation. **Hort Science**, [s.l.], v. 48, p. 756-761, 2013.
- OLIVEIRA, F. A. *et al.* Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melanciaira sob diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 439-448, 2016.
- PADRÓN, R. A. R. *et al.* Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 49-55, 2015.
- PARIHAR, P. *et al.* Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2015.

PAULUS, D. *et al.* Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, Pernambuco, v. 28, n. 1, p. 29-35, 2010.

PAULUS, D. *et al.* Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 407-410, 2012.

PILAU, F. G. *et al.* Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.237-244, 2002.

PINTO, C.M.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINTO, O.R.O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Agropecuária técnica**, Areia, v.35, n.1, p.31-40, 2014.

REBOUÇAS, J. R. L. *et al.* Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

REGES, K. S.L. *et al.* Avaliação dos teores de Ca, Mg e S em pimentão cultivado com água residuária de dessalinizadores via hidroponia com adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 5, p.350, 2015.

RESH, H.M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción**. 4. ed. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa, 1997. 509 p.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, M. The use of saline water for crop production. Rome: FAO, 1992, 133p. **FAO Irrigation and Drainage Paper** 48.

SANTOS, A.O. *et al.* Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas. In: 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, 2008, São Paulo. **Anais...4º Congresso Brasileiro de Sistemas**, 2008.

SANTOS, A. N. *et al.* Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010a.

SANTOS, R. S.S. *et al.* Use of the desalted wastewater for lettuce (*Lactuca sativa* L.) production in NFT hydroponic system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010b.

SANTOS, A. N. *et al.* Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, J. C. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

SARABI, B. *et al.* Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: prospects for selection of salt tolerant landraces. **Plant physiology and biochemistry**, [s.l.], v. 119, p. 294-311, 2017.

SILVA, J. M. As propriedades do agrião, 2010. Disponível em: <http://soverduras.blogspot.com/>, acesso em 18 jan. 2019.

SILVA, F. V. *et al.* Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013.

SILVA, F. L. B. *et al.* Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.

SILVA, J. S. *et al.* Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 947-962, 2018.

SILVA, M. G. *et al.* Produção de coentro em hidroponia com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.

SILVA, A. O. *et al.* Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador. **Irriga**, Botocatu, v.17, n.1, p. 114-125, 2012.

SOARES, H. R. **Cultivo de couve-flor em sistema hidropônico NFT com águas salobras**. 2018, 117f. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural do Pernambuco, 2018.

SOARES, H. R. *et al.* Trocas gasosas em couve-flor cultivada em sistema hidropônico NFT com águas salobras. *In: IV Inovagri International Meeting - XXVI CONIRD - III Simpósio Brasileiro de Salinidade, 2017, Fortaleza, Anais... IV Inovagri International Meeting - XXVI CONIRD - III Simpósio Brasileiro de Salinidade, 2017.*

SOARES, H. R. *et al.* Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.7, p. 636-642, 2015.

SOARES, H.R. *et al.* Nutrição mineral de alface americana em cultivo hidropônico com águas salobras. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 656-664, 2016.

SOARES, T. M. *et al.* Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 705-714, 2010.

SOARES, T. M. *et al.* Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. *In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILH, E. (Org.). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. 2ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade INCTSal, 2016, v. 1, p. 375-396.

SOARES, T.M. *et al.* Experimental structure for evaluation of brackish water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, Botocatu, v.14, n.1, p.102-114, 2009.

SOARES, T. M. *et al.* Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botocatu, n.2 v.12 p.235-248, 2007.

SOUZA NETA, M. L. *et al.* Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa vista, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

STAFF, H. **Hidroponia**. Cuiaba: SEBRAE/MT, 1997. 86p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5.ed. 2013. 918p.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ªed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

WANG, X. *et al.* Physiological and proteome studies of responses to heat stress during grain filling in contrasting wheat cultivares. **Plant Science**, [s.l.], v. 230, p. 33-50, 2015.

ZANELLA, F. *et al.* Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência & Agrotecnologia**, Roraima, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.

ZEIST, A. R. *et al.* Produtividade, desenvolvimento vegetativo e trocas gasosas de *physalis peruviana* cultivado em ambiente protegido e a campo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 4015-4023, 2014.