

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA COUVE-FLOR COM ÁGUAS
SALOBRAS EM HIDROTONIA**

Leandro Ferreira da Costa

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2020**

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA COUVE-FLOR COM ÁGUAS SALOBRAS EM HIDROPONIA

Leandro Ferreira da Costa
Engenheiro Agrônomo
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018

Dissertação apresentada ao Colegiado do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola (Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos).

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares
Coorientador: Dr. Mairton Gomes da Silva

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

C837p

Costa, Leandro Ferreira da.

Produção e qualidade da couve-flor com águas salobras em hidroponia / Leandro Ferreira da Costa._ Cruz das Almas, BA, 2020.

103.; il.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares

Coorientador: Prof. Dr. Mairton Gomes da Silva

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas, Mestre em Engenharia Agrícola.

1. Hidroponia. 2. Cultivo sem Solo 3. Salinidade.
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrária, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 631.585

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (*Bibliotecário - CRB5/1578*)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE MESTRADO**

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DA COUVE-FLOR COM ÁGUAS
SALOBRAS EM HIDROPONIA**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Leandro Ferreira da Costa

Aprovada em: 11 de Fevereiro de 2020

Prof. Dr. Tales Miler Soares
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)

Dra. Alide Mitsue Watanabe Cova
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (PNPD/CAPES)
(Examinador Externo)

Dr. Rafael Dreux Miranda Fernandes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (PNPD/CAPES)
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo no Mestrado, Pedido Nº 2531/2018, Termo de Outorga de Bolsa BOL0738/2018.

Edital FAPESB/Semiárido 006/2007, Pedido 7520/2007 e Termo de Outorga 030/2007; projeto “Utilização de águas salobras no cultivo de hortaliças em sistema hidropônico como alternativa agrícola condizente ao Semiárido”.

Edital FAPESB Infraestrutura 10/2013, Pedido 1913/2013, Convênio CNV 0075/2013, projeto “Estruturação do laboratório de qualidade de água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRB”.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à infraestrutura hidropônica mediante:

Edital Universal 14/2011; Processo 484645/2011-0, projeto “Aproveitamento de águas salobras em sistemas hidropônicos como alternativa para o Semiárido”.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio mediante seu programa PROAP.

À Empresa Feltrin Sementes LTDA pelo fornecimento das sementes da couve-flor utilizada no presente estudo.

Agradeço primeiramente a DEUS por sempre me dar força e determinação nas batalhas.

À minha companheira e à minha filha, Aline e Moara, por serem o farol que ilumina os nossos sonhos.

À minha avó Valquiria por todo amor, apoio e incentivo que sempre me é/foi dado.

À minha mãe e ao meu pai (in memoriam) por sempre terem acreditado em mim.

Agradeço muito ao Prof. Dr. Tales Miler Soares, pela orientação, pelo bom exemplo de orientador e pessoa, que contribuiu muito para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos companheiros Francisco, Mairton e Cosme Mateus por toda ajuda nos trabalhos, incentivo e amizade durante a Pós-Graduação.

Ao amigo de longa data Márcio, por ter colaborado com este trabalho.

A Edilson (mais conhecido como Boi) e aos estagiários do grupo de hidroponia Laila, Maiara, Juliana, Arly e Douglas.

Aos amigos da graduação Filipe Neves e Karine Santos por toda amizade e por compartilharem das suas experiências com a Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelo apoio e disponibilização de toda estrutura necessária.

PRODUÇÃO E QUALIDADE DA COUVE-FLORES COM ÁGUAS SALOBRAS EM HIDROPONIA

RESUMO: O uso de águas salobras no cultivo hidropônico de hortaliças no Semiárido pode assegurar a produção de alimentos e melhorar a qualidade de vida regional. Assim, surge o interesse de estudar a inserção de culturas de alto valor nutricional, alta demanda de mercado e que sejam adaptadas às condições locais, como é o caso da couve-flor, que conta com cultivares híbridas tolerantes ao calor. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o consumo hídrico, o crescimento, a produção e a qualidade da couve-flor submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva em condições hidropônicas. O trabalho foi composto por dois experimentos (Exp. I e II) em delineamento experimental com blocos casualizados, com seis repetições. No Exp. I foi utilizado o esquema fatorial 6 x 2 em parcelas subdivididas, que consistiu de seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada no tempo (CEsol 1,4; 2,6; 3,5; 4,6; 5,4 e 6,7 dS m⁻¹) nas parcelas principais e três cultivares de couve-flor ('Piracicaba de Verão', 'Sabrina' e 'SF1758') nas subparcelas, cultivadas dentro do mesmo canal hidropônico. No Exp. II foi utilizada apenas a cv. 'SF1758', que foi submetida a seis níveis de CEsol (1,4; 4,6; 6,7; 7,4; 9,1 e 11,2 dS m⁻¹). No Exp. I avaliou-se as seguintes variáveis: área foliar, altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, massas de matéria fresca e seca das folhas e da parte aérea, tolerância à salinidade, precocidade de colheita, massa de matéria fresca da inflorescência, diâmetro e altura da inflorescência, consumo hídrico e eficiência do uso da água. No Exp. II foram avaliadas as mesmas variáveis, exceto a tolerância à salinidade e a precocidade de colheita. No Exp. I o consumo hídrico, a área foliar e a massa fresca da inflorescência foram as variáveis mais afetadas pelo incremento da CEsol. A eficiência do uso da água das folhas e da inflorescência não foi influenciada significativamente pela CEsol, com médias de 17,53 e 37 g L⁻¹, respectivamente. A cv. 'SF1758' obteve maior limiar de tolerância à salinidade (dS m⁻¹), enquanto as cultivares 'Piracicaba de Verão' e 'Sabrina' foram semelhantes entre si. Para o Exp. II todas as variáveis foram afetadas pelo incremento da CEsol, como a massa de matéria fresca da inflorescência e o consumo hídrico, que tiveram reduções de 3,91 e 2,7% por aumento unitário da CEsol, respectivamente. A eficiência do uso da água da massa fresca das folhas não foi influenciada significativamente pela CEsol. Considerando a dupla finalidade da couve-flor, a salinidade prejudicou menos a produção de folha do que a da inflorescência.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *botrytis*; Cultivo sem solo; Salinidade; Semiárido

PRODUCTION AND QUALITY OF CAULIFLOWER USING BRACKISH WATERS IN HYDROPONICS

ABSTRACT: The use of brackish waters for hydroponic cultivation of horticultural species in the semiarid region can ensure food production and improve regional quality of life. Thus, the interest arises to study the insertion of crops with high nutritional value, high market demand and that are adapted to local conditions, such as cauliflower, which has heat tolerant hybrid cultivars. Therefore, this study aimed to evaluate the water consumption, growth and quality of cauliflower production submitted to different levels of electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic conditions. Two experiments (Exp. I and II) were carried out in a randomized block design, with six replications. In the Exp. I, a 6 x 2 factorial arrangement in split-plot was used, which consisted of six levels of electrical conductivity of the time-weighted nutrient solution (ECsol 1.4, 2.6, 3.5, 4.6, 5.4 and 6.7 dS m⁻¹), with three cauliflower cultivars ('Piracicaba de Verão', 'Sabrina' and 'SF1758') in the sub-plots, which were cultivated in the same hydroponic channel. Only cv. 'SF1758' in the Exp. II was cultivated, subjected to six levels of ECsol (1.4, 4.6, 6.7, 7.4, 9.1 and 11.2 dS m⁻¹). Leaf area, plant height, stem diameter, number of leaves, fresh and dry matters of leaves, salinity tolerance, harvest precocity, inflorescence fresh matter, inflorescence diameter and height, water consumption, water use efficiency were evaluated in the Exp. I. In the Exp. II the same variables were evaluated, except for salinity tolerance and harvest precocity. In the Exp. I, the water consumption, leaf area and inflorescence fresh matter were the variables most affected by the increase of ECsol. The water use efficiency of the leaf and inflorescence were not significantly affected influenced by ECsol, with means of 17.53 and 37.00 g L⁻¹, respectively. The cv. 'SF1758' had higher salinity (dS m⁻¹) tolerance threshold, while the cultivars 'Piracicaba de Verão' and 'Sabrina' were similar to each other. For Exp. II, all variables were significantly affected by ECsol, such as inflorescence fresh matter and water consumption, which decreased by 3.91 and 2.7% per unitary increase of ECsol, respectively. The water use efficiency fresh matter of leaves was not significantly affected by ECsol. Considering the dual purpose of cauliflower, salinity impaired leaf production any less than inflorescence.

Key-words: *Brassica oleracea* var. *botrytis*; Soilless cultivation; Salinity; Semiarid

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. A cultura da couve-flor.....	4
3.2. Origem e características das águas do Semiárido brasileiro.....	7
3.3. Hidroponia	9
3.4. Cultivo hidropônico com uso de águas salobras no Semiárido brasileiro	10
3.5. Efeitos da salinidade sobre as plantas	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1. Local do estudo	16
4.2. Plano experimental.....	16
4.3. Experimento I	17
4.3.1. Caracterização do experimento.....	17
4.3.2. Produção de mudas	17
4.3.3. Estrutura experimental utilizada	18
4.3.4. Delineamento experimental e tratamentos	19
4.3.5. Cuidados e manutenção da solução nutritiva	20
4.3.6. Manejo da cultura e controle de pragas e doenças.....	21
4.3.7. Avaliações realizadas.....	22
4.3.7.1. Análise visual de sintomas causados pela salinidade.....	22
4.3.7.2. Consumo hídrico	22
4.3.7.3. Variáveis biométricas	23
4.3.7.4. Produção e biometria da inflorescência	24

4.3.7.5. Período médio de colheita da inflorescência.....	25
4.3.7.6. Eficiência do uso da água para o rendimento de massa de matéria fresca da inflorescência.....	25
4.3.7.7. Eficiência do uso da água para o rendimento de massa de matéria fresca e seca das folhas.....	26
4.3.7.8. Tolerância da cultura à salinidade.....	26
4.3.7.9. Viabilidade técnica	27
4.3.8. Análise estatística	28
4.4. Experimento II	29
4.4.1. Caracterização do experimento.....	29
4.4.2. Produção de mudas	30
4.4.3. Estrutura experimental utilizada	30
4.4.4. Delineamento experimental e tratamentos	30
4.4.5. Cuidados e manutenção da solução nutritiva	30
4.4.6. Manejo da cultura e controle de pragas e doenças.....	31
4.4.7. Avaliações realizadas.....	32
4.7.8. Análise estatística	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Experimento I	33
5.1.1. Análise visual de sintomas de toxidez causados pela salinidade.....	33
5.1.2. Consumo hídrico	36
5.1.3. Variáveis biométricas	40
5.1.4. Produção e biometria da inflorescência	49
5.1.5. Período médio de colheita da inflorescência.....	54
5.1.6. Eficiência do uso da água na massa de matéria fresca e seca das folhas.	56
5.1.7. Eficiência do uso da água da inflorescência.....	57
5.1.8. Tolerância à salinidade.....	58

5.1.9. Viabilidade técnica de produção da couve-flor no sistema hidropônico NFT	61
5.2. Experimento II	62
5.2.1. Consumo hídrico	62
5.2.2. Variáveis biométricas	64
5.2.2. Produção e biometria das inflorescências	70
5.2.2. Eficiência do uso da água na massa de matéria fresca e seca da inflorescência	75
5.2.4. Eficiência do uso da água da massa de matéria fresca e seca das folhas.	76
5.2.5. Viabilidade técnica da produção da couve-flor 'SF1758' e análise de sintomas de toxidez.....	77
6. CONCLUSÕES	80
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
8. ANEXOS	90

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro tem sido apontado como uma das regiões mais pobres do país, fato este que tem sido justificado historicamente devido à seca que prejudica essa área do país. O Semiárido é corriqueiramente caracterizado por suas baixas precipitações ao longo do ano, má distribuição das chuvas, alta taxa de evaporação para a atmosfera e altas temperaturas. No entanto, apesar de ser considerada uma zona semiárida, também é reconhecida por ser uma das regiões secas em que mais chove no mundo.

Um grande exemplo de uma região sob condições climáticas de aridez, e que talvez seja até mais crítica que a condição do Semiárido brasileiro é Israel que, no entanto, tem sido um grande modelo mundial no desenvolvimento de tecnologias de reuso de águas na agricultura, da irrigação por gotejamento e de dessalinização de água do mar para fins domésticos, industriais e agrícolas. Todas estas tecnologias que mudaram a realidade seca daquele país são hoje produtos de exportação para países que buscam melhores formas para conviver com sua realidade climática.

No Semiárido nordestino existem milhares de poços tubulares, os quais poderiam fornecer águas subterrâneas para mitigar os efeitos adversos da seca na Região. Entretanto, frequentemente estas águas do Embasamento Cristalino do Semiárido possuem elevada salinidade. A alta salinidade destas águas subterrâneas está relacionada à baixa pluviometria, que faz com os sais transportados pelas chuvas (aerossóis) e acumulados no solo e fraturas rochosas não sejam lixiviados. A alta evaporação favorece a concentração dos sais (ZOBY, 2008).

As águas subterrâneas apresentam-se armazenadas de forma limitada, infiltrando através de fendas e fraturas do substrato rochoso (embasamento cristalino). Na maioria dos casos de exploração destes recursos hídricos, estes são considerados de má qualidade, tendo seu uso limitado para a irrigação. Devido ao modelo de agricultura convencional adotado no Semiárido brasileiro, entra-se num paradoxo de que “tem águas, mas ainda é considerado um local pobre em recursos hídricos”. Isso porque o uso destas águas fica restringido devido ao teor de sais solúveis dissolvidos nelas, tornando-as prejudiciais para o solo e para as plantas. No solo causam desagregação e desestruturação e, nas plantas diversos efeitos danosos, podendo acarretar até a perda de toda produção.

A hidroponia é uma técnica bem consolidada em vários países da Europa, sobretudo, nas zonas áridas do Mediterrâneo (DOUGLAS, 2001). No Brasil, esse sistema possui maior difusão nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, enquanto que nos demais estados, especialmente nos do Nordeste ainda é pouco abrangente. No Semiárido poucos empreendimentos estão voltados para o desenvolvimento regional e da população, desta forma, reforça o emprego do sistema de cultivo hidropônico como alternativa para impulsionar a agricultura local, através da sua aplicação no cultivo com águas salobras, o que pode gerar grandes produções hortícolas, possibilitando melhoria da qualidade alimentar e melhor qualidade de vida para a população da região.

A comercialização de olerícolas movimenta uma alta receita, pois a demanda e oferta são constantes. Este mercado possui um vasto potencial de crescimento na região do Nordeste, especialmente no Semiárido, onde a maior parte da produção é proveniente da agricultura familiar, sendo geralmente produção de pequena escala com uma ou duas culturas, a exemplo do coentro e da alface. Tais fatos reforçam e justificam que a produção de outras espécies de hortaliças como a cultura da couve-flor, pode ser uma forma de aquecer o mercado na região e trazer consigo melhor qualidade de alimentação, com maior variedade de hortaliças, e aumentar a renda dos agricultores (ANDRIOLO, 2017).

Apesar de ser considerada uma cultura de regiões frias e exigente em baixas temperaturas, a couve-flor possui cultivares híbridas que podem ser cultivadas na estação de verão e se adequam às condições de altas temperaturas, podendo ser uma excelente opção para as condições do Semiárido. Além disso, esta cultura possui um valor agregado no mercado, sendo muito bem aceita na mesa das famílias brasileiras. Outro aspecto que torna a couve-flor uma planta tão bem aceita e de alta demanda no mercado é sua rica composição nutricional, pois a planta é rica em fibras e possui baixo teor de calorias, além de ser rica em vitamina C, manganês, vitaminas B5, B6, B9 e vitamina K (MAY et al., 2007).

Diante disso, estudos atuais têm buscado soluções e alternativas para a condição do Semiárido brasileiro. Dentre algumas das tecnologias indicadas para fortalecer a agricultura nesta região, pode-se destacar: 1 - a irrigação localizada por microaspersão e por gotejamento (desde que se mantenha um manejo adequado de lâmina de água aplicada no solo com o objetivo de manter os sais sempre lixiviados para as camadas mais profundas); 2 - o cultivo em sistema hidropônico, considerado

um sistema de cultivo que se adapta às mais diversas situações, que talvez seja a mais adequada para as condições edafoclimáticas do Semiárido. As maiores vantagens deste sistema são: não necessita de solo para cultivo, eliminando-se assim o efeito da matriz do solo sobre o potencial total de água, possibilitando maior disponibilidade de água para a planta; melhor eficiência de uso de água pela planta; maior precocidade; melhor qualidade do produto e produtividade mais estável durante o ano todo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a tolerância à salinidade, a produção e a qualidade de três cultivares da couve-flor sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva em sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes).

2.2. Objetivos específicos

Determinar a tolerância à salinidade de três cultivares da couve-flor em condições hidropônicas;

Avaliar as variáveis de crescimento vegetativo da couve-flor em condições hidropônicas e sob salinidade;

Avaliar a produção, a qualidade, o consumo hídrico e a eficiência do uso da água na produção das inflorescências e das folhas da couve-flor em condições hidropônicas e sob salinidade;

Verificar a exequibilidade do cultivo da couve-flor no sistema hidropônico NFT utilizando-se em canais circulares de PVC (diâmetro nominal de 0,075 m).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura da couve-flor

Pertencente à família Brassicaceae, anteriormente denominada Cruciferae, a couve-flor (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*) é cultivada no Oriente Médio desde a antiguidade. Entretanto, somente a partir do século XII essa cultura começou a ser difundida para outras regiões do mundo, sendo que no Brasil seu cultivo foi introduzido pelos europeus no século XIX, na região serrana fluminense (Teresópolis-RJ) (MAY et al., 2007).

É uma hortaliça que vem a cada dia ganhando mais destaque na alimentação humana graças ao seu perfil nutricional rico em fibras e com baixo valor energético. Essa hortaliça é largamente distribuída nos países da Europa, em especial na região do Mediterrâneo, onde o crescente problema de salinidade tem levado à necessidade de busca por fontes alternativas de irrigação e o desenvolvimento de estratégias de manejo (GIUFFRIDA et al., 2017).

A couve-flor é considerada uma hortaliça de grande importância no Brasil, especialmente para pequenos horticultores. Segundo May et al. (2007), em termos nutricionais essa hortaliça contém 93% de água, além de sais minerais e vitaminas essenciais para a saúde. Além disso, a couve-flor é considerada ótima fonte de potássio e possui poucas calorias e muita fibra, o que atende às exigências de uma parcela significativa da população que busca cuidar da saúde. Essa cultura geralmente é produzida em pequenos terrenos agrícolas ou urbanos ao longo do ano, em função de ser uma boa opção de lucratividade e absorvedora de mão de obra, principalmente na época de colheita (MAY et al., 2007). Entretanto, o sucesso de seu cultivo depende de vários fatores, sendo de grande importância a escolha da cultivar mais adaptada às condições edafoclimáticas da região de cultivo (MORAIS JÚNIOR et al., 2012).

Com relação às condições climáticas, a couve-flor é considerada uma planta exigente, tendo sua origem em regiões de clima temperado ameno, portanto, seu cultivo era restrito a regiões de temperaturas mais amenas (BLANCO et al., 1997). Todavia, na década de 90, por meio de programas de melhoramento genético, houve o desenvolvimento de híbridos de couve-flor que podem ser cultivados em regiões com condições de clima mais quente, permitindo a produção durante todo o ano em diversas regiões (FILGUEIRA, 2008). Entretanto, Gulyàs et al. (2019)

afirmam que sob temperaturas muito elevadas (além da ótima requerida pela cultura) a emissão da inflorescência da couve-flor tende a atrasar, além de apresentar retardo na sua maturidade e aumento do crescimento vegetativo das plantas. Por outro lado, as temperaturas frias aceleram a maturidade.

Conforme Tavares (2000), a couve-flor pode ser agrupada em três classes quando se considera suas exigências termoclimáticas, sendo:

- Precoce de verão: não necessitam de frio e toleram bem o calor. A faixa de temperatura ideal para a formação da cabeça encontra-se entre 20 e 25 °C, porém, toleram temperaturas superiores a 30 °C, sem desordens fisiológicas;

- Frio moderado: adaptam-se aos cultivos para colheita em meia-estação, necessitando de frio suave a moderado de 15 a 20 °C para formar a cabeça. Temperaturas acima de 30 °C leva ao excesso de crescimento vegetativo e à formação de cabeças pequenas, de coloração avermelhada e com pelos, sem valor comercial;

- Exigentes em frio: plantas tardias, de maior vigor e muito exigentes em frio. A temperatura ideal para formação da cabeça situa-se entre 5 e 10 °C. Quando submetidas a altas temperaturas tornam-se improdutivas ou acéfalas.

A couve-flor é tida como uma planta sensível ao estresse hídrico, requerendo especial atenção no controle da quantidade da água aplicada durante o ciclo da cultura, para se evitar perdas. No geral, essa exigência hídrica está condicionada a vários fatores, com destaque para as condições climáticas, o estágio fenológico da planta, o espaçamento adotado, o índice de área foliar, entre outros. No cultivo em solo, o recomendável é que se mantenha a umidade próxima da capacidade de campo até o começo da colheita, sendo a etapa de formação e desenvolvimento da cabeça a fase crítica ao déficit hídrico (MAY et al., 2007).

Sobre as exigências nutricionais da couve-flor, vários autores destacam uma exigência crescente ao longo do ciclo por potássio, nitrogênio e cálcio (HOMA et al., 1969; SILVA et al., 1995). Em ordem decrescente de absorção pela planta, para os macronutrientes tem-se: potássio > nitrogênio > cálcio > enxofre > magnésio > fósforo. O nitrogênio desempenha papel chave para o rápido crescimento vegetativo e vigoroso da planta, estando diretamente ligado com o bom desenvolvimento da inflorescência, enquanto que o fósforo e magnésio favorecem uma ótima formação desta. Em se tratando dos micronutrientes, a couve-flor é exigente em molibdênio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco (MAY et al., 2007). Entretanto, a aplicação

excessiva de nutrientes pode contribuir para a ocorrência do “tip burn” (queima da ponta foliar), aparecimento de caule oco, escurecimento interno dos tecidos, podridão da inflorescência e outros distúrbios (GULYÁS et al., 2019).

Em termos de produção mundial de couve-flor, não existe uma base de dados sólida sobre esta cultura individualmente, entretanto, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a China se destaca liderando o ranking de produção de couve-flor e brócolis, com 10,3 milhões de toneladas, seguida da Índia com 8,5 milhões e EUA com 1,3 milhão. Dentre os países da Europa, a Espanha está em quarto no ranking com 688,8 mil toneladas destas duas culturas (FAO, 2017). A cadeia produtiva destas culturas no Brasil ainda está em desenvolvimento e, portanto, ainda não possui uma expansão acentuada de forma que a produção possa ser expressiva mundialmente.

Ainda tratando de produção interna brasileira de couve-flor, de acordo com dados do Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção desta hortaliça em 2013 foi estimada em 50.246 toneladas, sendo as principais regiões produtoras Teresópolis no Rio de Janeiro, seguido de Ibiúna, Porto Feliz, Itatiba, Jarinu e Sorocaba em São Paulo, representando 24% e, no estado do Paraná, Colombo e Londrina, com 23% da produção. Dentre os Estados do Nordeste, a cidade de Jaguaquara no Estado da Bahia se destaca, sendo o maior produtor estadual de couve-flor e também polo distribuidor de hortaliças para a capital. O Estado do Rio de Janeiro, além de possuir o status de maior produtor nacional, é tido como maior consumidor: em 2013, foram consumidas 23,2 toneladas de couve-flor, seguido do Paraná, com 12,5 toneladas e São Paulo, com 12,3 toneladas (CARDOSO, 2011; MAY et al., 2007).

Os últimos dados de produção nacional encontrados na literatura são relatados por Garcia et al. (2017), que apresentaram, estimativas que apontam que no ano de 2016 foram plantadas 11 mil hectares de couve-flor no Brasil, tendo produtividade média de 29,7 toneladas por hectare, alcançando produção de 329 mil toneladas, o que representa uma receita de 61,46 milhões de dólares.

O sucesso da produtividade da couve-flor tem dependido basicamente das características da cultivar trabalhada e do manejo adequado dos tratamentos culturais da cultura. Testando diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na produção da couve-flor, Oliveira et al. (2019) reportaram que todos os parâmetros de

crescimento da cultura apresentaram valores máximos quando submetida a lâminas superiores a evapotranspiração da cultura. Os autores constataram uma produtividade máxima de 24,5 toneladas por hectare e massa fresca da inflorescência de 858,9 g planta⁻¹, obtida com a aplicação de 132,09% da evapotranspiração da cultura (ET_c) calculada pela evapotranspiração de referência (ET_o).

Com relação à salinidade, a cultura da couve-flor é classificada como uma planta que apresenta tolerância moderada, entretanto, essa característica pode ser variável, sendo dependente do ciclo de desenvolvimento da planta e também da cultivar mais adequada para as condições edafoclimáticas de cada região (BERNSTEIN e AYERS, 1949). No cultivo em solo, De Pascale et al. (2005) constataram uma salinidade limiar de 1,52 dS m⁻¹ para a cultura, com redução relativa de rendimento de 14,4% por unidade de aumento na salinidade da água acima do limiar encontrado.

3.2. Origem e características das águas do Semiárido brasileiro

Dentre os fatores que explicam a baixa produtividade da agricultura no Semiárido brasileiro, está o seu clima tropical semiárido, que é caracterizado por ser seco e quente e, pelo índice pluviométrico anual baixo (em torno de 700 mm), o que acarreta baixa disponibilidade de recursos hídricos locais. Além da irregularidade das chuvas ao longo do ano, também há uma irregularidade interanual. Há anos em que chove acima da média, enquanto que em outros as chuvas são escassas e mais concentradas, de forma que a estiagem fica mais severa (CASTRO, 2018).

A partir do regime de chuvas do Semiárido é possível traçar um cenário para a disponibilidade de água para a agricultura. Com a ocorrência da estiagem, os rios secam rapidamente e os lençóis subterrâneos sofrem rebaixamento profundo, inviabilizando a utilização de suas águas. As temperaturas registradas no local são altas, contribuindo para a existência de um desequilíbrio entre a quantidade de água presente e a taxa de evapotranspiração. Assim, as águas acumuladas tendem a evaporar com rapidez (AB'SÁBER, 1999).

De acordo com Cordeiro (2001), as águas utilizadas para a agricultura no Semiárido brasileiro são oriundas de rios e açudes em sua maior parte, mas também de origem subterrânea, que apresentam, com algumas ressalvas, valores de condutividade elétrica menor que 0,75 dS m⁻¹ e teor de sódio abaixo de 60%. Tais

águas são consideradas de boa qualidade, não causando sérios problemas para o uso agrícola desde que sejam viabilizadas condições adequadas para o manejo da irrigação. Por outro lado, milhares de poços tubulares estão abandonados no Semiárido devido à alta condutividade elétrica das suas águas, tornando estas inapropriadas para diversos fins, principalmente para o uso agrícola (CORDEIRO, 2001).

Entretanto, a qualidade destas águas sofre variações ao longo do tempo e espaço. Nos períodos de estiagem, devido ao menor volume de água em corpos hídricos superficiais e subterrâneos, estes passam a apresentar níveis mais elevados de concentração de sais e, é particularmente nesta época, quando também são mais elevadas a temperatura e evapotranspiração na região e, conseqüentemente neste momento as culturas passam a requerer um maior suprimento de água, com a finalidade de suprir suas necessidades fisiológicas, que são mais fortemente afetadas nestes períodos (SILVA JÚNIOR et al., 1999).

A qualidade da água utilizada na agricultura irrigada está relacionada com o teor de sais solúveis presentes na água, ou salinidade em uma definição mais ampla do termo. Neste contexto, a qualidade da água é definida em função de três critérios fundamentais: salinidade em sentido corrente, sodicidade e toxicidade. O parâmetro de salinidade estuda o risco de aumento da concentração de sais, com o consecutivo efeito osmótico e redução da produção da planta. A sodicidade leva em consideração o risco de haver aumento da percentagem de sódio trocável com deterioração da estrutura do solo. E o critério de toxicidade avalia problemas que podem gerar o acúmulo de determinados íons nos tecidos, e desequilíbrios nutricionais nas plantas (ALMEIDA, 2010).

Ainda em termos de qualidade da água, a condutividade elétrica (CE) é o parâmetro mais empregado para avaliar o nível de salinidade, ou o acúmulo de sais solúveis na água. O termo CE refere-se à medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica que, aumenta, proporcionalmente, conforme a concentração de sais se eleva. De acordo com a CE, podem ser designadas quatro categorizações de águas, sendo elas: água de baixa salinidade ($CE < 0,25 \text{ dS m}^{-1}$); água de salinidade média ($CE \text{ entre } 0,25 \text{ e } 0,75 \text{ dS m}^{-1}$); água de salinidade alta ($CE \text{ entre } 0,75 \text{ e } 2,25 \text{ dS m}^{-1}$) e água de salinidade muito alta ($CE > 2,25 \text{ dS m}^{-1}$) (RIBEIRO et al., 2005; ALMEIDA, 2010).

3.3. Hidroponia

Atualmente, o cultivo hidropônico vem sendo designado como uma alternativa ao cultivo convencional, pois este apresenta inúmeros benefícios para o consumidor, para o produtor e para o meio ambiente, tendo como resultado a obtenção de produtos de alta qualidade, aumento da precocidade das culturas, aumento da produtividade, com menor consumo de água, de insumos agrícolas e de mão de obra (PAULUS et al., 2012).

A hidroponia é um termo derivado de duas palavras de origem grega Hydro, que significa água, e Ponos que significa trabalho, equivalendo, assim a “trabalho na água”. É uma técnica considerada instrumento de grande importância para estudos relacionados à composição das plantas, sua forma de crescimento, aos nutrientes que necessitam e às respostas que apresentam às variações ambientais. A hidroponia caracteriza-se como sendo uma técnica de cultivo sem solo, com ou sem o uso de substrato, na qual os nutrientes são fornecidos às plantas em um fluxo contínuo ou intermitente, ou como uma lâmina líquida em repouso, continuamente aerada, de solução nutritiva (CARRIJO e MAKISHIMA, 2000).

A utilização da hidroponia é datada desde tempos remotos, principalmente, pelas civilizações antigas da Babilônia (jardins suspensos) e do México (jardins flutuantes) do período asteca. Entretanto, foi no decorrer dos anos de 1859 e 1865 que Julius von Sachs, professor de Botânica da Universidade de Wurzburg, na Alemanha, realizou estudos a partir de pesquisas anteriores de outros autores, que vieram a tornar possível o desenvolvimento de uma dada cultura sem uso de terra em laboratório, adicionando proporções balanceadas de adubos químicos à água. Alguns anos mais à frente, por volta de 1930, William F. Gericke realizou ensaios com tomateiros e seus estudos foram tão bem-sucedidos que o mesmo passou a realizar testes com outras culturas e, então, batizou a nova técnica de cultivo de hidroponia. Com a publicação dos seus resultados, a hidroponia se difundiu pelos Estados Unidos e Europa. A hidroponia recebeu um impulso adicional com o advento da Segunda Guerra Mundial, em 1939. Os militares instalaram unidades de hidroponia em suas bases, o que resultou em milhares de toneladas de legumes e verduras para o consumo dos soldados durante os anos de guerra (CARRIJO e MAKISHIMA, 2000; DOUGLAS, 2001).

No Brasil a hidroponia (técnica advinda do Japão) foi introduzida com a finalidade de cultivo comercial no ano de 1987 por Shigueru Ueda e Takanori

Sekine, próximo à cidade de São Paulo. A alface foi a primeira cultura a ser cultivada hidroponicamente no Brasil. Eles utilizaram um sistema hidropônico tipo NFT (“Nutrient Film Technique” ou técnica do fluxo laminar de nutrientes) adaptado, constituído de ravinas de telhas de cimento amianto corrugado, preenchidas com cascalho como substrato (FURLANI, 1997).

De acordo com Furlani et al. (2009), distintos sistemas hidropônicos são caracterizados na literatura, sendo que os mais utilizados são:

a) Sistema NFT: este sistema é constituído basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade, formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes;

b) Sistema DFT “Deep Flow Technique” ou cultivo na água ou “floating”: neste sistema a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) onde as raízes ficam submersas. Não existem canais e sim uma mesa plana onde fica circulando a solução, através de um sistema de entrada e drenagem característicos;

c) Sistema com substratos: para hortaliças frutíferas, flores e outras culturas que têm sistema radicular e parte aérea mais desenvolvidos, utilizam-se vasos preenchidos com material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lã-de-rocha, espuma fenólica, espuma de poliuretano, entre outros, para a sustentação da planta, onde a solução nutritiva é percolada através desses materiais e drenada pela parte inferior dos vasos, retornando ao tanque de solução.

3.4. Cultivo hidropônico com uso de águas salobras no Semiárido brasileiro

A acessibilidade de água doce para fins agrícolas está cada vez menor em várias regiões do mundo, em função da demanda crescente de água pelas indústrias e pelo aumento populacional que, além de mais água, demanda mais alimentos. Essa demanda crescente por água na produção agrícola é causada não somente pelo maior número de pessoas a serem alimentadas, mas também pelo desejo destas em comer alimentos de melhor qualidade e mais saborosos. Com relação à estes aspectos, a agricultura hoje enfrenta adversidades quanto à água de boa qualidade necessária para que a segurança alimentar das pessoas continue a ser

atendida. Dessa forma, o uso de águas de baixa qualidade para atender as necessidades hídricas das culturas pode ser uma alternativa viável para evitar uma possível crise de alimentos no mundo (WAN et al., 2010; AUGUSTO et al., 2012). Segundo Cordeiro (2001), estas águas podem ser utilizadas com êxito para a irrigação das culturas sem grandes consequências a longo prazo, se estratégias de gestões adequadas forem estabelecidas. Estas estratégias compreendem a aplicação de tecnologias de irrigação avançada, seleção apropriada de culturas tolerantes à salinidade, e também a utilização da hidroponia para viabilizar produção de alimentos em locais onde não é possível realizar o cultivo convencional ou em solo devido às limitações de volume e qualidade das águas.

Nesse contexto do Semiárido brasileiro, Leal et al. (2008) defendem que vários procedimentos podem ser realizados para produzir de forma satisfatória em condições de água com alto teor de sais solúveis, dentre os quais, se destaca a utilização de culturas tolerantes à salinidade e sodicidade associada à seleção de um sistema de irrigação adequado à situação de cultivo. Uma outra alternativa que possui boa adaptabilidade às condições do Semiárido é o sistema de cultivo hidropônico. De acordo com Rodrigues (2002), este tipo de cultivo apresenta inúmeras vantagens sobre o cultivo convencional em solo, tais como: obtenção de produtos de melhor qualidade, mais uniformes, com maior produtividade, menor custo de mão-de-obra, melhor eficiência de uso da água, e de insumos agrícolas e preservação do meio ambiente.

A alta eficiência de uso da água na hidroponia é uma de suas principais vantagens, devendo este volume de água consumido pelas plantas ser menor que no cultivo com solo. Esse aspecto particular é uma premissa para a adoção do cultivo hidropônico em condições de baixa disponibilidade hídrica (SOARES et al., 2010). Uma outra vantagem segundo Santos (2013), é que nesse sistema de cultivo a planta tem maior possibilidade de absorver água devido ao potencial matricial ser praticamente nulo, com maior atuação apenas do potencial osmótico da solução nutritiva.

Segundo Soares et al. (2007), em cultivo hidropônico as plantas podem apresentar maior tolerância à salinidade que em cultivo convencional em solos, considerando a maior e mais constante disponibilidade de água às plantas na hidroponia, sendo pouca ou inexistente a ação do potencial mátrico sobre o potencial total da água, o que deve representar uma maior absorção de água e

nutrientes. Por esta razão, em cultivos hidropônicos, é esperado que culturas de ciclo curto, viabilizem o uso sustentável de águas salobras.

Com o intuito de estudar o desempenho de espécies de plantas cultivadas com uso de águas salobras, muitos trabalhos foram e vêm sendo realizados. Nesse âmbito, cultivando a rúcula em sistema hidropônico com uso de águas salobras provenientes de dessalinização e de um poço tubular em Ibimirim-PE, Silva et al. (2012) constataram que a elevação do teor de sais na solução nutritiva proporcionou menor consumo hídrico das plantas. Os autores destacaram também que plantas submetidas a níveis de salinidade acima de 3 dS m^{-1} tiveram redução na quantidade de folhas, perdendo seu valor comercial. Em trabalho semelhante desenvolvido na mesma localidade com a cultura da alface, Santos et al. (2010) relataram redução do crescimento e perdas de rendimento por acréscimo unitário na salinidade. Entretanto, os autores destacaram que a água subterrânea salobra apresentou viabilidade para uso em cultivo hidropônico da alface.

Em trabalho com a couve-flor em sistema hidropônico com uso de águas salobras, Cruz et al. (2017) afirmaram que o consumo hídrico e a eficiência do uso da água das biomassas frescas e secas da parte aérea da planta sofreram redução linear com o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva.

Em trabalho com a couve chinesa cultivada hidroponicamente com uso de águas de diferentes níveis salinos, Lira et al. (2015) relataram que houve redução do consumo hídrico e de todas variáveis de crescimento e de produção da cultura devido ao aumento da salinidade da água empregada no preparo da solução nutritiva. Além disso, os autores afirmam terem encontrado maior acúmulo de Na^+ e Cl^- nas folhas enquanto que as concentrações de N, K, Ca e Mg obtiveram reduções mediante o aumento da salinidade. Todavia, os autores defendem a viabilidade do uso de águas salobras para a produção da couve chinesa em sistema hidropônico como opção ao sistema convencional para produtores com oferta restrita de água doce, mas que tenham uma oferta disponível de água salobra em sua propriedade.

3.5. Efeitos da salinidade sobre as plantas

Quando um fator ambiental age limitando a produtividade das plantas ou comprometendo sua biomassa é denominado de estresse ou perturbação. A salinidade presente no solo e na água é uma das principais responsáveis pelos

estresses abióticos em plantas, particularmente, em regiões áridas e semiáridas e pode impactar severamente a produtividade das culturas (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Os principais efeitos da salinidade sobre as plantas são caracterizados por duas restrições básicas: um efeito osmótico consequente da redução do potencial osmótico na região da rizosfera da planta devido ao acúmulo de solutos no solo, podendo reduzir substancialmente a absorção de água pelas células vegetais e gerar efeitos semelhantes ao da seca; e um efeito iônico consequente da toxicidade direta de íons específicos (em especial, o Na^+ e Cl^-), que atuam também no desbalanço nutricional das plantas, acarretando em diversas alterações fisiológicas e; o efeito oxidativo, resultado da redução da taxa fotossintética e aumento da respiração, o que resulta no acúmulo de espécies reativas de oxigênio ativo (MUNNS e TESTER, 2008; DEGL'INNOCENTI et al., 2009).

De acordo com Degl'Innocenti et al. (2009), a salinidade do solo é um importante fator limitante para o desenvolvimento da agricultura em regiões áridas e semiáridas, e as plantas diferem largamente com relação à sua sensibilidade ao estresse salino, sendo que existem espécies muito sensíveis e outras muito tolerantes, além de diferenças de tolerância que pode ocorrer dentro da própria espécie.

A salinidade presente em solos e águas é uma associação de várias combinações de íons de sódio, cálcio, magnésio, cloreto, potássio, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos e, em casos raros nitrato. E independentemente dos íons que a compõe, a salinidade provoca redução do crescimento das plantas e queda de produtividade (SMITH et al., 2010).

Quando a irrigação se dá com águas ricas em quantidades consideráveis de sais solúveis, no solo o excesso destes sais podem causar o aumento da tensão osmótica da solução do extrato de saturação, podendo atingir um nível tão elevado que às plantas não terão força suficiente para absorver a quantidade de água que necessita, mesmo que o solo esteja em condição de boa umidade (DIAS et al., 2016; MAVI e MARSCHNER, 2017).

A salinidade pode desencadear diferentes efeitos sobre as plantas, sobretudo quando está associada a outros fatores como toxicidade de nutrientes, temperatura da solução nutritiva, etc. Neste sentido, Smith et al. (2010) testaram três níveis de salinidade da água produzida artificialmente pela adição de cloreto e sulfato (CEa 2;

12 e 19 dS m⁻¹) utilizada para a irrigação e três níveis de concentrações de boro no brócolis cultivado em solo. De acordo com os autores, independentemente da concentração do boro a salinidade reduziu significativamente o rendimento da massa fresca da inflorescência do brócolis.

Como efeitos do estresse salino na couve-flor e no brócolis cultivados concomitantemente em sistema hidropônico, Giuffrida et al. (2013) relataram que o aumento da concentração salina na solução nutritiva provocou redução similar de massa seca em ambas as culturas independentemente do nível de salinidade. Do mesmo modo, houve aumento das concentrações de Cl⁻ nos órgãos da couve-flor e do brócolis independentemente do nível de salinidade. Mas, a concentração de Cl⁻ nas raízes do brócolis sob estresse salino foi maior que na couve-flor. Para os autores, esse maior acúmulo de Cl⁻ nas raízes do brócolis surge como mecanismo de defesa sob estresse salino que poderia aumentar sua tolerância à salinidade em comparação com a couve-flor sob as mesmas condições de estresse. Como outro mecanismo de defesa para o estresse conferido pelos sais, as duas culturas também revelaram a compartimentação de íons em excesso nos vacúolos das folhas mais velhas como um possível mecanismo para se evitar danos nas folhas fotossinteticamente ativas.

No cultivo hidropônico da couve-flor com diferentes níveis de salinidade da água (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação da solução nutritiva (1,5 e 2,5 L m⁻¹), Cruz et al. (2017) relataram que o aumento da salinidade reduziu o consumo de água pelas plantas e a eficiência do uso de água das biomassas frescas e secas da parte aérea, independentemente das vazões. Em trabalho similar, Soares (2018) relata que maiores vazões de águas salobras em sistema hidropônico aumentam o acúmulo dos íons de cloreto e sódio e, reduzem o de fósforo e potássio na parte aérea das plantas. Para o autor, o aumento do sódio e diminuição do potássio pode ser explicado por causa da inibição competitiva entre esses dois cátions, pois, disputam o mesmo canal de absorção. Explica também, que a elevação dos teores de sódio e cloreto, eventualmente, é decorrente do fato das plantas não terem executado mecanismo de exclusão destes íons, tendo como resultado o surgimento de toxidez na salinidade de 5,5 dS m⁻¹. O autor ressalta que o aumento da salinidade da água usada no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina evapotranspirada reduz o crescimento da couve-flor. Ambos autores não relatam formação da inflorescência da cultura.

Giuffrida et al. (2017) relataram que a salinidade afeta o crescimento da couve-flor principalmente quando imposta no primeiro estágio de crescimento. Ainda segundo os autores, sob estresse salino moderado a couve-flor sofre redução no crescimento e rendimento, devido principalmente aos efeitos específicos de íons e desequilíbrios nutricionais em consequência ao antagonismo que existe dos íons de sódio e de cloreto para com outros íons nutrientes, como o potássio e o nitrato, respectivamente. Na fase de formação e crescimento da inflorescência a salinidade provoca diminuição do rendimento por efeito de uma restrição hídrica no acúmulo de água na inflorescência.

Mediante o cultivo da couve-flor em sistema sem solo submetida a dois níveis da condutividade elétrica da solução nutritiva (2 e 4 dS m⁻¹) na fase de pré-colheita, Giuffrida et al. (2018) reportaram melhoras nas características comerciais da couve-flor, além do aumento no tempo de prateleira do produto.

Dentre os efeitos dos sais sobre a couve-flor, De Pascale et al. (2005) relataram que a produção de matéria seca foliar e o peso específico das folhas estão positivamente correlacionados com a salinidade. Por outro lado, a massa e diâmetro, da inflorescência estão negativamente correlacionados com a salinidade. Ainda segundo os autores a couve-flor foi classificada como uma cultura moderadamente tolerante com base no modelo de Mass e Hoffman (1977), com salinidade limiar de 1,52 dS m⁻¹ e 14,4% de redução relativa de rendimento por unidade de acréscimo na salinidade acima do limiar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do estudo

O estudo foi realizado nas dependências da área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Cruz das Almas-BA (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude de 220 m). O clima local é do tipo tropical quente e úmido (Af) segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), com médias anuais de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa de 1.224 mm, 24,5 °C e 80%, respectivamente.

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação (orientação Leste-Oeste) para maior controle ambiental e fitossanitário da couve-flor. A casa de vegetação era do tipo arco simples, caracterizada por possuir muretas de alvenaria (altura 0,30 m) em todo perímetro, com dimensões de 7,0 m de largura e 33 m de comprimento, com pé direito de 4,0 m, coberta com filme plástico transparente (espessura de 150 µm) e tela de sombreamento (50%) nas laterais e tela termorefletora (50%) como subcobertura interna, à altura do pé-direito. A superfície do solo da casa de vegetação foi coberta com uma camada de brita para maior garantia do controle fitossanitário.

Externamente à casa de vegetação foram obtidos dados diários de temperatura do ar e evapotranspiração de referência (ET_o), provenientes da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura, a uma distância de 2,6 km em linha reta do local do experimento. Salienta-se que estes dados diferem das condições no interior da casa de vegetação.

4.2. Plano experimental

No Experimento I avaliaram-se três cultivares da couve-flor submetidas a níveis relativamente constantes de salinidade da solução nutritiva. No Experimento II avaliou-se apenas uma cultivar da couve-flor submetida a níveis crescentes de salinidade da solução, com base nos resultados obtidos no Experimento I.

4.3. Experimento I

4.3.1. Caracterização do experimento

O experimento foi iniciado em 01/05/2019, aos 28 dias após a semeadura (DAS) e foi concluído em 05/07/2019, aos 93 dias DAS, com 65 dias após o transplante (DAT). Dessa forma, o período do estudo compreendeu 50 dias do outono e 15 dias do inverno local.

As médias de temperatura do ar mínima, máxima e média foram de 20,9; 28,2 e 23,8 °C (Figura 1A), respectivamente, e evapotranspiração de referência média de 4,0 mm dia⁻¹ (Figura 1B) durante o período de estudo.

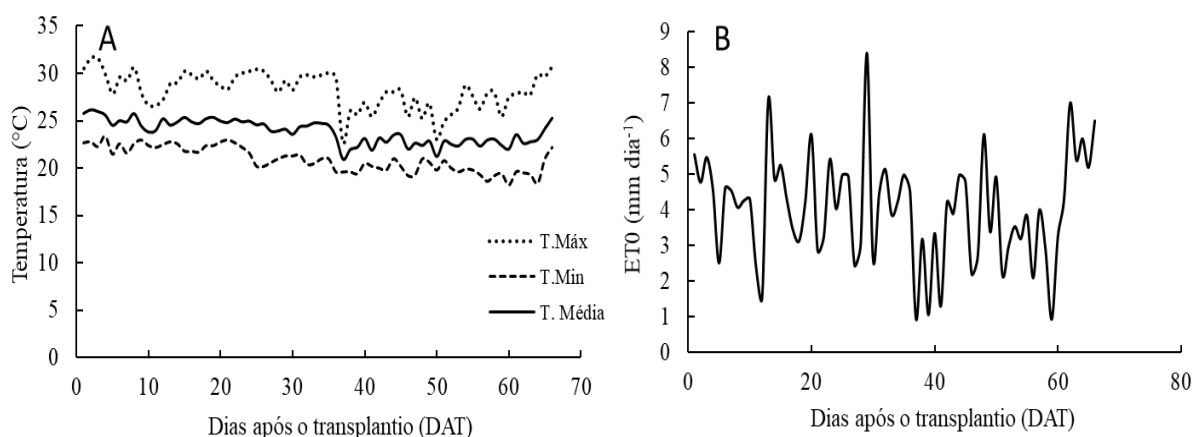


Figura 1. Dados diários de temperatura do ar (A) e evapotranspiração de referência - ET₀ (B) obtidos externamente da estação meteorológica do INMET, durante o ciclo de cultivo da couve-flor.

4.3.2. Produção de mudas

A cultura estudada foi a couve-flor (*Brassica oleraceae* var. *botrytis*). Foram utilizadas três cultivares híbridas adaptadas às condições de verão, com coloração branca das inflorescências. Para o preparo das mudas, em 03/04/2019 sementes, procedentes das empresas TopSeed para a cv. 'Piracicaba de Verão' e Feltrin Sementes para as cv. 'Sabrina' e 'SF1758', foram semeadas em células cúbicas (duas por célula) de espuma fenólica (2 cm x 2 cm x 2 cm), preliminarmente lavadas com água corrente do abastecimento local (condutividade elétrica da água - CEa de 0,3 dS m⁻¹) para a eliminação de resíduos de fabricação. Após a distribuição das sementes nos orifícios das células de semeadura, uma leve camada de substrato

tipo 'vermiculita' foi aplicada sobre as placas de espuma fenólica para garantir uma maior uniformidade de germinação.

A emergência teve início após 24 horas da sementeira e, após 2 dias da sementeira (DAS), as plântulas foram transferidas para casa de vegetação para que estas não viessem a estiolar. Aos 5 DAS as plantas foram transferidas para um berçário tipo NFT, construído com telha de PVC ondulada. As placas de germinação foram irrigadas apenas com água de abastecimento local (CEa 0,3 dS m⁻¹). Durante a fase de berçário, as mudas foram irrigadas com solução nutritiva diluída a 50% (CEsol 1 dS m⁻¹), feita conforme a recomendação de Furlani et al. (1999), para hortaliças folhosas. Ainda no berçário, foi feito o desbaste das mudas, de modo a manter apenas uma planta por célula.

No berçário as irrigações das mudas foram controladas por temporizador analógico, programado para ligar o sistema durante 0,25 h e desligar por 0,25 h, das 06:00 às 18:00 h; no período noturno a solução nutritiva foi recirculada a cada 2 h, com duração de 0,25 h cada evento.

O transplante das mudas para o sistema hidropônico NFT definitivo foi realizado aos 28 DAS, momento em que se iniciou a aplicação dos tratamentos salinos. Foi utilizado como parâmetro para início dos tratamentos o estabelecimento de quatro folhas definitivas, fase em que estas apresentavam altura suficiente para superarem a altura do canal de cultivo.

4.3.3. Estrutura experimental utilizada

O cultivo da couve-flor foi realizado no sistema hidropônico NFT, com canais de cultivo (com declividade de 5,0%) confeccionados com tubos de PVC (pigmento azul) de 0,075 m de diâmetro e 6 m de comprimento, contendo orifícios circulares de 0,05 m de diâmetro para alocação das plantas, as quais foram espaçadas em 0,50 m. Os canais de cultivo foram dispostos em bancadas construídas com cavaletes de tubos de PVC de 0,05 m de diâmetro comercial a uma altura de 1,0 m do solo, sendo alocados dois canais por bancada e espaçados em 0,80 m entre si.

Os estudos realizados contaram com 36 unidades experimentais das 42 disponíveis. Cada unidade experimental foi representada por um canal hidropônico independente, sendo composta também por um reservatório de plástico (capacidade de 60 L) para armazenamento da solução nutritiva, dotado de uma torneira-boia que

permitiu a manutenção do volume de solução constante em 50 L e uma eletrobomba (32 W) para recalcar a solução para o canal hidropônico.

Foi acoplado um sistema de abastecimento individualizado para cada unidade experimental, construído com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro comercial de 0,20 m, acoplado acima do reservatório de solução nutritiva. O reservatório de reabastecimento constituiu um tipo de sistema que permitiu a saída automática da água para o reservatório de solução nutritiva, mediante a torneira-boia instalada, possibilitando a manutenção do volume. O depósito de reabastecimento foi dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente, o que permitiu a coleta das leituras diárias do consumo hídrico das plantas para a determinação do volume evapotranspirado por planta ao longo do ciclo da cultura.

A rede elétrica da casa de vegetação foi dimensionada para operar todas as unidades experimentais concomitantemente. A programação de operação do sistema foi similar à adotada na fase de berçário.

4.3.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis repetições, em esquema fatorial 3 x 6 em parcelas subdivididas: que consistiu de seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva nas parcelas principais e três cultivares de couve-flor ('Piracicaba de Verão', 'Sabrina' e 'SF1758') nas subparcelas, cultivadas dentro do mesmo canal hidropônico. Cada unidade experimental representou uma repetição por tratamento e, em cada canal de cultivo foram cultivadas três plantas por cultivar, totalizando nove plantas espaçadas em 0,50 m.

As águas salobras usadas no preparo da solução nutritiva (CEa de 1,60; 2,46; 3,46; 4,34 e 5,51 dS m⁻¹), foram obtidas artificialmente pela adição de cloreto de sódio sem iodo (NaCl) à água de abastecimento local (CEa 0,30 dS m⁻¹). Posteriormente, nessas águas foram adicionados sais fertilizantes empregando-se a formulação de nutrientes de Furlani et al. (1999) a 100% para hortaliças folhosas. As quantidades de sais nutrientes para o preparo de 1000 L de solução foram: 750 g de nitrato de cálcio; 500 g de nitrato de potássio; 150 g de fosfato monoamônico; 400 g de sulfato de magnésio; 0,15 g de sulfato de cobre; 0,5 g sulfato de zinco, 1,5 g de sulfato de manganês; 1,5 g de ácido bórico; 0,15 g de molibdato de sódio e 34 g de ferro (FeEDDHMA 6%). Após a homogeneização da solução preparada, foram

obtidos valores de condutividade elétrica (CEsol) de 1,94; 3,24; 4,10; 5,04; 5,92 e 7,01 dS m^{-1} .

É importante salientar que para as análises realizadas levou-se em consideração a condutividade elétrica da solução nutritiva ponderada no tempo, para que os valores obtidos fossem o mais próximo possível da condição de salinidade real na região da raiz da planta (Figura 2). Assim, os tratamentos consistiram nas seguintes condutividades elétricas ponderadas da solução nutritiva: 1,4 (controle); 2,6; 3,5; 4,6; 5,4 e 6,7 dS m^{-1} .

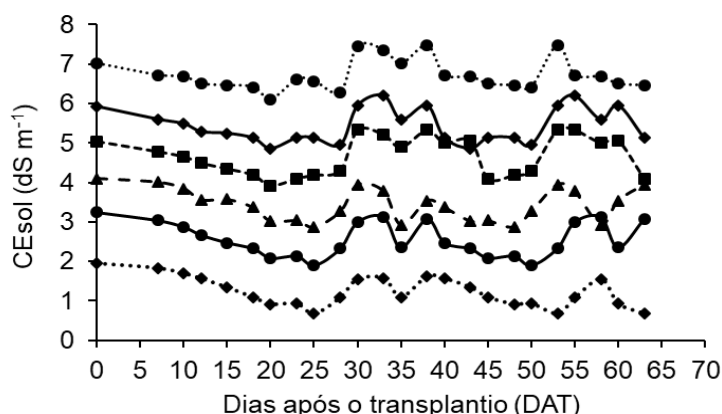


Figura 2. Valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do ciclo de três cultivares de couve-flor cultivadas no sistema hidropônico NFT, com reposição do volume consumido pelas plantas utilizando água de abastecimento local (CEa 0,3 dS m^{-1}).

4.3.5. Cuidados e manutenção da solução nutritiva

Ao longo do experimento (duas vezes por semana) os valores de condutividade elétrica e pH da solução nutritiva (SN) foram monitorados a partir da coleta da SN diretamente no reservatório de cada parcela, com posterior medição em condutivímetro e pHmetro de bancada.

Quando os valores de pH estavam acima da faixa (5,0-6,5) recomendada para o cultivo hidropônico, foi utilizado ácido sulfúrico diluído a 30% para baixar o pH. Com base nesse monitoramento foi detectado que a couve-flor manteve o hábito de sempre elevar o pH.

A reposição de nutrientes da SN para todos os tratamentos foi feita quando os valores de CE_{sol} dos tratamentos tiveram decréscimo de até 1 dS m⁻¹, conforme procedimento de Lira et al. (2015). Esses autores defendem que esta prática é mais próxima das condições reais do produtor e, que não compromete o suprimento de nutrientes para o desenvolvimento das plantas.

Para a reposição dos nutrientes foi preparada solução nutritiva num volume de 50 L (volume de SN de cada reservatório) utilizando quantidades de sais nutrientes para a obtenção de uma concentração de 36 vezes, o que resultou numa relação de aproximadamente 1,4 L dessa solução concentrada para o preparo de 50 L da solução com condutividade de 2 dS m⁻¹. Com a relação de 1,4 L para elevar em até 2 dS m⁻¹ a condutividade elétrica da SN foi feita a reposição de nutrientes individualmente por parcela.

Em virtude da absorção de íons nutrientes e tóxicos pelas plantas (Na⁺ e Cl⁻), aos 43 DAT (13/06/2019) foi realizada a substituição total da solução nutritiva de todos os tratamentos.

4.3.6. Manejo da cultura e controle de pragas e doenças

Quando as plantas obtiveram porte variando entre 0,25 a 0,30 m foi necessária a realização do tutoramento, visto que estas foram alocadas nos orifícios dos canais de cultivo utilizando-se apenas copos descartáveis de 80 mL (com o fundo previamente removido) para dar suporte inicial no crescimento das plantas. O tutoramento foi feito com auxílio de barbante de algodão amarrado na primeira bifurcação do caule de modo a não causar estrangulamento da região e interferir no fluxo de seiva. Semanalmente foi feita a remoção de folhas mortas para eliminar possíveis inóculos de doenças. Diariamente foi realizada uma varredura para o controle manual de lagartas e pulgões que surgiam eventualmente sobre as plantas.

Para o controle fitossanitário de doenças com origem na solução nutritiva, como foi o caso do *Pythium* (Figura 3A) e *Fusarium* (Figura 3B) verificado em algumas parcelas experimentais no presente estudo foi feita a aplicação de peróxido de hidrogênio de 200 volumes, aplicando-se cerca de 90 µL para cada reservatório uma vez por semana, na proporção de 1,7 mL de peróxido de hidrogênio para 1000 L de solução nutritiva. O peróxido foi escolhido para esta finalidade pelo fato deste produto ser rapidamente degradado e não deixar resíduos tóxicos, além de ser facilmente encontrado no comércio, sendo muito vantajoso para o produtor.

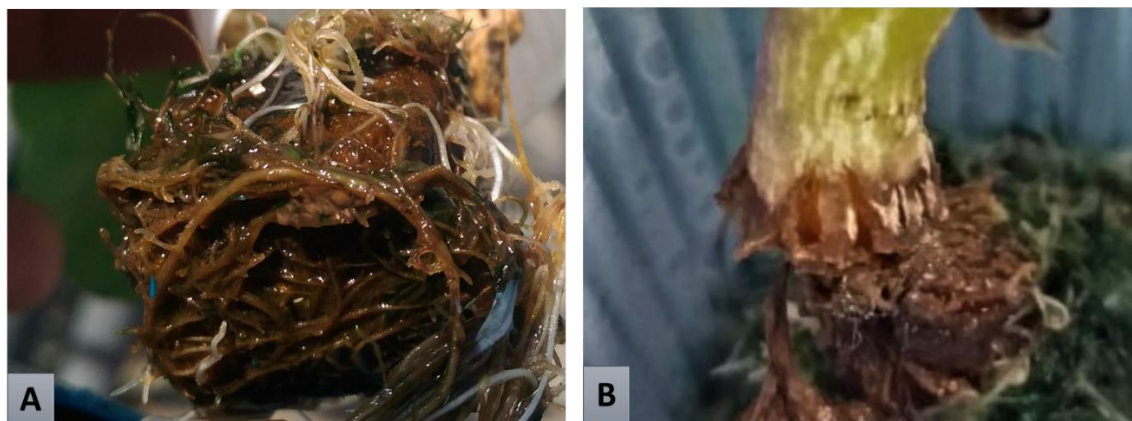


Figura 3. Raízes e colo do caule acometidos por *Pithyum* (A) e *Fusarium* (B).

4.3.7. Avaliações realizadas

4.3.7.1. Análise visual de sintomas causados pela salinidade

Diariamente ao longo da condução do experimento, as plantas foram examinadas com foco no surgimento de sintomas de toxicidade e/ou alterações no desenvolvimento fenológico em função do estresse salino imposto pelos tratamentos aplicados. Nas folhas buscou-se a detecção de sintomas quanto ao aspecto coriáceo e à deformação e, ao aparecimento de clorose, de necrose e abscisão foliar precoce. As inflorescências foram avaliadas ao longo do ciclo da cultura e no ato da colheita com relação à deformação, à presença de defeitos, ao aparecimento de necrose e coloração. Nas raízes não foram avaliados sintomas devido à dificuldade de observação da mesma no interior do canal de cultivo.

4.3.7.2. Consumo hídrico

A avaliação do consumo hídrico da cultura foi feita diariamente mediante o acompanhamento da altura da coluna d'água do reservatório cilíndrico que reabastecia o volume do depósito de solução nutritiva de cada unidade experimental. Desse modo, o consumo de água diário foi obtido por meio da Eq.1. Foi levado em consideração o número de plantas alocadas por canal de cultivo em cada leitura realizada, inclusive fazendo essa contabilização nos diferentes dias de colheita. Buscou-se reduzir os erros ocasionados nos eventos de leitura (fator humano, bolhas de ar na mangueira do nível d'água, travamento da boia que controla a saída da água, etc) realizando a junção dos valores para a obtenção de

valores acumulados por decêndios no ciclo, extraindo-se desses uma estimativa média do consumo hídrico ao longo do ciclo.

$$CH = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta t} \times 10^3 \quad (1)$$

em que:

CH - Consumo hídrico diário por planta, L planta⁻¹ dia⁻¹;

L_f - Leitura final do nível da água no depósito de reabastecimento automático, m;

L_i - Leitura inicial do nível da água no depósito de reabastecimento automático, m;

D - Diâmetro interno do depósito de reabastecimento automático, m;

Δt - Intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n - Número de plantas cultivadas no perfil, no intervalo de tempo Δt.

4.3.7.3. Variáveis biométricas

As variáveis de crescimento foram avaliadas no momento da realização da colheita da inflorescência da cultura, quais sejam: altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), comprimento (CF) e largura foliar (LF), número de folhas (NF), massas de matéria fresca de folhas (MMFF) e da parte aérea (MMFPA), massas de matéria seca de folhas (MMSF) e da parte aérea (MMSPA). As massas de matéria fresca e seca da parte aérea da planta foram obtidas pelo somatório das massas fresca e seca do caule e de folhas.

a) Altura da planta

Com auxílio de uma fita milimetrada mediu-se a altura da planta tomando-se como referência a região do colo até a parte mais alta da parte aérea da planta. Avaliou-se uma planta pré-selecionada por cultivar por parcela.

b) Diâmetro do caule

Fez-se a medida de diâmetro do caule com auxílio de um paquímetro digital a uma altura de 0,02 m acima do colo. A medição foi feita em uma planta pré-selecionada de cada cultivar por parcela.

c) Área foliar

A área foliar da couve-flor foi estimada durante a colheita por meio de um integrador portátil tipo scanner modelo CI-202 CID Bio-Science. Foi selecionada a sexta folha completamente expandida para a leitura no scanner, sendo avaliada uma planta por cultivar e por parcela. Para maior precisão dos resultados obtidos e controle de possíveis efeitos de bordadura, foram selecionadas as três plantas centrais do canal de cultivo (uma de cada cultivar).

d) Comprimento e largura foliar

Foram obtidas medidas lineares do comprimento e largura de folhas com auxílio de uma fita milimetrada. As dimensões foram medidas em uma folha pré-selecionada de uma planta por cultivar por parcela.

e) Número de folhas

O número de folhas foi contabilizado ao longo do ciclo da cultura e no final do mesmo, levando-se em consideração as folhas completamente expandidas. Essa contabilização foi feita em três plantas pré-selecionadas de cada cultivar por parcela.

f) Massa de matéria fresca e seca das folhas

No momento da colheita foi obtida a massa de matéria fresca das folhas de três plantas pré-selecionadas. A massa foi obtida com auxílio de uma balança digital (precisão 0,01g). Após a pesagem da massa fresca, o material foi acomodado em sacos de papel e previamente identificados e em seguida levado para secagem em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 72 horas. Ao atingirem massa constante, obteve-se a massa de matéria seca das folhas.

g) Massa de matéria fresca e seca da parte aérea

A massa de matéria fresca da parte aérea foi obtida mediante o somatório das massas de matéria fresca e seca das folhas e caule de três plantas pré-selecionadas por parcela.

4.3.7.4. Produção e biometria da inflorescência**a) Massa de matéria fresca da inflorescência**

A colheita da inflorescência foi feita por meio de uma incisão na base do pedúnculo de inserção da inflorescência ao caule da planta. A massa de matéria fresca da inflorescência da planta (uma planta por cultivar por parcela) foi obtida com auxílio de uma balança digital (precisão 0,01 g).

b) Diâmetro da inflorescência

O diâmetro da inflorescência foi obtido com auxílio de uma fita milimetrada, sendo feita a obtenção de duas medidas lineares e perpendiculares entre si. Este procedimento foi realizado com o intuito de reduzir erros de medições, visto que a inflorescência da couve-flor não forma uma circunferência perfeita. Das duas medidas tomadas foi retirada uma média, tida esta como o diâmetro da inflorescência.

c) Altura da inflorescência

A altura da inflorescência foi mensurada com o auxílio de uma fita milimetrada, sendo obtida uma medida da base da inflorescência até a parte mais alta da mesma.

4.3.7.5. Período médio de colheita da inflorescência

O período médio de colheita foi avaliado com base no número de dias necessários após transplântio para a colheita da inflorescência das três cultivares de couve-flor testadas. O período foi estimado com base nas colheitas parciais que ocorreram para cada cultivar até o momento em que todas as inflorescências fossem colhidas.

Para a realização da colheita da inflorescência levou-se em consideração critérios como a compacidade e firmeza dos botões florais constituintes da mesma, conforme recomendação de May et al. (2007). Segundo estes autores, a inflorescência deve ser colhida quando ainda está firme e compacta.

4.3.7.6. Eficiência do uso da água para o rendimento de massa de matéria fresca da inflorescência

Para a determinação da eficiência do uso da água foi utilizada a razão direta obtida entre a produção (massa fresca da inflorescência) e o consumo hídrico acumulado até o final do ciclo de produção da cultura (Eq. 2).

$$EUA = \frac{Y_p}{CH_{Acum}} \quad (2)$$

Em que:

EUA - Eficiência do uso da água da produção da couve-flor, kg m⁻³;

Y_p - Massa de matéria fresca da inflorescência, kg planta⁻¹;

CH_{acum} - Consumo hídrico acumulado até o final do ciclo; m³ planta⁻¹.

4.3.7.7. Eficiência do uso da água para o rendimento de massa de matéria fresca e seca das folhas

Para determinação da eficiência do uso da água da massa de matéria fresca e seca de folhas foi utilizada uma relação similar a empregada para a eficiência do uso da água no rendimento da inflorescência, conforme Eq. 3 e Eq. 4.

$$EUAF = \frac{MMFF}{CH_{Acum}} \quad (3)$$

$$EUAS = \frac{MMSF}{CH_{Acum}} \quad (4)$$

Em que:

EUAF – eficiência do uso da água da massa de matéria fresca de folhas, em g L⁻¹;

EUAS - eficiência do uso da água da massa de matéria seca de folhas, em g L⁻¹;

MMFF – massa de matéria fresca de folhas, em g;

MMSF – massa de matéria seca de folhas, em g;

CH_{Acum} – consumo hídrico acumulado, em L.

4.3.7.8. Tolerância da cultura à salinidade

A tolerância da cultura da couve-flor à salinidade foi estudada individualmente para as cultivares ‘Sabrina’, ‘SF1758’ e ‘Piracicaba de Verão’, empregando-se valores de produtividade relativa de cada cultivar. Para avaliação da tolerância das plantas das cultivares, foi considerado para todos os tratamentos salinos a condutividade elétrica da solução nutritiva (CESol) ponderada no tempo, e não da água utilizada para o preparo da mesma, pois nesta condição é importante se buscar uma situação de salinidade mais próxima do real na região radicular da planta.

Utilizaram-se dois modelos distintos de resposta à salinidade, sendo eles propostos por:

a) Mass e Hoffman (1977), conforme Eq. 5.

$$Y_r = \begin{cases} 1; & 0 < CE_{sol} \leq CE_L \\ 1 - b \times (CE_{sol} - CE_L); & CE_L < CE < CE_o \\ 0; & CE_{sol} \geq CE_o \end{cases} \quad (5)$$

Em que:

Y_r - valor estimado da produtividade relativa para um dado nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE), decimal;

CE_{sol} - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva, dS m⁻¹;

CE_L - valor da condutividade elétrica limiar da solução nutritiva, a partir do qual se inicia a redução da produtividade relativa potencial, $dS\ m^{-1}$;

CE_0 - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva acima da qual a produção é nula, $dS\ m^{-1}$;

b - valor da declividade linear na produção relativa para cada acréscimo unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva, decimal.

b) Steppuhn et al. (2005), conforme Eq. 6:

$$Y_r = \frac{1}{1 + \left(\frac{CE_L}{CE_{50}}\right)^{\exp(s \times CE_{50})}} \quad (6)$$

Em que:

Y_r - valor estimado da produtividade relativa para um dado nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CE), decimal;

CE_L - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva, $dS\ m^{-1}$;

CE_{50} - valor da condutividade elétrica da solução nutritiva relacionado à produção relativa percentual de 50%, $dS\ m^{-1}$;

s - parâmetro da declividade da produtividade relativa para cada acréscimo unitário na condutividade elétrica da solução nutritiva, identificado como uma estimativa aproximada do valor absoluto da média dY_{er}/dCE .

Subsequentemente, buscou-se analisar a tolerância da couve-flor à salinidade com a comparação de valores indicados na literatura para a cultura e outras espécies, com as devidas ressalvas da comparação da salinidade em sistema hidropônico e em cultivo convencional. Utilizou-se como referências os trabalhos de Maas e Hoffman (1977), com base na salinidade limiar, e de Steppuhn et al. (2005), com base no índice de tolerância à salinidade (IT_S), conforme Eq. 7.

$$IT_S = CE_{50} + s \times CE_{50} \quad (7)$$

4.3.7.9. Viabilidade técnica

A abordagem sobre a viabilidade técnica do cultivo e produção da couve-flor no sistema hidropônico tipo NFT empregado foi realizada conforme Bione (2017): adequação da solução nutritiva empregada quanto ao surgimento de sintomas de deficiência, desbalanços nutricionais ou desenvolvimento vegetativo

demasiadamente fora do comum, em detrimento do porte da planta, da produção, capacidade própria de sustentação, dificuldade de tutoramento e arquitetura da planta como um todo, principalmente na região da parte aérea; contenção do sistema radicular no interior do canal de cultivo (diâmetro de 0,075 m), capacidade de escoamento da solução nutritiva; extravasamentos da solução nutritiva em detrimento do volume ocupado pelo sistema radicular no canal de cultivo; adequação do espaçamento utilizado; adequação dos orifícios de cultivo feitos nos canais de cultivo, em relação ao crescimento da região do colo da raiz; ocorrência de danos na região do colo da raiz ocasionados pela elevação do nível da solução nutritiva no interior dos canais de cultivo; ergonomia propiciada pela altura máxima das plantas conjuntamente com a altura das bancadas onde os canais de cultivo são dispostos.

4.3.8. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à avaliação estatística no software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Por meio da aplicação do teste F da análise de variância (ANOVA), avaliou-se a significância dos tratamentos (níveis de CESol) e das cultivares empregadas no estudo, sendo feita análise de regressão para os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e executado o teste de Tukey a 0,05 de probabilidade para as cultivares de couve-flor. Quando a regressão foi significativa selecionou-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônômico do comportamento dos dados.

Para as variáveis cuja resposta significativa à condutividade elétrica da solução nutritiva foi definida por um modelo de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada (Eq.8).

$$\alpha_i = \frac{b}{a} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na condutividade da solução, % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$;

a - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i ;

b - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i .

Para avaliação de tolerância à salinidade, mediante os modelos de Mass e Hoffman (1997) e de Steppuhn et al. (2005) utilizou-se a ferramenta 'Solver' do Microsoft Excel (Microsoft Office 2016) para realizar os ajustes dos parâmetros dos modelos testados, com o objetivo de obter a minimização do somatório dos quadrados dos desvios. O método escolhido para solução com essa ferramenta foi o GRG não linear, com convergência de 0,0001, selecionando-se a opção de tornar não negativas todas as variáveis irrestritas.

4.4. Experimento II

4.4.1. Caracterização do experimento

Esse experimento foi conduzido apenas com uma cultivar 'SF1758' da couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) na mesma instalação descrita para o Experimento I. O experimento foi iniciado em 10/08/2019, aos 30 dias após a semeadura (DAS) e finalizado em 08/10/2019, aos 89 dias DAS, com 59 dias após o transplântio (DAT). Portanto, o período de execução do estudo constou de 44 dias do inverno e 15 dias da primavera local.

As médias de temperatura do ar mínima, máxima e média foram de 19,5; 26,7 e 22,5 °C (Figura 4A), respectivamente, e evapotranspiração de referência média de 4,6 mm dia⁻¹ (Figura 4B) durante o período de estudo.

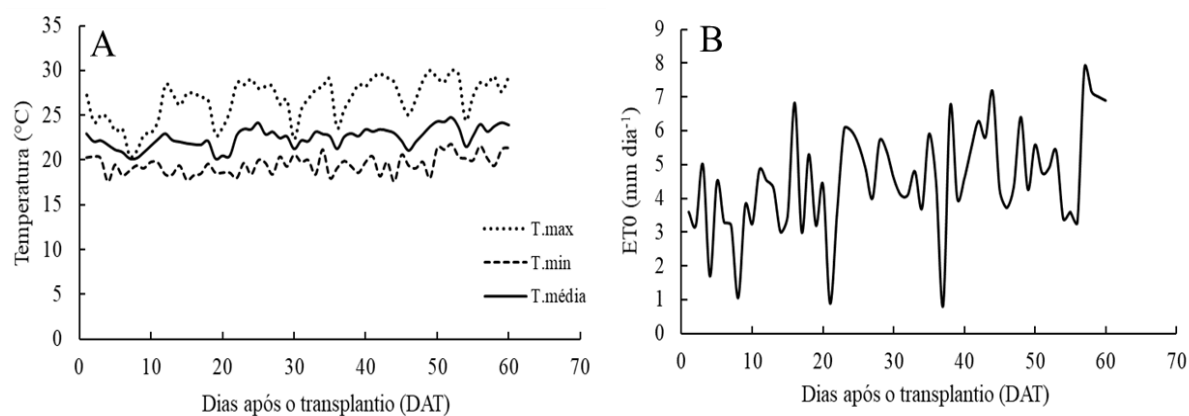


Figura 4. Dados diários de temperatura do ar (A) e evapotranspiração de referência - ET0 (B) obtidos externamente da estação meteorológica do INMET, durante o ciclo de cultivo da couve-flor.

4.4.2. Produção de mudas

Foi utilizada a couve-flor cultivar 'SF1758', adaptada às condições de verão, com coloração da inflorescência branca. As sementes foram procedentes da empresa Feltrin Sementes. O semeio ocorreu em 10/07/2019, com procedimento similar ao utilizado no Experimento I em todas as fases até o transplântio para o sistema hidropônico definitivo, que ocorreu aos 30 DAS.

4.4.3. Estrutura experimental utilizada

A estrutura experimental utilizada foi o sistema de cultivo hidropônico NFT, conforme descrição da estrutura do Experimento I.

4.4.4. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis repetições. A couve-flor foi submetida a seis níveis de CEa (0,30; 1,54; 2,48; 3,52; 4,42 e 5,47 dS m⁻¹). Cada unidade experimental representou uma repetição por tratamento e, em cada canal de cultivo foram cultivadas nove plantas espaçadas em 0,50 m. Essas águas foram utilizadas tanto no preparo da solução nutritiva como na reposição do volume consumido pelas plantas.

Os níveis de CEa de 1,54; 2,48; 3,52; 4,42 e 5,47 dS m⁻¹ foram obtidas artificialmente pela adição de cloreto de sódio sem iodo (NaCl) à água de abastecimento local (CEa 0,30 dS m⁻¹). Posteriormente, nessas águas foram adicionados sais fertilizantes empregando-se a formulação de nutrientes de Furlani et al. (1999) a 100% para hortaliças folhosas, conforme descrito para o Experimento I. Após a homogeneização da solução nutritiva preparada obteve-se a seguintes valores de CEsol: 1,95; 3,19; 4,13; 5,17; 6,07 e 7,12 dS m⁻¹.

4.4.5. Cuidados e manutenção da solução nutritiva

Todos os cuidados e manutenção da solução nutritiva foram feitos conforme descrito para o Experimento I. Para as análises realizadas considerou-se a CEsol ponderada no tempo, de modo que os valores obtidos fossem o mais próximo possível da condição de salinidade real na zona da raiz da planta (Figura 5). Com isso, foram obtidas os seguintes valores de CEsol: 1,4 (controle); 4,6; 6,7; 7,4; 9,1 e 11,2 dS m⁻¹.

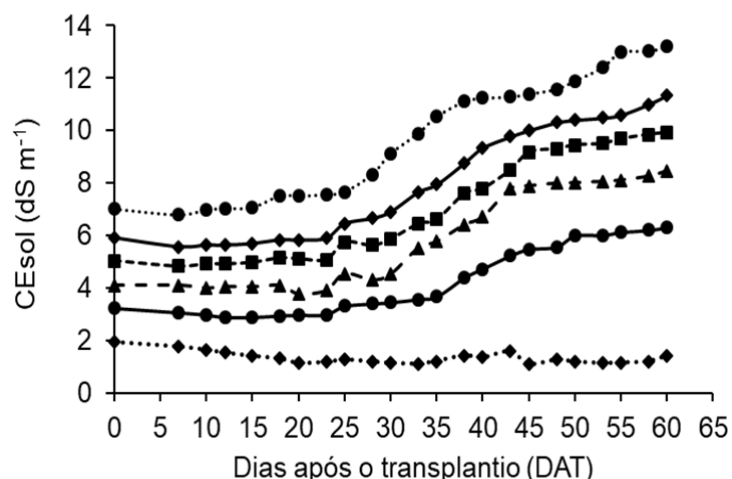


Figura 5. Valores de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) ao longo do da couve-flor cultivada no sistema hidropônico NFT, utilizando-se águas salobras no preparo da solução e na reposição do volume consumido pelas plantas.

4.4.6. Manejo da cultura e controle de pragas e doenças

Quando as plantas foram transplantadas foi utilizada uma estrutura cilíndrica com corte vertical da altura (para facilitar o ajuste deste no orifício de cultivo) confeccionada com tubo PVC de diâmetro comercial de 0,05 m (pigmento azul) com altura de 0,11 m para que ficasse acima da superfície do canal de cultivo e conferisse uma melhor sustentação do colo da planta. Com isso, não foi necessária a realização do tutoramento das plantas, visto que estas ficaram bem acomodadas nos orifícios dos canais de cultivo utilizando-se da estrutura de sustentação confeccionada (Figuras 6A e 6B).

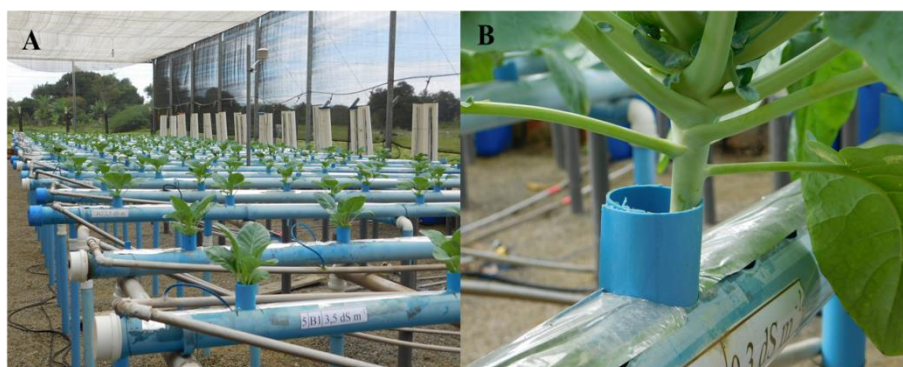


Figura 6. Disposição das plantas da couve-flor cv. 'SF1758' no sistema hidropônico (A) alocadas em nos canais de cultivo em estrutura cilíndrica confeccionada (B).

Diariamente foi realizada uma varredura para o controle manual de lagartas e pulgões que surgiam eventualmente sobre as plantas. O controle fitossanitário de doenças com origem na solução nutritiva foi feito conforme os procedimentos descritos para o Experimento I.

4.4.7. Avaliações realizadas

Foram realizadas as mesmas avaliações (variáveis de crescimento e de produção) descritas no Experimento I, com exceção das variáveis de precocidade de colheita e tolerância à salinidade.

4.7.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à avaliação estatística no software estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Por meio da aplicação do teste F da análise de variância (ANOVA) avaliou-se a significância dos tratamentos, realizando-se análise de regressão para os níveis CEsol. Quando a regressão foi significativa selecionaram-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônômico do comportamento dos dados.

Quando as variáveis obtiveram significância à CEsol, com resposta definida por um modelo de primeiro grau, estimou-se a redução linear relativa com base nos coeficientes da função ajustada (Eq. 9).

$$\alpha_i = \frac{b}{a} \times 100 \quad (9)$$

Em que:

α_i - redução linear relativa da variável i para cada acréscimo unitário na condutividade da solução, % $(\text{dS m}^{-1})^{-1}$;

a - coeficiente linear da equação ajustada para a variável i ;

b - coeficiente angular da equação ajustada para a variável i .

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento I

5.1.1. Análise visual de sintomas de toxidez causados pela salinidade

A maioria das plantas de couve-flor do presente estudo não apresentou sintomas agravantes de toxidez decorrentes da salinidade que pudessem inviabilizar a sua produção (Figura 7). Entretanto, alguns casos isolados foram detectados aos 34 DAT, com sintomas de toxidez resultantes do efeito da salinidade sobre as plantas da couve-flor, notados a partir do tratamento com condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) de $5,4 \text{ dS m}^{-1}$. Os primeiros sintomas foram registrados nas plantas da cv. 'SF1758' (Figura 8A) e cv. 'Piracicaba de Verão' (Figura 8B). Tais sintomas estão de acordo com os relatos de Negrão et. al (2017), os quais reportaram que no geral o acúmulo de sódio (Na^+) na parte aérea das plantas causa danos, sendo o sintoma mais visível o amarelecimento e escurecimento das folhas, com evolução para senescência e morte de células. Assim, os sintomas são mais perceptíveis nas folhas mais velhas, pois tiveram mais tempo para compartimentalizar o íon.



Figura 7. Aspecto geral das plantas da couve-flor no sistema hidropônico, aos 46 dias após transplante (DAT).

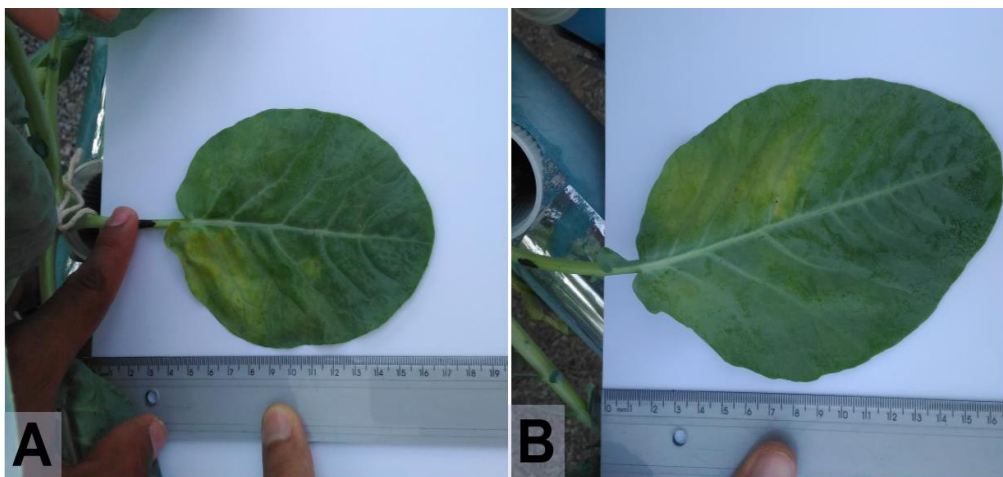


Figura 8. Sintomas de clorose partindo da borda para a nervura principal do limbo foliar na couve-flor cv. 'SF1758' (A) e cv. 'Piracicaba de Verão' (B) sob condutividade elétrica da solução nutritiva de $5,4 \text{ dS m}^{-1}$, aos 34 dias após o transplântio (DAT).

Os sintomas foram mais acentuados para os maiores níveis de CEsol de $5,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 9A) e $6,7 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 9B), consistindo de: clorose nas bordas e em pontos isolados do limbo foliar e, posteriormente agravando-se para necrose destes locais.

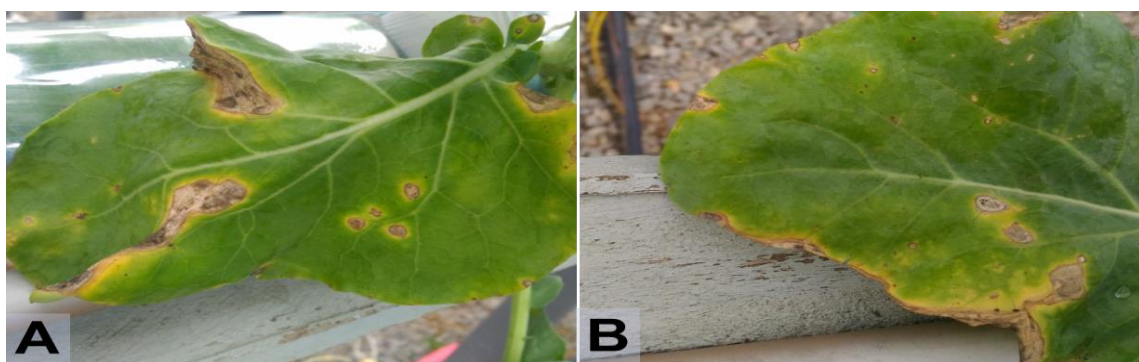


Figura 9. Sintomas de clorose de regiões do limbo foliar evoluindo para necrose dos pontos afetados em folhas da cv. 'SF1758' sob condutividade elétrica da solução nutritiva de $5,4$ (A) e $6,7$ (B) dS m^{-1} , aos 41 dias após o transplântio (DAT).

A sintomatologia verificada no presente estudo pela ocorrência de clorose seguida de necrose da borda foliar é compatível com os sintomas decorrentes da deficiência de potássio provavelmente devido ao antagonismo com o sódio (BIONE, 2017). Sintomas semelhantes foram relatados por Bione (2017) no cultivo hidropônico da pimenta 'Biquinho'. Tal relato corrobora a afirmação de Chakraborty

et al. (2012), que, ao estudarem o efeito da salinidade sobre três espécies de brássicas defendem que a manutenção da homeostase do potássio na planta é fator de suma importância para que um dado tecido vegetal possa atingir à tolerância à salinidade.

No presente estudo foi verificada a ocorrência de deficiência de cálcio em plantas tendo como sintoma o 'tip burn', que é característico por apresentar manchas cloróticas progressivas e necrose dos tecidos foliares, culminando na queima da ponta da folha (Figuras 10A e 10B). Tais sintomas foram verificados por Bianco et al. (2015), em trabalho com omissão de nutrientes no cultivo hidropônico da couve-flor. De acordo com Taiz e Zeiger (2006), a clorose seguida de necrose em folhas jovens de plantas com restrições no suprimento de cálcio é devida à má formação das paredes celulares, pois o cálcio é essencial na manutenção da integridade das membranas. Para o presente estudo, tais sintomas causados pela deficiência de cálcio podem ser atribuídos a um desbalanço nutricional devido ao estresse salino imposto sobre as plantas. Seguindo a mesma linha, Chakraborty et al. (2012) elucidaram a importância do Ca^{2+} como um componente essencial no processo de adaptação das plantas às condições de salinidade.

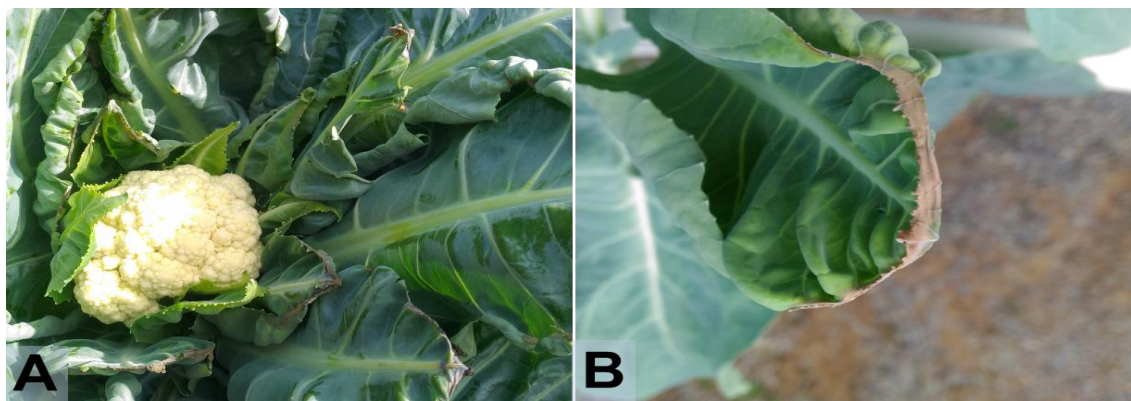


Figura 10. Folhas encarquilhadas (A) e sintomas de 'tip burn' (queimadura da ponta) foliar (B) devido à deficiência de cálcio em plantas de couve-flor cv. 'Piracicaba de Verão' sob condutividade elétrica da solução nutritiva de $6,7 \text{ dS m}^{-1}$ aos 55 DAT.

Nos tratamentos sob os menores níveis de CE_{sol} ponderada (1,4; 2,6; 3,5 e 4,6 dS m^{-1}) os sintomas de toxicidade não foram significativos em termos de danos e/ou alterações morfofisiológicas das plantas. No entanto, os efeitos de toxidez para os

dois maiores níveis relatados anteriormente foram ficando cada vez mais intensos, em especial, sobre a cv. 'Piracicaba de Verão', que teve maior ciclo de colheita, portanto, as plantas ficaram por mais tempo expostas à salinidade, principalmente àquelas que não obtiveram produção comercial de inflorescências. As folhas destas plantas passaram a apresentar mudanças de tonalidade de cor, predominando um verde mais escuro; aumento de clorose seguida de necrose e, por fim, o aparecimento de abscisão foliar intensa.

Além dos sintomas de toxidez detectados com base na inspeção das folhas, não foram observadas deformações ou anomalias na coloração do caule e inflorescência da couve-flor que pudessem ser atribuídas à salinidade dos tratamentos aos quais as plantas foram submetidas.

5.1.2. Consumo hídrico

A contabilização do consumo hídrico (CH) de uma cultura na hidroponia constitui ferramenta muito importante, principalmente, quando existe restrição de água. Assim, conhecendo o CH o produtor pode escolher qual cultura a ser cultivada de acordo com as condições hídricas disponíveis, além de auxiliar na gestão dos insumos.

A partir das avaliações do CH da couve-flor por decêndio foi verificado que as plantas apresentaram redução linear significativa em função do aumento da CEsol (Figura 11). As reduções no CH por acréscimo unitário da CEsol foram de 8,00; 6,50; 7,80; 8,75; 6,78 e 6,78% para os decêndios de 1-10 (Figura 11A), 11-20 (Figura 11B), 21-30 (Figura 11C), 31-40 (Figura 11D), 41-50 (Figura 11E) e 51-60 DAT (Figura 11F), respectivamente.

Ainda neste sentido, vale considerar que mesmo sendo pertencentes à mesma família (Brassicaceae), estas cultivares possuem suas próprias características de marcha de crescimento, de tamanho de folhas, de número de folhas, tamanho de inflorescências e de tolerância dos tecidos à salinidade, sendo todos estes aspectos diretamente relacionados com a absorção e gerenciamento de água na planta.

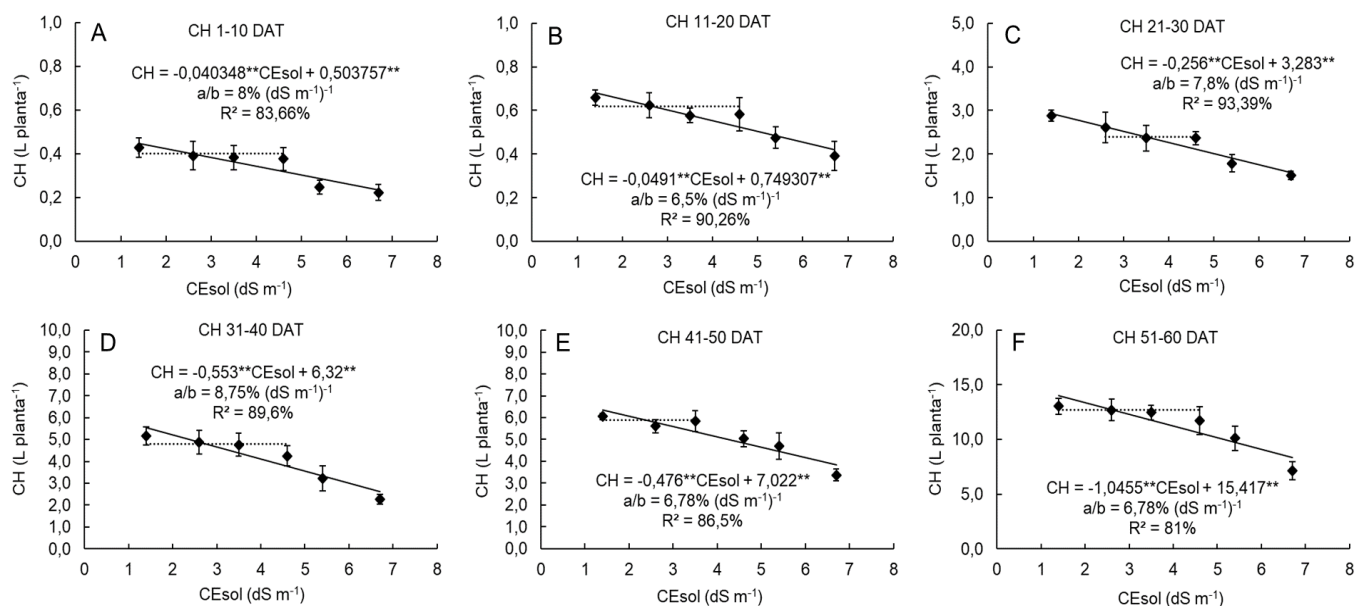


Figura 11. Consumo hídrico (CH) acumulado por decêndio por planta da couve-flor em função de diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), dos 1-10 (A), 11-20 (B), 21-30 (C), 31-40 (D), 41-50 (E) e 51-60 (F) dias após o transplante (DAT).

Mediante a análise de variância (ANEXO A), foi verificado que o CH acumulado ao longo dos 62 DAT, houve redução linear de 7,12% por acréscimo unitário da CEsol (Figura 12). Observando os resultados, o CH foi semelhante para os dois primeiros níveis salinos e o controle (CEsol 1,4 dS m⁻¹) (média de consumo total por planta de 26,73 L). No entanto, um declínio significativo no consumo foi notado nos dois níveis mais altos de CEsol, com ênfase para o maior nível (6,7 dS m⁻¹), que mostrou uma redução mais acentuada com relação ao controle, sendo esta de 54% a menos no consumo de água por planta ao longo do ciclo.

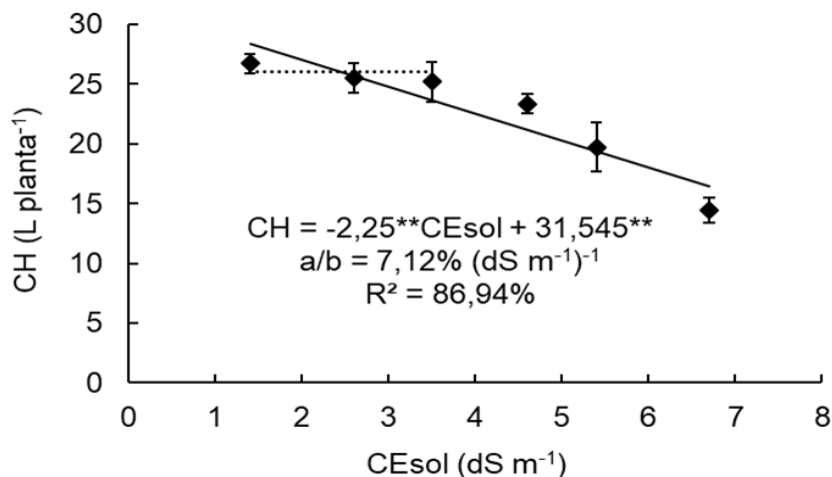


Figura 12. Consumo hídrico (CH) da couve-flor em função de diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), acumulado ao longo de 62 dias após o transplantio (DAT).

Conforme Schossler et al. (2012) e Modesto et al. (2019), a redução do consumo de água pela planta em meio salino é decorrente de uma limitação fisiológica do vegetal em assegurar a absorção da água quando o seu sistema radicular está sob condição de um baixo potencial osmótico, exercido principalmente na presença de íons Na^+ e Cl^- . Sob estas condições as plantas apresentam maior dificuldade em manter a absorção de água, podendo ter como efeito secundário o surgimento do estresse hídrico.

Bernstein e Hayward (1958) e Munns e Termaat (1986) afirmaram que a redução do CH ocorre por inibição osmótica devido ao excesso de sais solúveis no meio radicular, ou por efeitos específicos dos íons, como o Na^+ e Cl^- , que reduzem à expansão foliar da planta, que por sua vez é controlada por sinalizações metabólicas enviadas pelas raízes. Ainda segundo estes autores, a exposição das raízes ao cloreto de sódio (NaCl) pode afetar o metabolismo radicular por um efeito osmótico, causando déficit hídrico ou por um efeito iônico específico, causando acúmulo excessivo de Na^+ e Cl^- ou captação inadequada de um nutriente, como é o caso do cálcio que tem atuação direta na integridade da parede celular.

Valores próximos de CH também foram observados por Cruz et al. (2018) para a couve-flor submetida a diferentes condutividades elétricas da água (CEa 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m^{-1}) utilizada no preparo da solução nutritiva no cultivo

hidropônico em ambiente protegido. Estes informaram CH médio por planta de 24 e 14 L para o controle ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) e o maior nível salino ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$), respectivamente, enquanto que no presente trabalho foi verificado consumo de 26,7 e 14,4 L planta⁻¹. Além do mais, esses autores verificaram redução linear de 7,6% por aumento unitário da CE_a, enquanto que no presente estudo foi encontrada uma redução linear de 7,12% por acréscimo unitário da CE_{sol} (Figura 12).

De modo geral, assim como ocorreu no presente trabalho e no estudo realizado por Cruz et al. (2018) com a couve-flor, quando se trata do CH das culturas em sistema de cultivo hidropônico com uso de águas salobras acontece rotineiramente um comportamento de redução do consumo de água pelas plantas. A literatura especializada em trabalhos com salinidade reporta esta tendência de diminuição linear do consumo de água, tal como na cultura da alface em função do aumento da CE_{sol} (SOARES et al., 2007; SOARES et al., 2015; PAULUS et al., 2012). Apesar dessa tendência de redução sob condições salinas, sabe-se que a intensidade do CH depende basicamente da cultura e das condições climáticas da região. Assim, Para a cultura do repolho chinês (também pertencente à família da couve-flor), Lira et. al (2015) encontraram redução linear em torno de 10% (dS m^{-1})⁻¹ por acréscimo de unidade da condutividade elétrica na água (CE_a) ($0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2$ e $5,2 \text{ dS m}^{-1}$) utilizada no preparo da solução nutritiva em sistema hidropônico, com consumo médio de $0,579 \text{ L dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ para o controle e de $0,369 \text{ L dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ para a maior salinidade.

O CH das plantas de couve-flor manteve-se crescente nos tratamentos ao longo dos seis períodos após o transplântio (seis decênios ou 60 DAT). De acordo com a Figura 13, a cultura manteve um ritmo de consumo progressivo dentro dos níveis de CE_{sol}, mesmo nos dois maiores níveis de CE_{sol} ($5,4$ e $6,7 \text{ dS m}^{-1}$), que foram os tratamentos responsáveis pela maior restrição de consumo de água pela couve-flor ao longo do experimento.

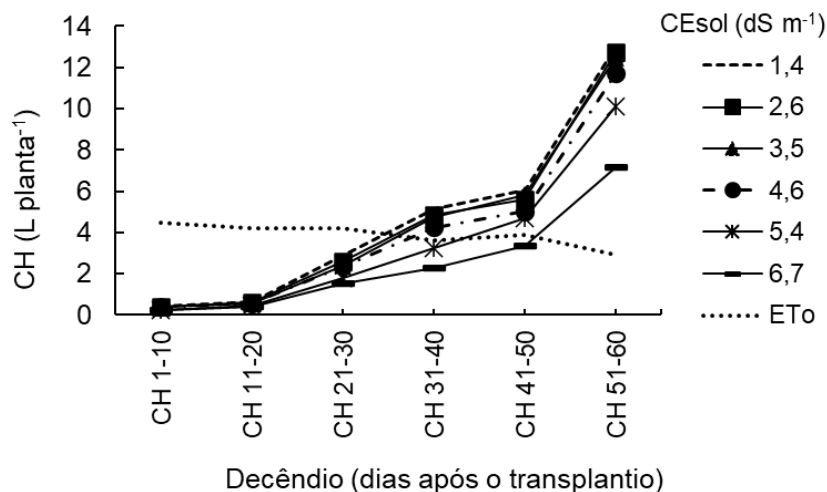


Figura 13. Consumo hídrico (CH) acumulado por planta da couve-flor ao longo dos seis decêndios do estudo sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

5.1.3. Variáveis biométricas

a) Altura de planta e diâmetro de caule

Com base na análise da variância (ANEXO A), foi possível verificar a ocorrência de significância ($p < 0,01$) entre os diferentes níveis de CEsol para as variáveis altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) da couve-flor. Nos modelos obtidos pela análise de regressão, para AP (Figura 14A) e DC (Figura 14B) observaram-se decréscimos de 3,48 e 3,57% por aumento unitário da CEsol, respectivamente. A magnitude dos efeitos salinos sobre a AP e o DC quando comparados o maior nível salino ($6,7 \text{ dS m}^{-1}$) com o controle ($1,4 \text{ dS m}^{-1}$), foi da ordem de 20,37 e 19,08%, respectivamente.

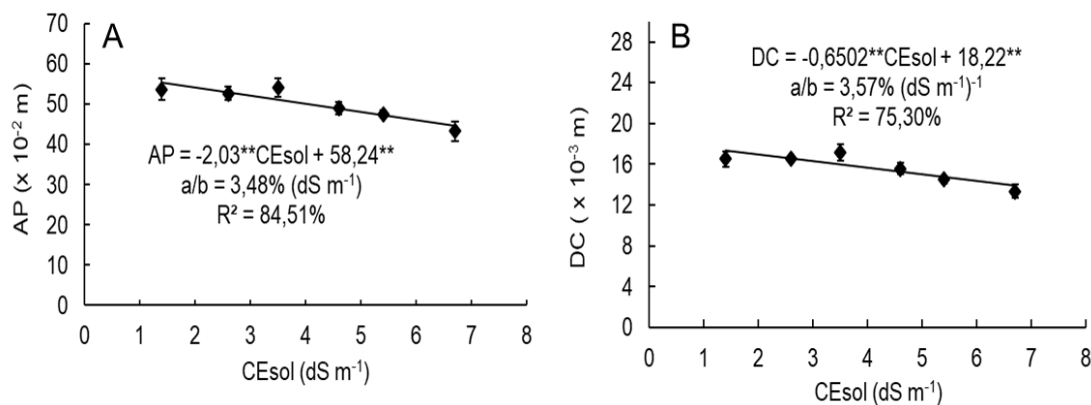


Figura 14. Altura de planta (AP) (A) e diâmetro do caule (DC) (B) da couve-flor sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Em função dos poucos trabalhos na literatura relatando especificamente como a salinidade pode influenciar o crescimento da couve-flor, destacam-se resultados obtidos em outros trabalhos com outras culturas. Bione et al. (2014) relataram redução linear progressiva da altura de plantas de manjeriço quando submetidas aos níveis de condutividade elétrica da água de 0,29 a 8,40 dS m⁻¹ em sistema hidropônico NFT. De forma semelhante, Gomes et al. (2011) reportaram redução linear da altura e do diâmetro do caule de plantas do tomateiro na hidroponia com uso de diferentes CEsol (2,1 a 6,96 dS m⁻¹). Em trabalho semelhante ao de Gomes et al. (2011), Dias et al. (2010) também relataram reduções tanto da altura quanto do diâmetro do caule de plantas do meloeiro cultivado em hidroponia. Resultados semelhantes de redução da AP e DC foram relatados por Nobre et al. (2010), no cultivo do girassol em substrato quando houve incremento da CEa além de 0,5 dS m⁻¹.

O efeito da CEsol na redução da AP e DC da couve-flor evidenciam o quanto a salinidade implicou sobre o crescimento da cultura. Tais reduções de crescimento verificadas no presente trabalho podem ser explicadas por ação dos íons Na⁺ e Cl⁻ que se acumulam em diferentes tecidos da planta. Tal justificativa sobre a acumulação destes íons nos órgãos da planta está de acordo com os resultados encontrados por Giuffrida et al. (2017) sobre os maiores teores de Na⁺ e Cl⁻ acumulados nas folhas, caule e raízes de plantas de couve-flor submetidas a diferentes regimes de salinidade (2 e 4 dS m⁻¹) da solução nutritiva em duas fases de crescimento no cultivo em vaso. Os autores relatam taxas crescentes de aumento dos teores de Na⁺ e Cl⁻ nos órgãos das plantas quando estas são submetidas ao

estresse salino durante todo o seu ciclo. O acúmulo destes íons nos órgãos da planta, como nas folhas, por exemplo, pode causar danos nos sítios responsáveis pela fotossíntese e, em função disso, resultar em menor assimilação de CO_2 , que conseqüentemente pode resultar em menor crescimento (JOUYBAN, 2012; ABDELGAWAD et al., 2016).

Além das diferenças notadas para AP e DC em função dos níveis de CEsol, observaram-se também diferenças destas variáveis entre as cultivares de couve-flor estudadas. A cv. 'Piracicaba de Verão' foi a que apresentou maior altura de planta (Figura 15A), enquanto a cv. 'Sabrina' foi a que manifestou menor diâmetro do caule (Figura 15B). Dessa forma, a cv. 'Piracicaba de Verão' dificulta o manejo da hidroponia por necessitar de tutoramento mais robusto e apresentar menor facilidade ergonômica.

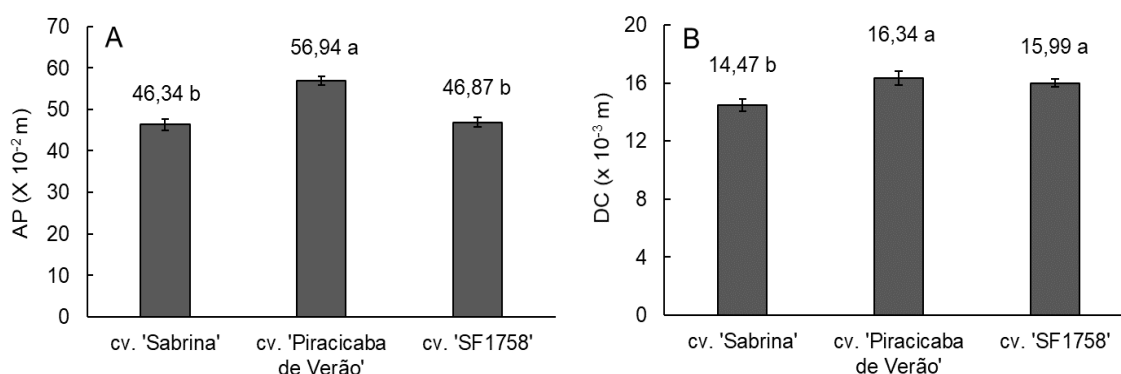


Figura 15. Altura de planta - AP (A) e diâmetro do caule DC - (B) de três cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

b) Área foliar, comprimento, largura e número de folhas

De acordo com a análise de variância (ANEXO A), a área foliar (AF) da couve-flor foi influenciada significativamente pela CEsol, com decréscimo linear de 6,58 por aumento unitário da CEsol (dS m^{-1})⁻¹ (Figura 16A). Já para as medidas lineares nas folhas, não houve efeito significativo da CEsol sobre a largura de folha (LF) da couve-flor, mas, reduziu significativamente o comprimento de folha (CF) em 4,33% por aumento unitário da CEsol (Figura 16B). Assim, pode-se afirmar que a AF da couve-flor foi mais influenciada pelo CF do que pela LF, visto que as dimensões das folhas estão diretamente ligadas sobre a magnitude da AF.

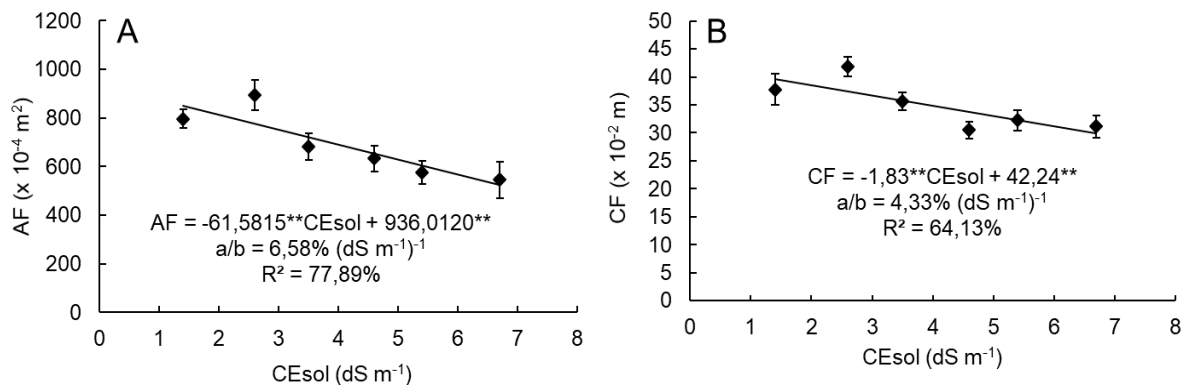


Figura 16. Área foliar - AF (A) e comprimento foliar - CF (B) da couve-flor sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

A redução da AF da couve-flor pode ser explicada devido as lesões que ocorreram nas folhas das plantas, causando danos nos sítios da fotossíntese e comprometendo a expansão foliar (ESTEVEES e SUZUKI, 2008). Tal redução da AF pode ser melhor compreendida a partir da afirmação de Jennings (1976), que diz que sob estresse salino do cloreto de sódio (NaCl) no meio de cultivo da planta, ao absorver água e nutrientes a planta absorve o Cl⁻ e o Na⁺, que quando entram nas células dos tecidos em desenvolvimento, exercem efeito inibitório sobre a divisão celular, comprometendo o crescimento foliar.

Na cultura do trigo, Rahnema et al. (2010) também obtiveram redução da AF em função do estresse salino. Segundo esses autores, a redução da condutância estomática como resultado da salinidade vem acompanhado da queda do aumento da AF, devido ao efeito osmótico que reduz a capacidade de absorção de água pela planta. Assim a expansão celular é reduzida, e conseqüentemente a AF diminui, reduzindo a captação de luz.

De forma similar ao presente estudo, diversos trabalhos da literatura tem reportado o efeito prejudicial do estresse salino sobre a AF das plantas; tais como no cultivo do meloeiro (NASCIMENTO et al., 2002), da rúcula (SCHIATTONE et al., 2017) e da couve folha (SANOUBAR et al., 2016).

Os resultados do presente estudo estão de acordo aos observados por Sanoubar et al. (2016) para a cultura da couve-folha em sistema semi-hidropônico submetida a três níveis de CEsol 2,68; 7,68 e 8,72 dS m⁻¹, os quais relataram decréscimo da AF da couve-folha com o aumento da CEsol.

De acordo com Giuffrida et al. (2017), a couve-flor apresenta como resposta primária aos efeitos do sal o surgimento do estresse osmótico, o que ocasiona uma queda no suprimento de água para as células foliares e uma consecutiva redução do crescimento foliar. Ainda segundo estes autores, a AF da couve-flor apresenta restrição de crescimento sob estresse salino como consequência da redução do alongamento e da divisão celular devido à redução do potencial osmótico foliar.

Resultados diferentes de AF em função do estresse salino foram relatados por Giuffrida et al. (2013) para as culturas da couve-flor e do brócolis sob estresse salino (0, 2 e 4 dS m⁻¹) no cultivo em vaso. Segundo os autores, a salinidade não surtiu efeito sobre a AF das duas culturas. Analisando os resultados dos autores, pode-se inferir que essa diferença se deva ao fato dos autores terem submetido as culturas a menores faixas de salinidade, além dos distintos períodos de exposição ao estresse salino.

De forma semelhante, com a couve-flor e o brócolis cultivados em vaso com areia, sob níveis de CEsol 2 e 4 dS m⁻¹, aplicadas de modo constante e alternado em dois períodos de crescimento das plantas, Giuffrida et al. (2017) notaram que a AF apresentou redução juntamente com a taxa de assimilação líquida de CO₂ e condutância estomática, quando as plantas foram expostas ao maior nível salino durante todo o ciclo. Esses autores reportaram que tanto a couve-flor quanto o brócolis apresentaram AF, taxa de assimilação líquida de CO₂ e condutância estomática inversamente proporcionais aos níveis salinos.

As medidas lineares de folhas da couve-flor podem ser uma ferramenta importante para a determinação da AF, pois como defendem Marcolini et al. (2005), estas dimensões podem ser usadas para a estimativa indireta desta variável. Nascimento et al. (2002) relatam que a AF possui uma melhor correlação com a LF do que com o CF.

Seguindo a mesma linha, mas de forma contrária ao relato de Nascimento et al. (2002), uma análise se desdobra pelo fato do CF (Figura 17B) ter sido a variável mais correlacionada a AF (Figura 16B) no presente estudo, visto que o CF teve efeito significativo da salinidade. Dado que as maiores medidas das variáveis de folha são particularmente da cv. 'Piracicaba de Verão', o que sugere que esta cultivar teve uma maior tolerância à salinidade que as outras duas em termos de dimensão foliar, o que pode ser visto como um maior depósito para a

compartimentalização dos sais nos vacúolos das células foliares (WILLADINO e CAMARA, 2010).

Mediante o teste de médias dos parâmetros foliares, AF (Figura 17A), CF (Figura 17B) e LF (Figura 17C), verificou-se que a cv. 'Piracicaba de Verão' apresentou características de crescimento mais destacado do que as cultivares 'Sabrina' e 'SF1758', assim como ocorreu também para as variáveis AP e DC. Tal destaque de desenvolvimento vegetativo desta cultivar pode estar relacionado às suas características genéticas. Visualmente, ao longo do experimento esta cultivar mostrou maior destaque quando se tratava de seu desenvolvimento vegetativo.

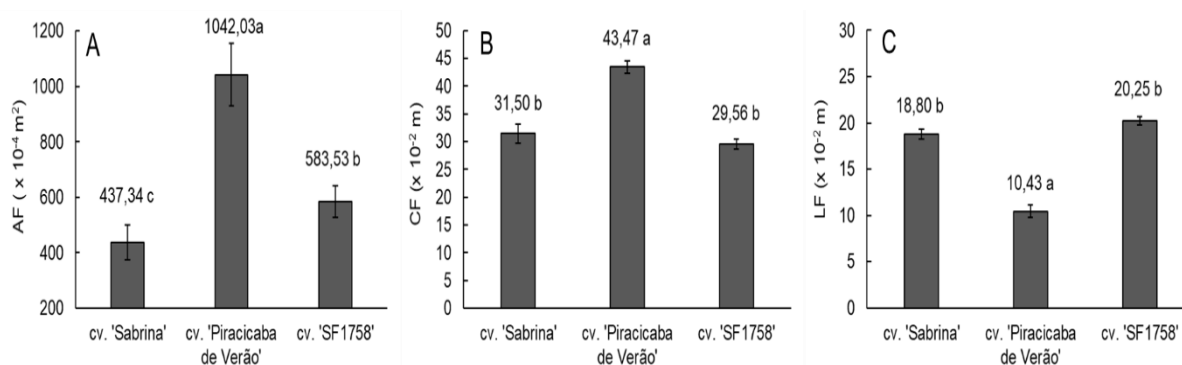


Figura 17. Área foliar - AF (A), comprimento da folha - CF (B) e largura da folha - LF (C) de três cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

Assim como a AF, o número de folhas (NF) de uma planta é uma variável de grande importância na atuação dos mecanismos de tolerância à salinidade. A AF funciona como um depósito de compartimentalização de íons tóxicos absorvidos pela planta. Assim, o NF é a quantidade de depósitos disponíveis para o armazenamento. Além disso, algumas plantas podem compensar uma menor AF por folha tendo um maior NF, ou o menor NF com uma maior AF por folha. Esse é o caso da cv. 'Piracicaba de Verão', que teve NF (22,64 folhas) estatisticamente igual ao da cv. 'SF1758' (23,11 folhas) (Figura 18), mas se sobressaiu tendo uma maior AF por folha (Figura 17A).

Esses resultados são consistentes com estudos anteriores desenvolvidos por Ünlükara et al. (2017), nos quais a salinidade da água de irrigação não afetou o NF das plantas de espinafre no cultivo em solo com vasos em ambiente protegido. No entanto, diferente dos resultados do presente trabalho, em culturas como a rúcula

(SCHIATTONE et al., 2017) e o quiabeiro (MODESTO et al., 2019), a elevação dos níveis de salinidade da solução nutritiva ocasionou redução progressiva do NF.

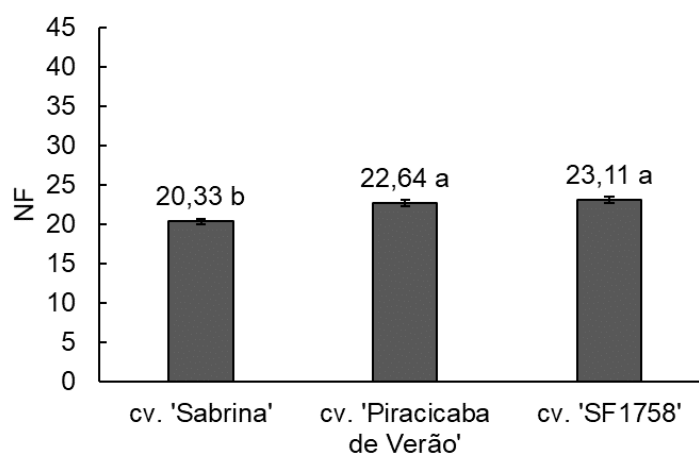


Figura 18. Número de folhas (NF) de três cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

c) Massa de matéria fresca de folhas e da parte aérea

Mediante a análise de variância (ANEXO A), verificou-se que a massa de matéria fresca de folhas (MMFF) e da parte aérea (MMFPA) da couve-flor não foram influenciadas pela condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol). No entanto, foi observada diferença significativa entre as cultivares pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, tanto para MMFF (Figura 19A) como para MMFPA (Figura 19B).

O fato da salinidade não ter influenciado a produção de massa fresca de folhas e da parte aérea da couve-flor constitui um ótimo resultado. Pois, assim como as inflorescências, as folhas também possuem um agregado valor que justificam sua comercialização. Dessa forma, visto que os níveis salinos testados não surtiram qualquer efeito sobre estas duas variáveis analisadas, ressalta-se a necessidade da realização de novos estudos com maiores níveis salinos da solução nutritiva, para que se consiga uma melhor compreensão da tolerância da couve-flor à salinidade.

Resultados distintos foram encontrados por Jamil et al. (2005) em trabalhos com as culturas da couve-flor, repolho e canola cultivadas em sistema semi-hidropônico utilizando areia como substrato e submetidas a níveis mais elevados de CEa para o preparo da solução nutritiva de 4,7; 9,4 e 14,1 dS m⁻¹. Os autores reportaram o efeito negativo do aumento da salinidade sobre as variáveis de MMFF e MMFPA sobre as plantas. Jamil et al. (2006) também reportaram o efeito negativo

da salinidade sobre o rendimento da MMFFA da couve folha, beterraba açucareira, canola e amarantos quando submetidas aos níveis de CEsol de 4,7; 9,4 e 14,1 dS m⁻¹ no cultivo em vasos com areia.

Em termos de mercado, o fato do aumento da CEsol não ter influenciado a produção de MMFF das plantas é tido como um resultado que bonifica o cultivo da couve-flor em sistema hidropônico, pois além da produção da inflorescência o produtor também poderá comercializar as folhas. Isso porque, assim como as folhas da couve folha que são comercializadas, a couve-flor também produz folhas de qualidade. Com isso, é importante frisar que no presente trabalho as folhas das plantas apresentaram bom aspecto de comercialização, ao ponto de poderem ser confundidas com folhas da couve-folha que se encontra pelo mercado. Todavia, tais resultados de produção de MMFF devem ser melhores estudados em termos químicos para a determinação dos teores dos íons de Na⁺ e Cl⁻ e verificar se esses podem oferecer riscos à saúde humana.

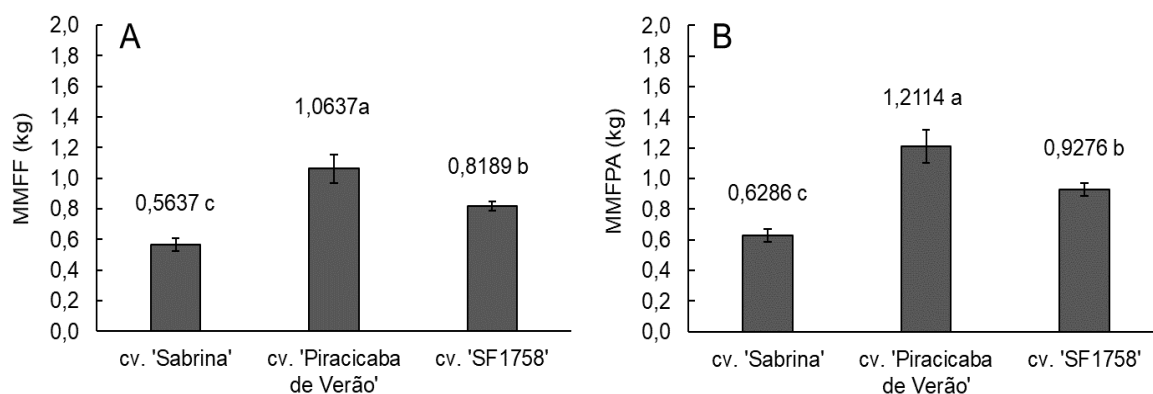


Figura 19. Massas de matéria fresca das folhas (MMFF) e da parte aérea (MMFPA) de três cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

d) Massas de matéria seca de folhas e da parte aérea

Com base na análise de variância (ANEXO B), as massas de matéria seca de folhas (MMSF) e da parte aérea (MMSPA) da couve-flor foram negativamente influenciadas pela CEsol. No entanto, a redução de massa foi mais intensa a partir da CEsol de 4,6 dS m⁻¹, com queda abrupta sob 6,7 dS m⁻¹ e redução de 5,76 e 6,14% por aumento unitário da CEsol, respectivamente, para a MMSF (Figura 20A) e a MMSPA (Figura 20C). Também foi verificada diferença significativa entre as

cultivares para a MMSF (Figura 20B) e a MMSPA (Figura 20D), com ênfase para a cv. 'Piracicaba de Verão', que se mostrou superior às demais em ambos aspectos.

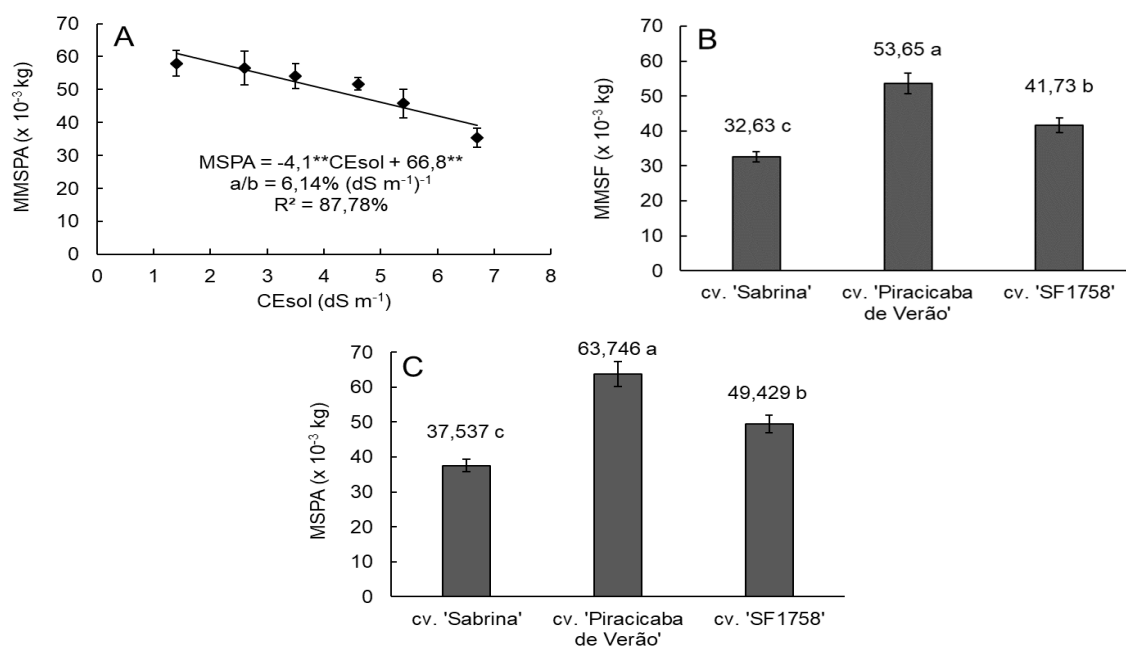


Figura 20. Massas de matéria seca das folhas - MMSF e da parte aérea - MMSPA da couve-flor em função de diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsol (A e C) e das cultivares (B e D) de couve-flor em condições hidropônicas.

Maggio et al. (2005) defendem que em plantas sob estresse salino o percentual de MMSF está diretamente relacionado à AF, pois à medida que a AF apresenta redução por efeito da salinidade, a espessura das folhas é aumentada, além da planta promover a realocação de fotossintatos para o caule e outros órgãos de pigmento verde. Os resultados do presente estudo foram diferentes dos reportados por aqueles autores em termos da redução da produção da MMSF no cultivo do repolho em solo sob os níveis CEa de 0,5, 4,4 e 8,5 dS m^{-1} da água de irrigação.

Neste sentido, outros trabalhos da literatura relataram o efeito negativo da salinidade tanto sobre a MMSF quanto sobre a MMSPA de plantas da couve-flor. No cultivo da couve-flor em vasos com areia submetida aos níveis de CEsol de 2 e 4 dS m^{-1} aplicadas de forma constante e também com alternância de aplicação entre os tratamentos em dois períodos de crescimento, Giuffrida et al. (2017) constataram que a MMSF e da MSPA mostraram grande redução quando submetida ao maior nível salino, independente do período de desenvolvimento da cultura. Da mesma

forma, Giuffrida et al. (2013) reportaram decréscimo da massa seca da planta de couve-flor quando submetida a níveis crescentes de CEsol (0; 2 e 4 dS m⁻¹) sob cultivo em vasos com areia.

5.1.4. Produção e biometria da inflorescência

a) Massa de matéria fresca das inflorescências

Mediante análise de variância (ANEXO B), foi verificado que os diferentes níveis de CEsol reduziram de forma significativa a massa de matéria fresca das inflorescências (MMFI) da couve-flor (Figura 21A). Além disso, também foi notada diferença desta variável para as três cultivares (Figura 21B).

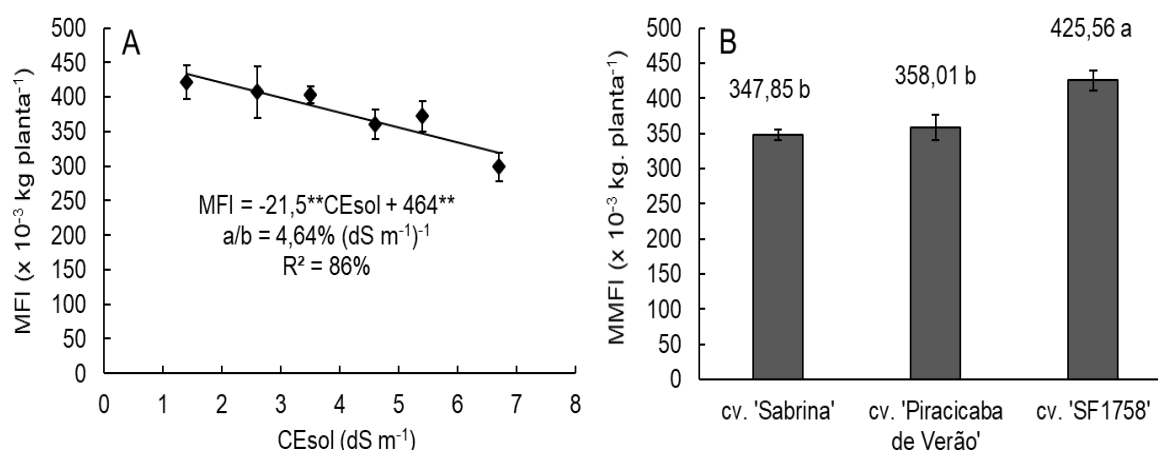


Figura 21. Rendimento de massa de matéria fresca das inflorescências da couve-flor sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva - CEsol (A) e das cultivares (B) de couve-flor em condições hidropônicas.

De acordo com o modelo obtido, o aumento da CEsol provocou redução da MMFI de 4,64% por incremento unitário da CEsol (Figura 21A). Houve também diferença entre as três cultivares, sendo a cv. 'SF1758' a que apresentou maior rendimento médio de MMFI, enquanto a cv. 'Sabrina' e cv. 'Piracicaba de Verão' apresentaram rendimento estatisticamente igual (Figura 21B).

Zörb et al. (2019) defendem que as características pertinentes ao rendimento das culturas estão inversamente relacionadas às situações de estresses abióticos, tal como os estresses salino e hídrico que podem ocorrer ao longo do desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta. Pois, quando a salinidade causa

impacto negativo sobre a fase inicial do crescimento vegetativo da planta, o rendimento da produção também reduzirá de forma drástica.

Testando duas CEsol (2 e 4 dS m⁻¹) com diferentes estratégias de aplicação na couve-flor cultivada em areia, Giuffrida et al. (2017) reportaram redução relativa de 24,2% da MMFI o maior (4 dS m⁻¹) e o menor (2 dS m⁻¹) nível da CEsol, havendo queda da produção independente da fase fenológica em que se aplicou o estresse salino. Por outro lado, os autores afirmaram que o estresse salino melhorou a qualidade nutricional da couve-flor e sua qualidade organoléptica.

De modo similar a Giuffrida et al (2017), com o brócolis submetido aos níveis de CEsol de 2 e 4 dS m⁻¹, Di Gioia et al. (2018) reportaram redução de 24% no rendimento da MMFI do brócolis submetido ao estresse salino, independente da fase fenológica da cultura. Estes destacaram que, em compensação à queda da produção o estresse salino também conferiu melhoria das propriedades nutricionais e do sabor do brócolis.

Baseando-se nos resultados do presente trabalho e de outros também com a couve-flor e com espécies da mesma família, pode-se inferir que a redução do rendimento da MMFI em brássicas sob diferentes níveis salinos, justifica-se, devido ao baixo potencial osmótico na solução nutritiva, que reduz a absorção de água pela planta, seguido de estresse hídrico que, por conseguinte, reduz o potencial de água na planta com a consecutiva interrupção do processo de divisão e expansão celular (NEUMANN, 1997; MUNNS, 2002; LIRA et al., 2015).

De acordo com Ding et al. (2018), os quais realizaram estudos com espécies da família das brássicas, valores elevados de CEsol são inibidores do crescimento que consequentemente atingem negativamente o rendimento da produção das plantas devido ao estresse causado pela salinidade, pois as plantas precisam ajustar seu metabolismo para que enzimas antioxidantes atuem no processo de aclimação ao estresse.

Mesmo sem interação entre a CEsol e as cultivares para o rendimento de MMFI, comparou-se o rendimento das três cultivares dentro dos diferentes níveis de CEsol e, observou-se que em termos absoluto de produção a cv. 'SF1758' foi superior a cv. 'Piracicaba de Verão' e cv. 'Sabrina', que mantiveram-se variáveis entre si dentro dos diferentes níveis de CEsol (Figura 22). No entanto, a partir da maior CEsol (6,7 dS m⁻¹) todas as cultivares mostraram desempenho de produção

similar entre si. Este resultado está em conformidade com o teste de média realizado entre as cultivares (Figura 21B).

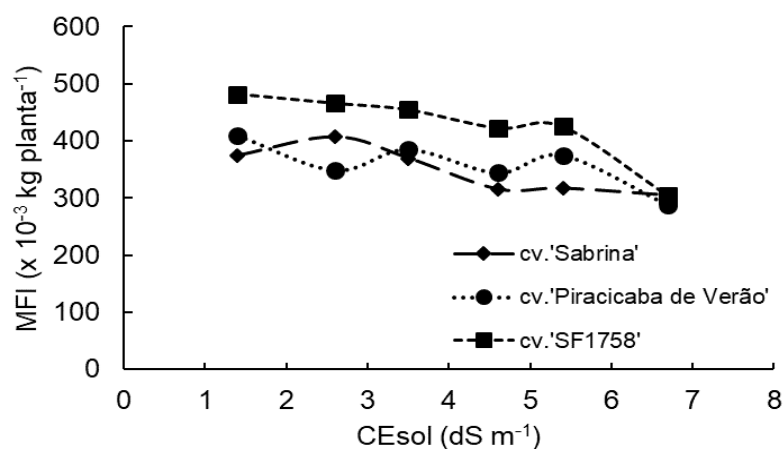


Figura 22. Rendimento da massa de matéria fresca das inflorescências (MFI) das três cultivares de couve-flor dentro de cada nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

De modo geral, as inflorescências das três cultivares de couve-flor testadas apresentaram qualidade visual para comercialização, independentemente da salinidade imposta (Figuras 23, 24 e 25).

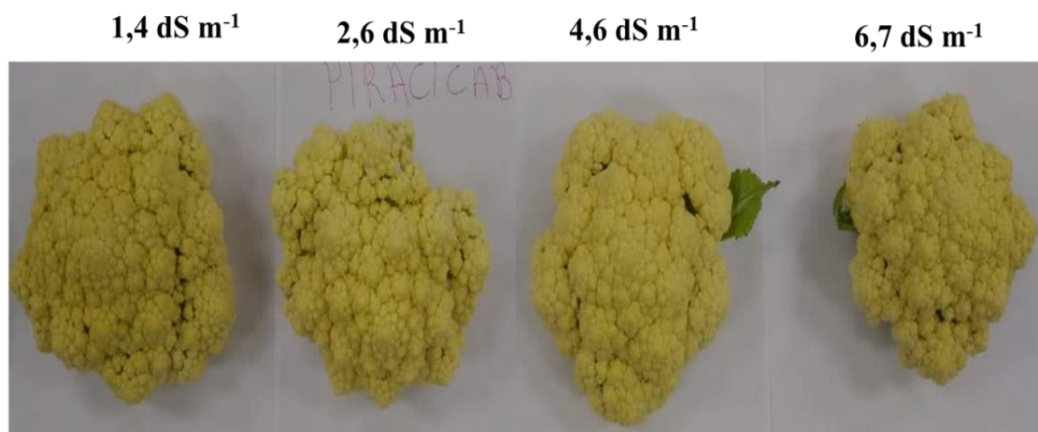


Figura 23. Aspecto geral das inflorescências da couve-flor cv. 'Piracicaba de Verão' dentro de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

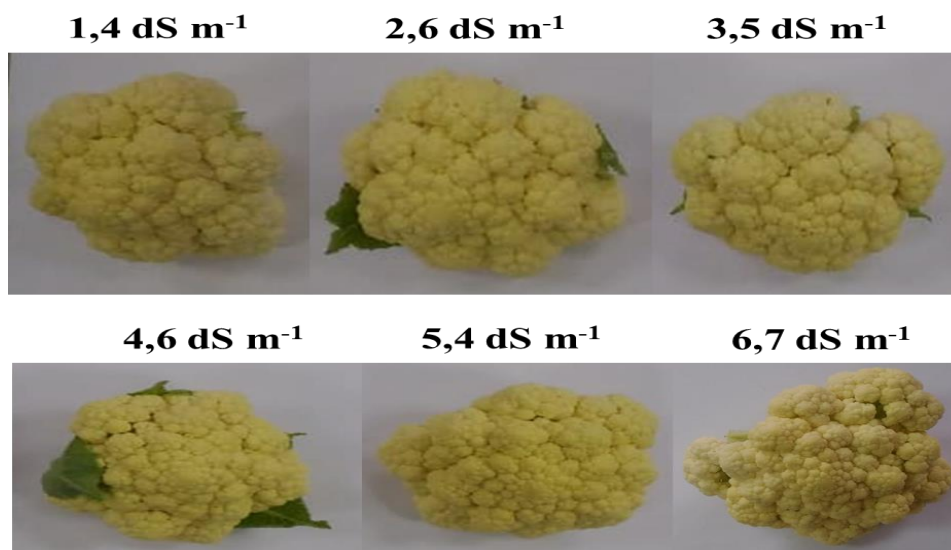


Figura 24. Aspecto geral das inflorescências da couve-flor cv. 'Sabrina' dentro dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

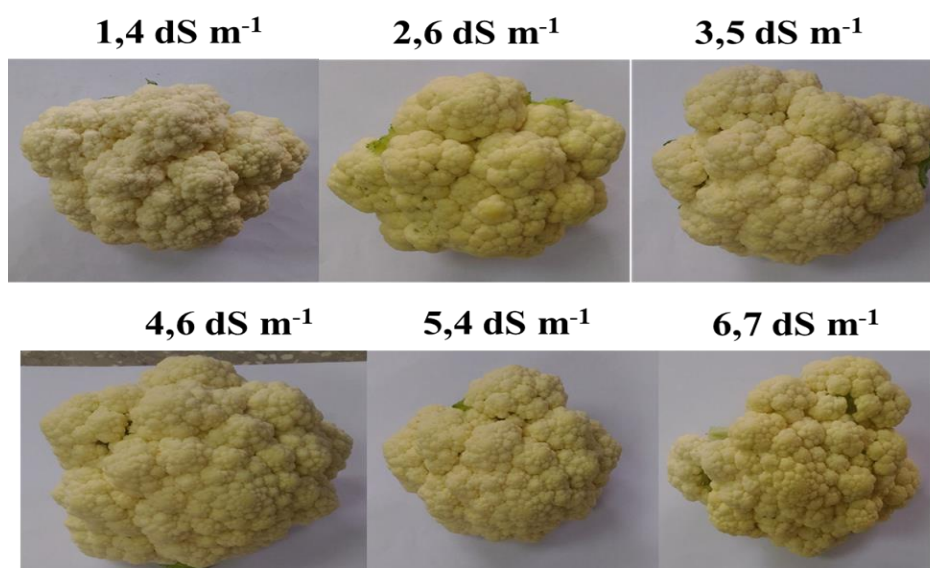


Figura 25. Aspecto geral das inflorescências da couve-flor cv. 'SF1758' dentro dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

b) Diâmetro e altura das inflorescências

Para o diâmetro médio da inflorescência (DI) da couve-flor, mediante a análise de variância (NEXO B), verificou-se efeito significativo da CEsol. O modelo linear obtido demonstrou redução do DI de 1,92% por incremento unitário da CEsol (Figura 26A). Comparando o DI obtido nos demais níveis de CEsol com o controle (1,4 dS m⁻¹), foi verificada redução abaixo de 7,0%, no entanto, para a CEsol de 6,7 dS m⁻¹

foi observada redução de 11% no DI em relação ao controle. Também foi verificada diferença entre as cultivares de couve-flor quanto ao DI mediante o teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. O teste demonstrou que a cv. 'Piracicaba de Verão' foi superior a cv. 'Sabrina' e cv. 'SF1758', e que estas duas foram estatisticamente iguais entre si (Figura 26B).

Não houve qualquer efeito do aumento da CEsol para a variável altura da inflorescência (AI) da couve-flor, tendo apenas diferença entre as cultivares testadas. Mediante o teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, constatou-se que a cv. 'SF1758' apresentou a maior altura, mas foi estatisticamente igual a cv. 'Piracicaba de Verão' (Figura 26C).

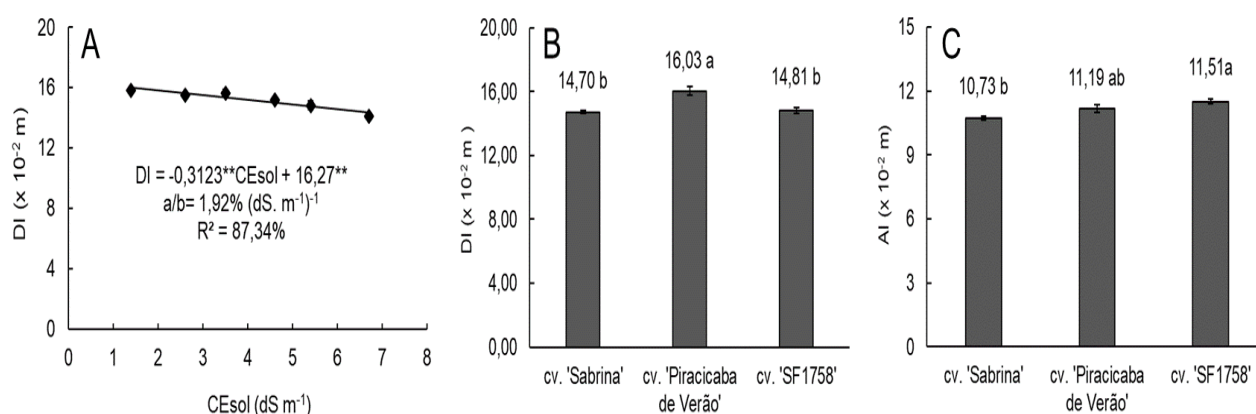


Figura 26. Diâmetro da inflorescência - DI sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsol (A) e diâmetro - DI (B) e altura da inflorescência - AI (C) das cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

Resultados diferentes de DI da couve-flor submetida a dois níveis de CEsol (2 e 4 dS m⁻¹) no cultivo em vaso com areia foram reportados por Giuffrida et al. (2018). Segundo os autores, a CEsol não causou danos sobre o DI da couve-flor. Por outro lado, para a AI, Giuffrida et al. (2018) notaram redução relativa de 22,7%.

Ainda com relação ao DI e AI da couve-flor, testando diferentes tensões de água no solo para a cultura, Ferreira et al. (2019) reportaram DI variando entre 0,11 e 0,16 m, e AI entre 0,8 e 0,10 m, entre as menores e maiores tensões de água no solo. Os resultados do presente estudo para essas variáveis demonstram que as medidas obtidas estão dentro de padrões de cultivos em sistema convencional, e inseridos no padrão de comercialização da inflorescência, desenvolvido pelo Programa Horti & Fruti Padrão (2009).

Utilizando a classificação das inflorescências pelo seu maior diâmetro transversal, o Programa Horti & Fruti Padrão (2009) criou oito classes de produto com base na classificação do DI. A classe 1 representa o diâmetro menor que 0,10 m, enquanto que a classe 8 os diâmetros são maiores que 0,23 m. De acordo com este Programa, a classificação da couve-flor por tamanho tem por objetivo a transparência na comercialização, melhores preços para os produtores e consumidores.

Fazendo-se essa classificação por meio dos valores de CEsol trabalhados dentro do modelo de ajuste linear, verificou-se que o tratamento controle obteve a Classe 4, pois seu diâmetro médio foi de 0,16 m, enquanto os demais níveis de CEsol obtiveram a Classe 3, que varia de 0,13 a 0,15 m (Tabela 1). Em termos desta classificação por diâmetro, vale ressaltar que a maior inflorescência nem sempre soa como um bom atrativo, pois depende bastante do gosto do consumidor. Por outro lado, para o produtor, o maior tamanho da inflorescência significa maior massa o que remete a um melhor preço considerando-se que nos supermercados a couve-flor é vendida por quilo.

Tabela 1. Tabela de classificação da inflorescência da couve-flor adaptada do Programa Horti & Fruti Padrão (2009), com base no diâmetro da mesma obtido mediante a aplicação dos diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) trabalhados no modelo de regressão linear do diâmetro da inflorescência (DI).

CEsol (dS m ⁻¹)	DI estimado (m)	Classe	DI de referência
1,4	0,16	4	> 0,15 a 0,17
2,6	0,15	3	> 0,13 a 0,15
3,5	0,15	3	> 0,13 a 0,15
4,6	0,15	3	> 0,13 a 0,15
5,4	0,15	3	> 0,13 a 0,15
6,7	0,15	3	> 0,13 a 0,15

5.1.5. Período médio de colheita da inflorescência

Para a couve-flor, além do período médio de colheita da inflorescência (PRC), deve-se levar em consideração a duração do estágio vegetativo e início do produtivo que é quando começam a surgir os primórdios da inflorescência. Assim, com o

monitoramento rotineiro destas duas fases de desenvolvimento da planta, verificou-se que a fase de crescimento vegetativo se estendeu em média até os 39 DAT, enquanto que a emissão de inflorescência teve início a partir dos 40 DAT. O tempo médio de cada fase de desenvolvimento levou em consideração o começo da fase, visto que dentro da mesma cultivar houve plantas que emitiram inflorescências em dias diferentes, o que ocasionou a realização de colheitas parciais de uma mesma cultivar. Embora não tenha sido verificado efeito do aumento da CEsol sobre o PRC, visualmente, notou-se que as plantas sob estresse salino moderado (CEsol 3,5 dS m⁻¹) obtiveram um ganho de 2 a 3 dias no tempo de emissão das inflorescências quando comparado ao controle (1,4 dS m⁻¹). Por outro lado, foi verificada diferença entre as cultivares para o PRC, sendo a cv. 'Sabrina' a mais precoce (54 dias), enquanto as demais, cv. 'Piracicaba de Verão' e cv. 'SF1758' foram estatisticamente iguais entre si no PRC (61 dias) (Figura 27).

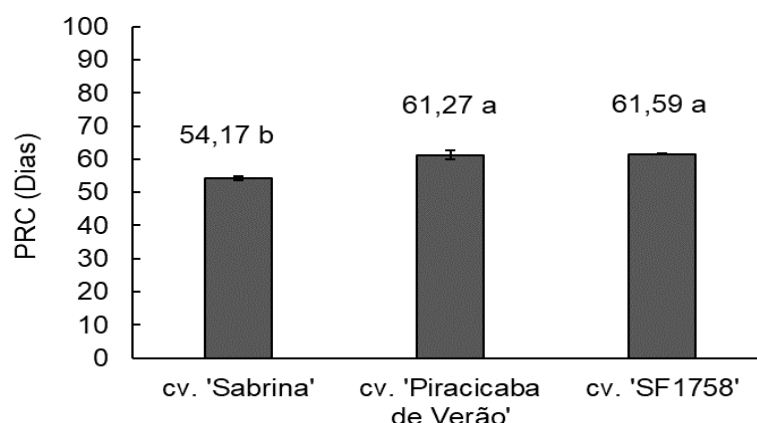


Figura 27. Período médio de colheita (PRC) das inflorescências de três cultivares de couve-flor em condições hidropônicas.

O PRC da produção e agilidade do crescimento vegetal são características desejáveis no que diz respeito à agricultura e, quando se trata do cultivo hidropônico, vários autores relatam um aumento do PRC com o emprego desta técnica de cultivo para diversas culturas, tais como, alface (ALVES et al., 2011), mudas de citros (SOUZA et al., 2013) e manjeriço (BIONE et al., 2014). Assim, como os relatos destes autores sobre a redução do período de colheita das culturas, para as cultivares de couve-flor trabalhadas no presente estudo também foi verificada redução no PRC, pois no cultivo em solo o ciclo das cultivares de couve-

flor 'Piracicaba de Verão', 'Sabrina' e 'SF1758' são na ordem de 90, 70 e 61 dias após o transplante, respectivamente, enquanto que no cultivo hidropônico com uso de águas salobras para estas mesmas cultivares foram encontrados resultados de aproximadamente 61 dias para a 'Piracicaba de Verão' e 'Sabrina' e de 54 dias para a cv. 'SF1758'.

Deste modo, discutindo sobre o emprego de águas salobras em hidroponia, a diminuição do ciclo das culturas nesse sistema se traduz como um paliativo para os efeitos dos sais sobre as plantas, pois quanto menor o tempo de exposição menor será a absorção e acúmulo de íons nas plantas (SOARES et al., 2010).

5.1.6. Eficiência do uso da água na massa de matéria fresca e seca das folhas

Mediante a análise de variância (ANEXO B), verificou-se que os diferentes níveis de CEsol não promoveram qualquer efeito na eficiência do uso da água nas massas de matéria fresca (EUAFF) (Figura 28A) e seca (EUAFS) (Figura 28B) das folhas da couve-flor, o que indica que independente dos níveis de CEsol, a resposta fisiológica das plantas na produção de massa de folhas é a mesma, assim como também foi observado para a eficiência do uso da água na produção de massa fresca da inflorescência. Portanto, obteve-se uma média geral de 37 g L^{-1} e $1,96 \text{ g L}^{-1}$ para a EUAFF e EUAFS, respectivamente. Esse comportamento destas duas variáveis pode ser justificado pelo fato da CEsol não ter influenciado a MMFF.

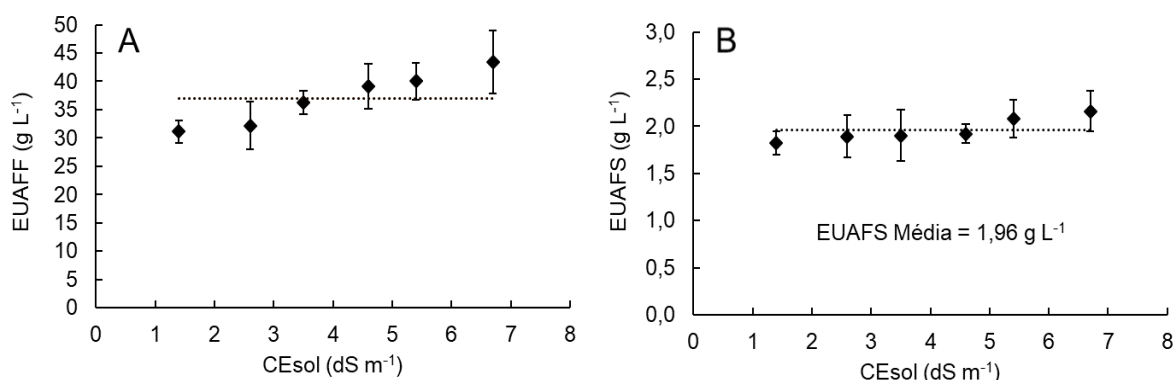


Figura 28. Eficiência do uso da água para a massa fresca - EUAFF (A) e massa seca - EUAFS (B) das folhas da couve-flor sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

Resultados semelhantes foram reportados por Viana (2017) para a couve-folha cultivada hidroponicamente sob diferentes níveis de CEa (0,3 a 5 dS m^{-1}); neste

estudo, aos 60 DAT não foi verificado efeito significativo da CEa sobre a EUAFF, obtendo-se média de 35 g L^{-1} . Esse resultado foi semelhante ao do presente estudo, no entanto, deve-se considerar que são espécies diferentes apesar de serem da mesma família. De outra forma, Cruz (2017) reporta efeito negativo do aumento da CEa ($0,2$ a $5,5 \text{ dS m}^{-1}$) sobre a EUAFF e EUAFS da couve-flor em hidroponia. O autor relata decréscimo linear por aumento unitário da CEa de $5,4$ e $8,1\%$, respectivamente, para a EUAFF e EUAFS.

5.1.7. Eficiência do uso da água da inflorescência

Similar ao que ocorreu para as folhas, a eficiência do uso da água (EUA) na produção da inflorescência da couve-flor não foi influenciada pelo aumento da CEsol, com média geral de $17,53 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 29). Entretanto, foi verificada uma leve tendência de aumento da EUA a partir das CEsol de $5,4$ e $6,7 \text{ dS m}^{-1}$.

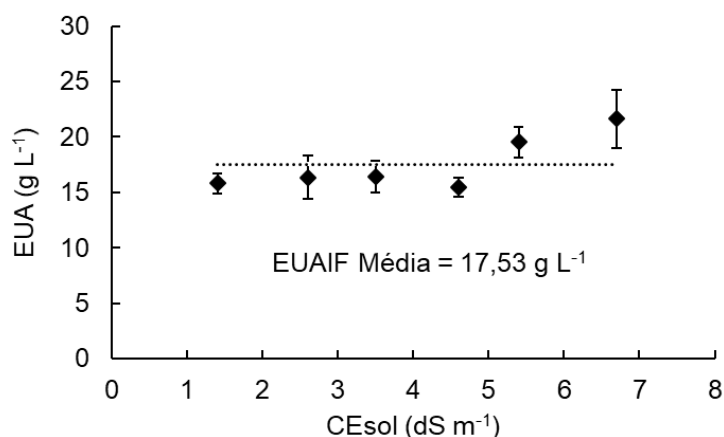


Figura 29. Eficiência do uso da água (EUA) para massa de matéria fresca da inflorescência da couve-flor sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

A EUA pela planta é considerada como um parâmetro que mede o desempenho da produção da cultura, de forma que mensura sua produtividade por quantidade de água consumida, podendo ser vista também como a produção da água.

Alguns autores reportaram decréscimo da EUA em função do aumento da salinidade. Como foi o caso de Silva et al. (2012) com a rúcula cultivada hidroponicamente e submetida aos níveis de CEa de $0,2$ a $5,2 \text{ dS m}^{-1}$. Por outro lado, aumento da EUA foi relatado por Schiattone et al. (2017) com a cultura da

rúcula em solo e submetida a diferentes níveis de CEa (1 a 13 dS m⁻¹) e Modesto et al. (2019) com a cultura do quiabeiro em sistema hidropônico sob diferentes CEsol (2,08 a 18,61 dS m⁻¹), ambos reportaram aumento da EUA até determinado nível salino. De acordo com Silva et al. (2006), a EUA é prejudicada quando, tanto o CH quanto a produção da planta sofrem reduções pelo estresse salino.

5.1.8. Tolerância à salinidade

Por meio da análise dos dados de produção relativa, baseada na produção do tratamento controle, e utilizando o modelo proposto por Maas e Hoffman (1977), foi possível determinar a salinidade limiar (SL) das três cultivares testadas no presente estudo. Os valores de SL foram de 3,2; 2,65 e 2,60 dS m⁻¹ para as cultivares ‘SF1758’ (Figura 30A), ‘Sabrina’ (Figura 30B) e ‘Piracicaba de Verão’ (Figura 30C), respectivamente.

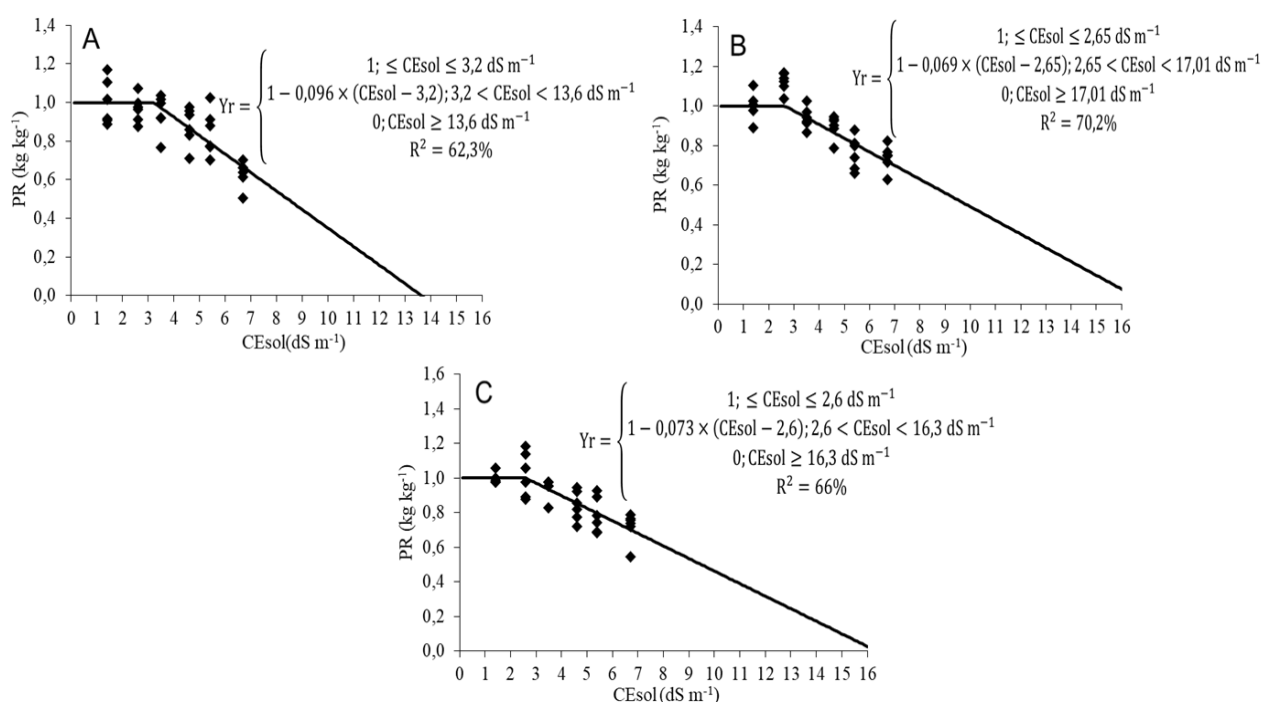


Figura 30. Produtividade relativa (YR) e salinidade limiar das cultivares de couve-flor ‘SF1758’ (A), ‘Piracicaba de Verão’ (B) e ‘Sabrina’ (C) sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

Apesar da cv. ‘SF1758’ ter obtido uma SL maior que a cv. ‘Piracicaba de Verão’ e cv. ‘Sabrina’, estas duas se assemelham entre si tanto na SL quanto no coeficiente

de redução da produção por aumento da salinidade além da SL. Em contrapartida a isto, a cv. 'SF1758' possui um maior coeficiente de decréscimo da produção relativa por aumento unitário da salinidade a partir de sua salinidade limiar.

Na classificação da tolerância das culturas à salinidade proposta por Ayers e Westcot (1985) não há dados da SL para a couve-flor, no entanto, os autores relataram para culturas da mesma família, como o brócolis e repolho uma SL de 2,8 e 1,8 dS m⁻¹, respectivamente, no cultivo em solo. Mediante o modelo proposto por Mass e Hoffman (1977), De Pascale et al. (2005) estimaram SL de 1,52 dS m⁻¹ para a couve-flor cultivada em solo com uso de águas salobras, com queda do rendimento relativo de 14,4% por acréscimo unitário da condutividade elétrica acima do limiar.

Com base nos dados de SL estimada para as cultivares testadas em sistema hidropônico, as cultivares 'Piracicaba de Verão' e 'Sabrina' foram classificadas como moderadamente sensíveis, enquanto a cv. 'SF1758' foi moderadamente tolerante, de acordo com a classificação da tolerância das culturas à salinidade baseado em faixas de salinidade no extrato de saturação do solo, proposta por Ayers e Westcot (1985). Entretanto, apesar da similaridade dos valores de salinidade limiar encontrados para as três cultivares em sistema hidropônico, existe certa dificuldade na comparação do sistema de cultivo hidropônico com o cultivo em solo, pois na hidroponia a planta lida apenas com o potencial osmótico da solução nutritiva, enquanto que no solo, além do osmótico a planta precisa lidar com o potencial matricial do solo, o que dificulta a comparação da SL entre os dois sistemas.

Embora não seja um modelo de tolerância que estabeleça a formação de um platô de resposta máxima seguido de queda e, que se pode determinar a salinidade limiar da cultura como o de Mass e Hoffman (1977), o modelo de Steppuhn et al. (2005) é fundamentado no conceito da CE50, CE_{sol} que representa decréscimo de 50% da produção obtida com o tratamento controle. Os valores de CE50 estimados foram de 9,10; 8,67 e 7,77 dS m⁻¹ para as cultivares de couve-flor 'Piracicaba de Verão' (Figura 31A), 'Sabrina' (Figura 31B) e 'SF1758' (Figura 31C), e, com decréscimos por aumento unitário de CE_{sol} (em dS m⁻¹) de 0,1114; 0,1388 e 0,1776, respectivamente.

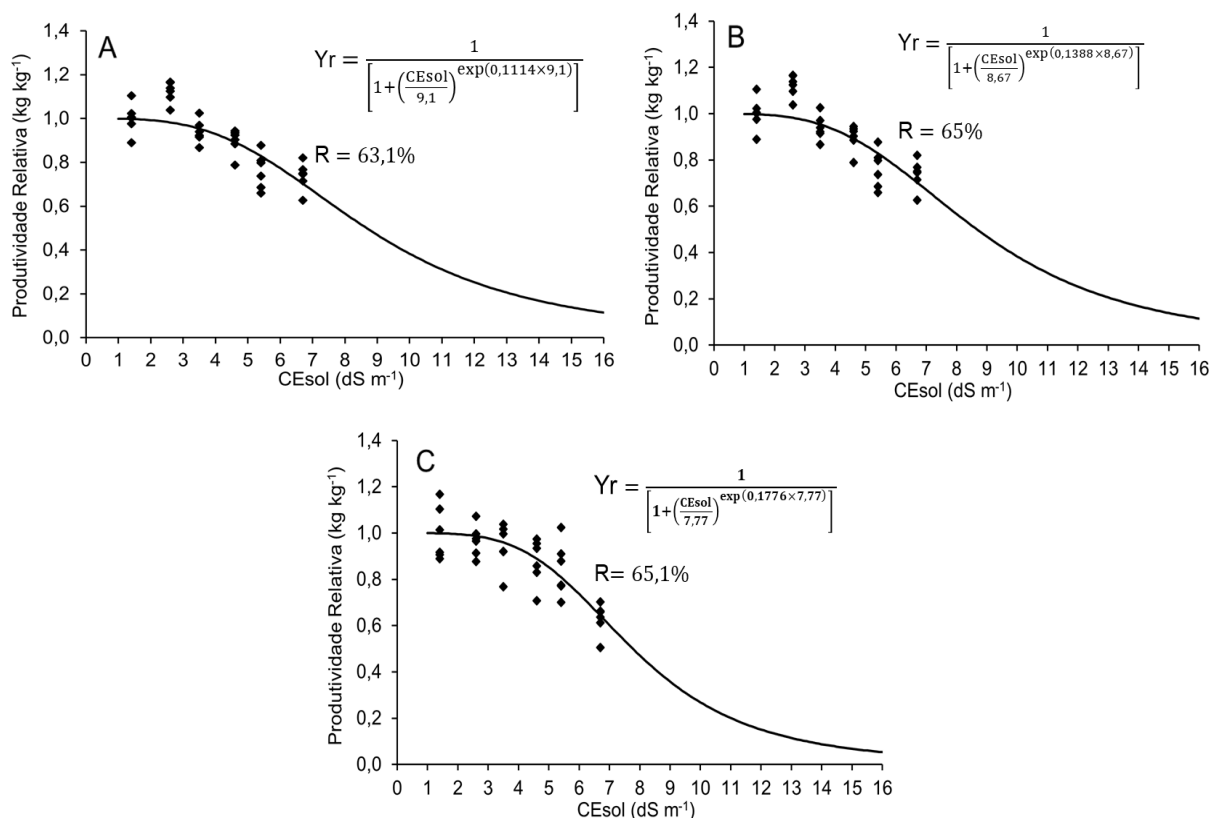


Figura 31. Produtividade relativa das cultivares de couve-flor ‘Piracicaba de Verão’ (A), ‘Sabrina’ (B) e ‘SF1758’ (C) sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em condições hidropônicas.

Segundo a metodologia de estimativa da tolerância à salinidade de culturas agrícolas proposta por Steppuhn et al. (2005), os índices de tolerância à salinidade para as três cultivares de couve-flor trabalhadas foram de 10,10 9,87 e 9,10 para as cultivares ‘Piracicaba de Verão’, ‘Sabrina’ e ‘SF1758’, respectivamente. A nível de conhecimento, para o cultivo em solo, salientando a dificuldade de comparação do cultivo em solo com o cultivo hidropônico, pois na hidroponia o potencial matricial é praticamente zero e a planta precisa lidar apenas com o potencial osmótico da solução nutritiva, enquanto que no solo, além do osmótico a planta precisa lidar com o potencial matricial da matriz do solo, o que dificulta a comparação da SL entre os dois sistemas.

Para o repolho e o brócolis, da mesma família da couve-flor (Brassicaceae), a CE50 foi de 6,62 e 7,88 dS m⁻¹, com redução de 0,148 e 0,140 (dS m⁻¹)⁻¹, com índices de tolerância de 7,60 e 8,99, respectivamente. Como não existem valores determinados para a CE50 e o índice de tolerância para a cultura da couve-flor na hidroponia, o presente estudo é de grande importância para o entendimento da

tolerância da cultura à salinidade e para a simulação de produção para verificar viabilidade de cultivo antes mesmo do produtor arriscar na prática (STEPPUHN et al. 2005).

5.1.9. Viabilidade técnica de produção da couve-flor no sistema hidropônico NFT

Embora tenha sido verificado sintomas de deficiência de cálcio em algumas folhas novas de algumas plantas da cv. 'Piracicaba de Verão', de maneira geral, a formulação da solução nutritiva empregada no cultivo da couve-flor atendeu bem aos requisitos nutricionais da cultura, sendo que a disponibilidade de solução nutritiva por planta era de 5,55 litros, um valor dentro da faixa recomendada para plantas de porte maior, que é de 3 a 5 litros por planta segundo Carrijo e Makishima (2000). Por outro lado, foi necessário realizar a reposição de nutrientes pelo menos duas vezes por semana quando as plantas estavam em fase de produção da inflorescência. Além destes fatos, o manejo da solução no que diz respeito ao pH foi facilmente controlado com uso de ácido sulfúrico, visto que a cultura mostrou comportamento de elevar o mesmo.

De modo geral, o diâmetro (0,075 m) do tubo de PVC (pigmento azul) utilizado como calha de cultivo se mostrou adequado à cultura da couve-flor, exceto para a cv. 'Piracicaba de Verão'. Esta cultivar obteve crescimento demasiadamente alto para à condição de cultivo, por possuir sistema radicular volumoso, o que comprometeu parcialmente a circulação da solução nutritiva, elevando o nível no interior do tubo, o que provocou o surgimento de eventuais sintomas de podridão do colo causado pelo *Fusarium*. Aliado a este problema, algumas plantas acabaram morrendo devido à fragilidade do colo, mesmo utilizando barbante para o tutoramento.

Além disso, a cv. 'Piracicaba de Verão' apresentou porte que não se ajustou à condição de cultivo, uma vez que em função de sua maior altura e maiores folhas ocasionou inclinação dos canais de cultivo, com posterior extravasamento da solução nutritiva pelo orifício de cultivo.

Com relação aos orifícios de cultivo, estes também foram suficientes para o desenvolvimento do colo das plantas. No entanto, o espaçamento entre plantas mostrou-se um tanto inadequado para a cv. 'Piracicaba de Verão', pois suas folhas

longas rapidamente ocuparam o espaço entre plantas, dificultando a circulação de ar, causando sombreamento e dificultando a locomoção entre as bancadas.

As demais cultivares, ‘Sabrina’ e ‘SF1758’ apresentaram arquitetura mais adequada para o cultivo no sistema NFT, pois suas folhas apresentam menor comprimento e são mais arredondadas sem causar sombreamento e/ou sobreposição, além disso, o porte destas propiciou maior facilidade de tutoramento e locomoção por entre as bancadas.

5.2. Experimento II

5.2.1. Consumo hídrico

Com exceção do segundo decêndio (Figura 32B), que não houve diferença no consumo hídrico (CH) da couve-flor cv. ‘SF1758’ entre os tratamentos; nos demais decêndios o CH seguiu tendência de redução em função do aumento da CEsol, assim como verificado para o primeiro experimento. De modo geral, verificou-se que as reduções do CH não ultrapassaram de 4% por aumento unitário da CEsol (Figura 32).

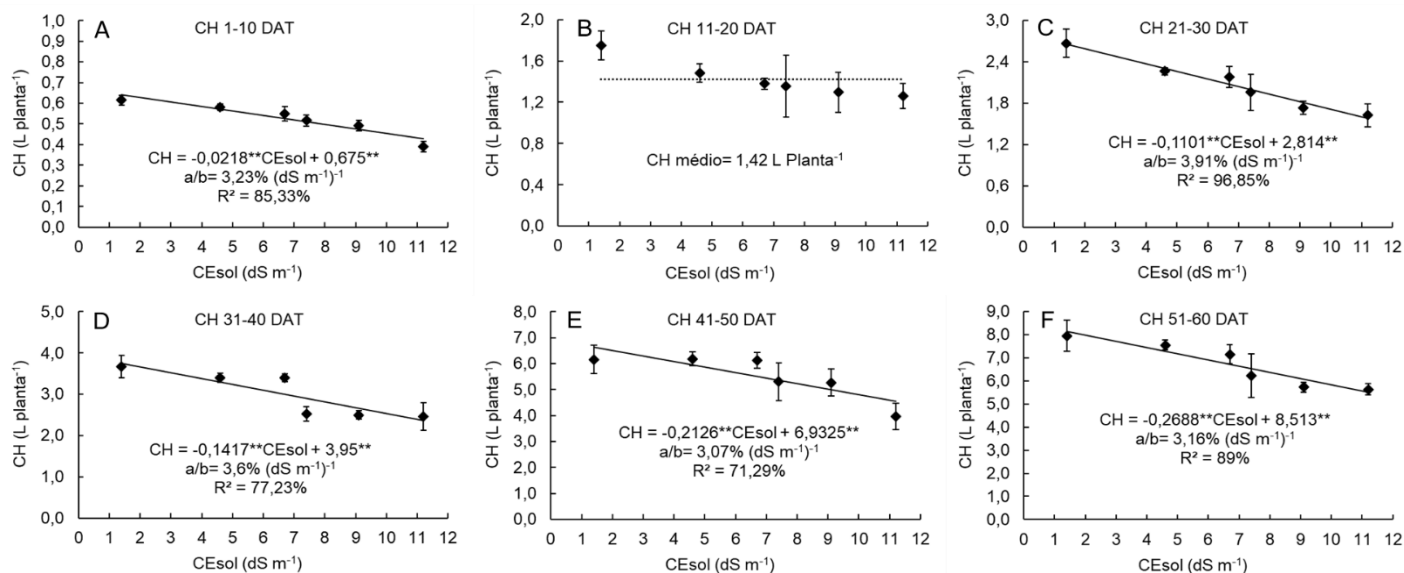


Figura 32. Consumo hídrico (CH) por planta acumulado por decêndio de três cultivares de couve-flor em função de diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), dos 1-10 (A), 11-20 (B), 21-30 (C), 31-40 (D), 41-50 (E) e 51-60 (F) dias após o transplântio (DAT).

Com base na análise de variância (ANEXO C), o CH acumulado (1 aos 60 DAT) por planta da couve-flor 'SF1758' obteve efeito significativo da CEsol (Figura 33). Entretanto, o coeficiente de redução foi de 2,7% por acréscimo unitário de CEsol, valor este menor que o obtido no primeiro experimento, mesmo com reposição exclusiva com água salobra, o que elevou gradativamente a CEsol. O CH relativo com maior redução foi de 26,85% entre o controle (CEsol 1,4 dS m⁻¹) e o maior nível (CEsol 11,2 dS m⁻¹) (Figura 33). Por outro lado, fazendo-se essa mesma comparação, no primeiro experimento esta redução foi de 54%. Mesmo sendo conduzidos em épocas diferentes, os dois estudos obtiveram CH similar para o maior nível salino de cada um. Ainda nesse sentido, pode-se inferir que a cv. 'SF1758' possui um comportamento de menor demanda hídrica para suprir suas necessidades metabólicas com relação às outras duas cultivares testadas no primeiro experimento, pois, no controle do segundo experimento a cv. 'SF1758' consumiu 28% menor volume de água em relação ao controle do primeiro experimento com as três cultivares.

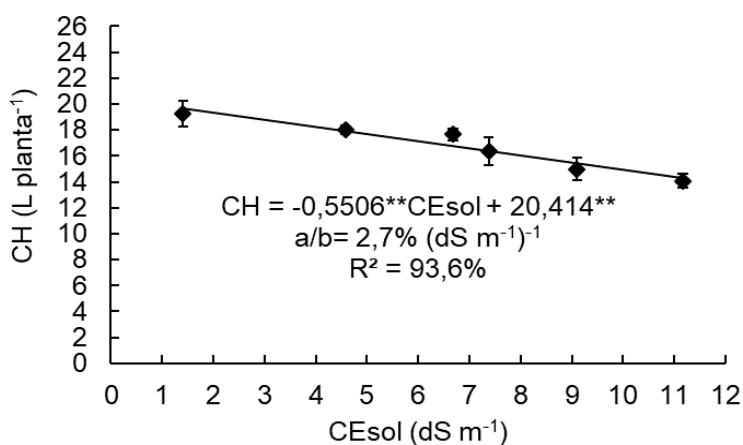


Figura 33. Consumo hídrico total por planta (CHT) ao longo do ciclo da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada de diferentes níveis da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

De modo geral, o emprego de águas com diferentes salinidades causa distúrbios na absorção de água de diferentes culturas, sendo amplamente relatado o comportamento de queda linear do CH por plantas em cultivo hidropônico sob

diferentes níveis de salinidade da água, tal como na cultura da rúcula (SILVA et al., 2011), da alface (SOARES et al., 2015) e da couve-flor (CRUZ et al., 2018). Da mesma forma, o aumento da CEsol tem apresentado resposta similar na redução do CH, como foi o caso relatado para a alface (PAULUS et al., 2012), para a couve-folha (VIANA, 2017) e para o quiabeiro (MODESTO et al., 2019) em condições hidropônicas.

Assim como verificado no primeiro experimento, o CH das plantas da couve-flor cv. 'SF1758' manteve tendência de aumento dentro dos tratamentos ao decorrer dos seis decêndios após o transplantio (Figura 34).

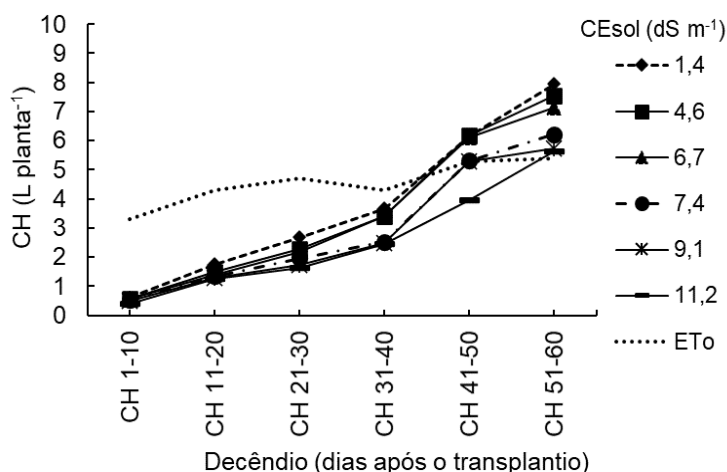


Figura 34. Consumo hídrico por planta (CH) da couve-flor cv. 'SF1758' ao longo dos seis decêndios em função de diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva (CEsol).

5.2.2. Variáveis biométricas

a) Altura de planta e diâmetro de caule

Pela análise de variância (ANEXO C), Observou-se significância para a altura (AP) e diâmetro do caule (DC), com decréscimo linear por aumento unitário da CEsol na ordem de 2,38 e 2,41%, respectivamente, para a altura (AP) (Figura 35A) e diâmetro do caule (DC) (Figura 35B) das plantas da couve-flor cv. 'SF1758'. A AP e o DC das plantas obtiveram reduções relativas da ordem de 21,75 e 20,79%,

respectivamente, sob maior nível salino (CEsol 11,17 dS m⁻¹) em comparação ao controle (CEsol 1,41 dS m⁻¹).

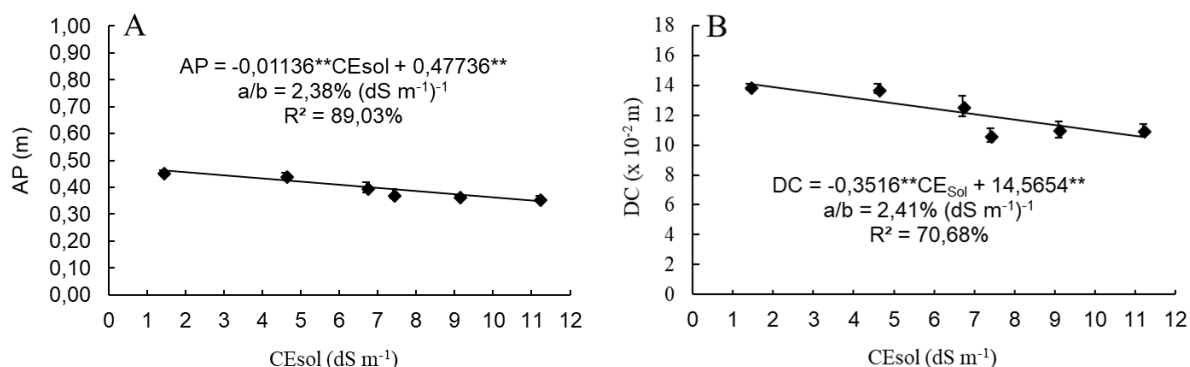


Figura 35. Altura de planta - AP (A) e diâmetro do caule - DC (B) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

As reduções da AP e DC da couve-flor cv. 'SF1758' pelo aumento da média ponderada de CEsol mostram-se consistentes com os resultados do primeiro experimento. No segundo experimento, a AP (Figura 35A) e o DC (Figura 35B) reduziram em 2,38 e 2,41% por acréscimo unitário na CEsol, respectivamente. A redução do crescimento vegetativo da planta em altura por exemplo, pode ser considerada uma característica que oferece vantagens no cultivo hidropônico, desde que não comprometa a produção comercial. Para Jamil et al. (2007), a redução do crescimento de plantas sob estresse salino é um fenômeno comum à maioria das culturas, entretanto, essa redução ocorre de maneira diferente em distintos órgãos da planta, como foi o caso da AP e DC da couve-flor do presente estudo.

O efeito negativo do aumento da salinidade sobre as variáveis de crescimento das plantas também foi relatado para o repolho, a canola, a couve-flor e o tomateiro (JAMIL et al., 2005; AMIR et al., 2014). Segundo Amir et al. (2014), a redução do crescimento de plantas devido ao aumento da salinidade está relacionada aos efeitos específicos do Cl⁻ e do Na⁺ e também à redução do fluxo de água na planta. Tal afirmação dos autores corrobora os resultados obtidos no presente trabalho, pois tanto o consumo de água quanto o crescimento das plantas da couve-flor obtiveram redução progressiva com o aumento da salinidade da solução nutritiva.

b) Área foliar e número de folhas

Com base nos resultados obtidos, a área foliar (AF) da couve-flor cv. 'SF1758' foi negativamente relacionada ao aumento da CEsol, visto que o modelo matemático que expressa a relação da AF com a salinidade apresentou coeficiente de decréscimo da AF de 3,22% por aumento unitário da CEsol (Figura 36A). Em termos relativos, a maior redução da AF foi atribuída a maior CEsol (11,17 dS m⁻¹), sendo esta redução de 29,2% em relação ao controle (1,41 dS m⁻¹). Por outro lado, não foi atribuído qualquer efeito da CEsol sobre o número médio de folhas por planta da couve-flor, independentemente do nível da CEsol, sendo obtida uma média geral de número de folhas (NF) por planta de 25 folhas (Figura 36B).

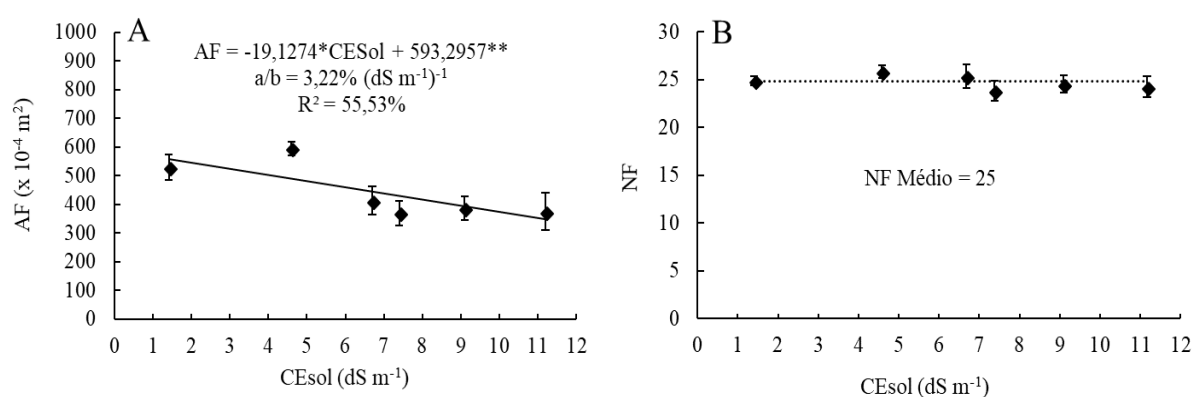


Figura 36. Área foliar - AF (A) e número médio de folhas por planta - NF (B) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Estes resultados também se mostram de acordo com os resultados observados no Experimento I realizado com diferentes cultivares de couve-flor. Com estes achados, ao que tudo indica, as cultivares de couve-flor testadas são provavelmente menos sensíveis ao efeito da salinidade sobre a produção de folhas, uma vez que o NF não foi afetado pela CEsol.

Independente do sistema de cultivo empregado no cultivo da couve-flor, o efeito da salinidade tem causado redução de variáveis de crescimento das plantas, como foi o caso da AF relatado por De Pascale et al. (2005), com a couve-flor, testando diferentes níveis de CEa (1,81; a 6,22 dS m⁻¹) no cultivo em solo. Segundo esses autores, houve redução da AF a partir da CEa de 2,89 dS m⁻¹. Além do mais,

esses não verificaram qualquer efeito da CEa sobre o NF da couve-flor, assim como no presente estudo.

Por outro lado, relatos diferentes da AF em função da CEsol foram reportados por Giuffrida et al. (2013) para as culturas da couve-flor e brócolis submetidas aos níveis de CEsol de 2 e 4 dS m⁻¹ no cultivo em vaso. Os referidos autores afirmaram que tanto a couve-flor quanto o brócolis não apresentaram qualquer efeito negativo para as faixas CEsol testadas sobre a AF das plantas.

Com trabalho similar conduzido em sistema hidropônico com a cultura da couve chinesa (família Brassicaceae), Lira et al. (2015) também obtiveram redução da AF em função do aumento da CEsol, com decréscimo de 18% por aumento unitário da CEsol. Contrariando os resultados do presente estudo, os autores obtiveram redução do NF em função da CEsol, com redução percentual de 8% por incremento unitário da CEsol.

c) Massa de matéria fresca de folhas e da parte aérea

Os resultados obtidos para as variáveis de massa de matéria fresca de folhas (MMFF) (Figura 37A) e da parte aérea (MMFPA) (Figura 37B) da couve-flor cv. 'SF1758' mostraram que ambas as variáveis reduziram pelo incremento da CEsol, com redução de 3,92% por aumento unitário da CEsol. Em termos de redução relativa, as MMFF e MMFPA da couve-flor foram de aproximadamente 31%, entre o maior nível salino (11,2 dS m⁻¹) e o controle (1,4 dS m⁻¹). Apesar da salinidade da solução nutritiva ter sido crescente, estes resultados diferiram dos encontrados no Experimento I, pois a CEsol não influenciou estas variáveis.

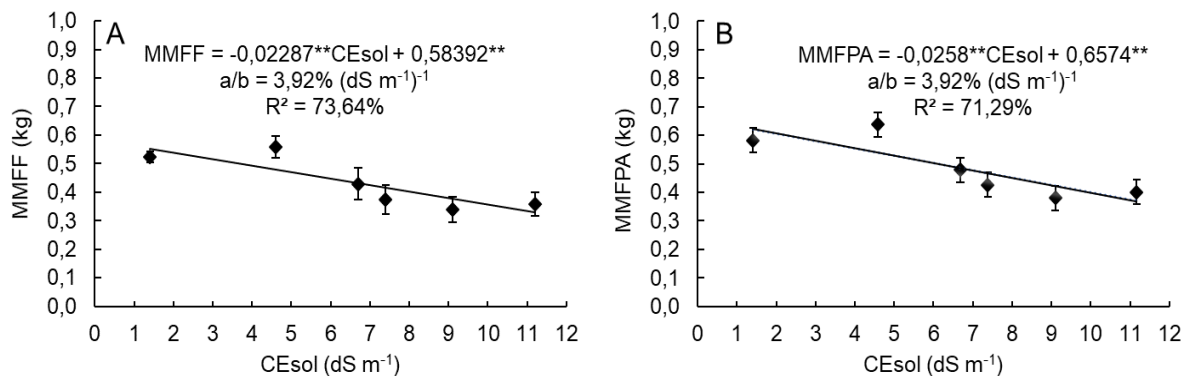


Figura 37. Massas de matéria fresca de folhas - MMFF (A) e da parte aérea - MMFPA (B) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Reduções da MMFF e da MMFPA pela salinidade crescente também foram relatadas por Jamil et al. (2005) nos cultivos das culturas da couve-flor, repolho e canola em sistema semi-hidropônico com areia e submetidas a diferentes CEa (4,7; 9,4 e 14,1 dS m⁻¹). Em estudo similar, Jamil et al. (2006) informaram que os níveis de CEa (4,7; 9,4 e 14,1 dS m⁻¹) utilizados no preparo da solução nutritiva causou redução da MMFPA da couve folha, da beterraba açucareira, da canola e amarantos.

De forma mais abrangente, Shannon et al. (2000) testou diferentes CEa (3, 7, 11, 15, 19 e 23 dS m⁻¹) no cultivo de nove culturas em solo, tais como a couve-folha, a mostarda, a canola, a chicória, a acelga e o espinafre. De acordo com os autores, a salinidade reduziu significativamente a matéria fresca de todos os nove vegetais. Estes resultados são condizentes com os do presente estudo.

d) Massa de matéria seca de folhas e da parte aérea

De modo semelhante aos resultados observados para as massas de matéria fresca de folhas e da parte aérea, as massas secas também obtiveram reduções. Os modelos de regressão com melhor ajuste mostram reduções lineares por incremento unitário da CEsol da ordem de 5,23% para a massa de matéria seca de folhas (Figura 38A) e de 5,11% para a massa de matéria seca da parte aérea (Figura 38B). Em termos comparativos entre o maior nível salino (CEsol 11,2 dS m⁻¹) e o controle (1,4 dS m⁻¹) as reduções relativas foram de 55,23 e 52,95%, respectivamente, para a

MMSF e MMSPA da couve-flor cv. 'SF1758'. Estes resultados corroboram os achados do Experimento, visto que diferente do que ocorreu para as massas frescas, houve redução das massas secas em função dos diferentes níveis da CEsol.

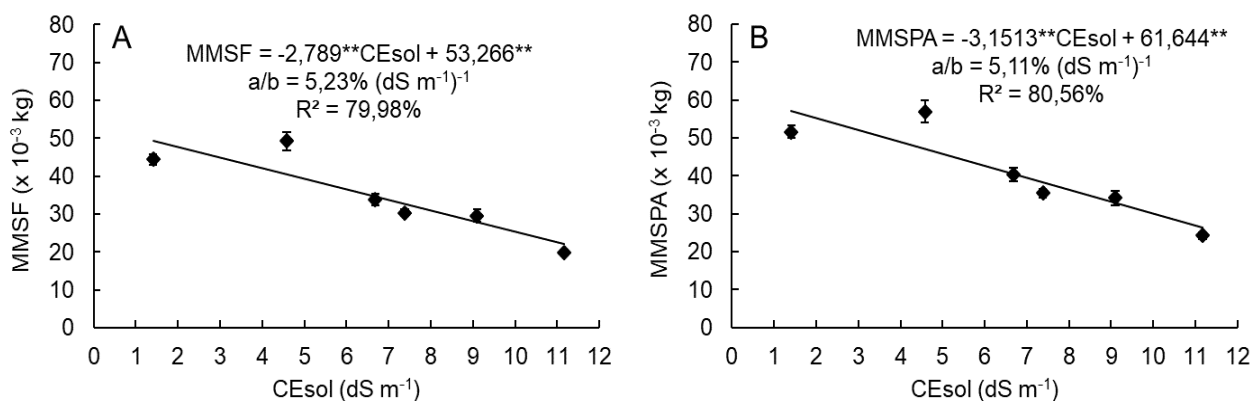


Figura 38. Massas de matéria seca de folhas - MMSF (A) e da parte aérea - MMSPA (B) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Assim como no presente estudo, Amir et al. (2014) também reportaram redução significativa da biomassa seca de plantas da couve-flor e do tomateiro irrigados com água de diferentes níveis de CEa (2, 4, 6 e 8 dS m⁻¹) no cultivo em substrato. Para os autores, esta redução é atribuída aos efeitos tóxicos dos íons Na⁺ e Cl⁻.

Diversos trabalhos têm relacionado reduções da massa de matéria seca de plantas aos efeitos prejudiciais provenientes do NaCl, como foram os casos relatados por Giuffrida et al. (2013) e Giuffrida et al. (2017), que reportaram redução significativa da massa seca em plantas da couve-flor e de brócolis quando submetidas a diferentes concentrações de NaCl adicionadas a solução nutritiva. Em estudo similar com a cultura de brócolis cultivado em vermiculita e submetido a diferentes concentrações de NaCl (3, 6 e 9 dS m⁻¹) adicionado à solução nutritiva, Zaghdoud et al. (2012) relataram que a MMSPA apresentou redução significativa pelo aumento da salinidade. Esses resultados estão em conformidade aos das variáveis de MMSF e MMSPA da couve-flor cv. 'SF1758' do presente estudo.

5.2.2. Produção e biometria das inflorescências

a) Massa de matéria fresca das inflorescências

Com base no modelo de regressão linear ajustado para a massa de matéria fresca da inflorescência (MMFI) da couve-flor cv. 'SF1758', os diferentes níveis de CEsol impuseram uma redução de 3,91% por acréscimo unitário da CEsol (Figura 39A). Esta redução está em concordância com os resultados obtidos no Experimento I com diferentes cultivares de couve-flor, sendo que neste estudo foi verificado redução de 4,64% por aumento unitário de CEsol.

Para a produtividade relativa (PR) da MMFI da couve-flor cv. 'SF1758' foi verificada uma redução de 35% comparando o maior nível de CEsol (11,2 dS m⁻¹) e o controle (1,4 dS m⁻¹) (Figura 39B). Por outro lado, notou-se que o segundo nível de CEsol (4,58 dS m⁻¹) apresentou comportamento de incremento em relação ao controle. Embora o controle tenha obtido um maior CH, o fato do segundo nível salino (CEsol 4,6 dS m⁻¹) ter tido maior MMFI, sugere que houve uma tendência de melhoria da EUA na MMFI para este segundo nível. De forma semelhante, Modesto et al. (2019) reportaram comportamento similar no rendimento da massa fresca de frutos do quiabeiro cultivado hidroponicamente (CEsol 2,08 a 18,61 dS m⁻¹).

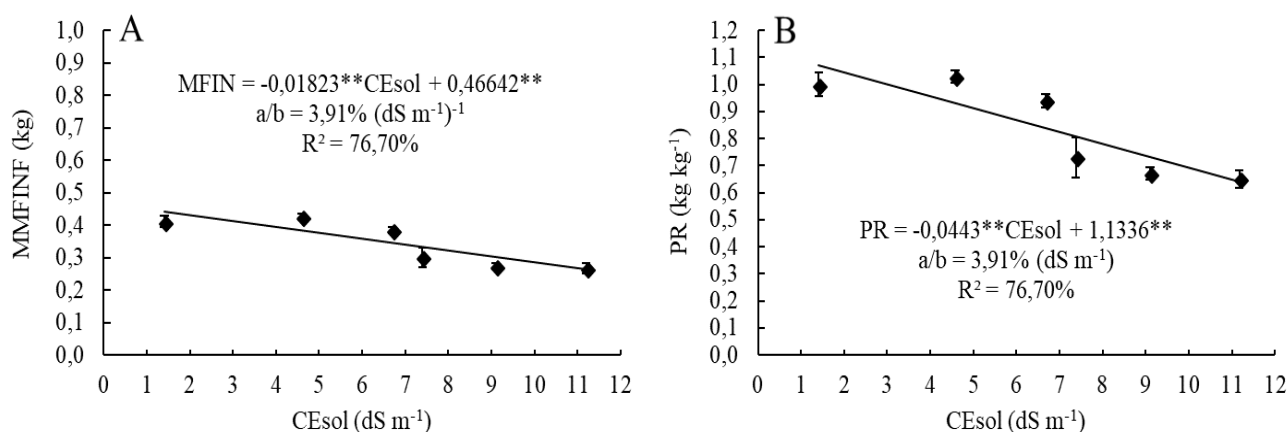


Figura 39. Massa de matéria fresca da inflorescência (MMFINF) (A) e produtividade relativa (PR) (B) da couve-flor 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Para a cultura da couve chinesa, Lira et al. (2015) reportaram que a salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva causou redução de 12,42% na

produção por acréscimo unitário da CEsol. De modo semelhante, casos de redução do rendimento da MMFI em plantas de brócolis e de couve-flor também foram relatados por Giuffrida et al. (2013) e Giuffrida et al. (2017), ambos testando diferentes concentrações de NaCl na solução nutritiva. De Pascale et al. (2005) notaram o mesmo comportamento, tanto em plantas de couve-flor quanto de brócolis cultivadas em solo sob diferentes salinidades da água de irrigação. De modo similar, Smith et al. (2010) também verificaram redução da MMFI em plantas de brócolis cultivadas em solo e irrigado com águas de diferentes níveis salinos.

Assim como os resultados do primeiro experimento, a couve-flor cv. 'SF1758' também obteve bom aspecto qualitativo para comercialização, independentemente do nível salino da solução nutritiva (Figura 40).

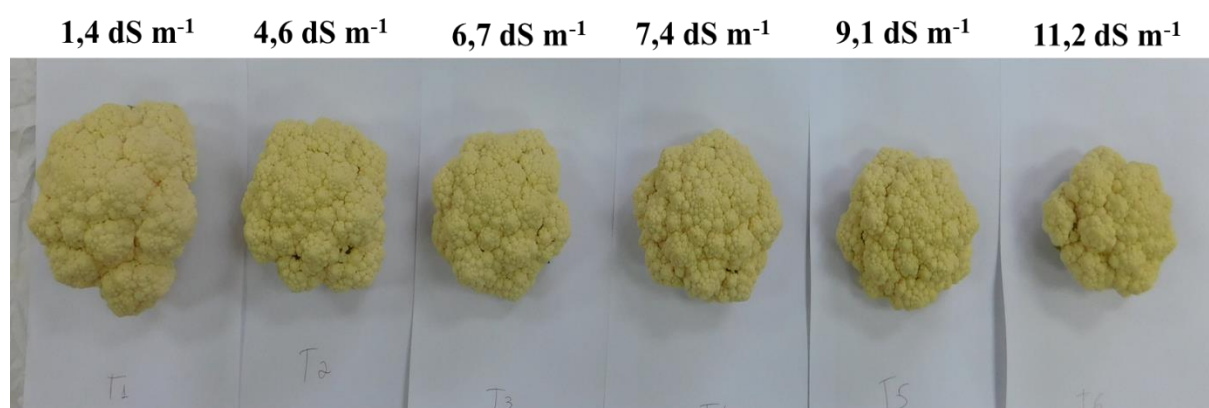


Figura 40. Aspecto geral das inflorescências da couve-flor cv. 'SF1758' para cada nível de condutividade elétrica da solução nutritiva.

b) Diâmetro e altura da inflorescência

O diâmetro - DI (Figura 41A) e a altura da inflorescência - AI (Figura 41B) da couve-flor cv. 'SF1758' foram as variáveis de crescimento menos afetadas pela salinidade proveniente dos íons Na⁺ e Cl⁻, com redução de 2,1 e 1,3% por aumento unitário da CEsol, respectivamente, estando estes valores abaixo dos de outras variáveis, como o caso da MMFI. De forma semelhante, no Experimento I o DI reduziu em 1,92% por acréscimo unitário da CEsol, enquanto que a AI não foi afetada pela salinidade.

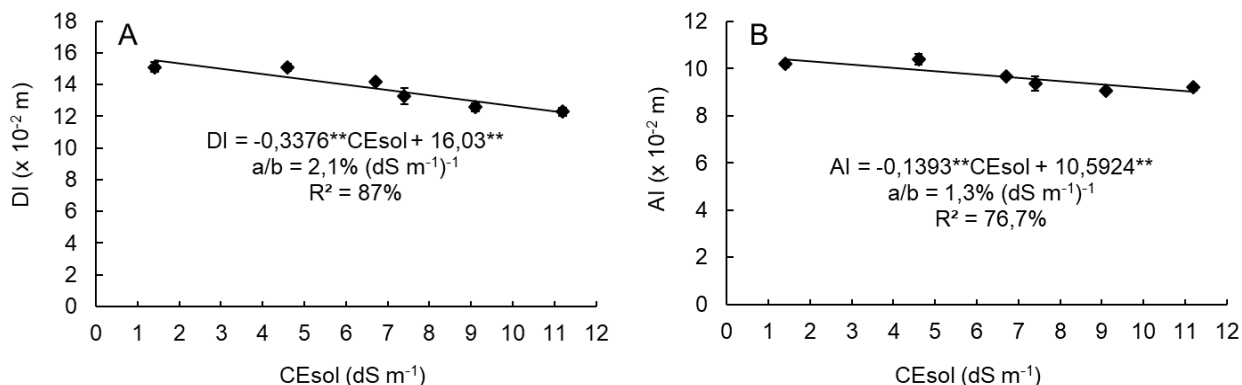


Figura 41. Diâmetro - DI (A) e altura da inflorescência - AI (B) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Testando os níveis de CEsol de 2 e 4 dS m⁻¹ na irrigação da couve-flor cultivada em vaso com areia, Giuffrida et al. (2018) reportaram que a salinidade não surtiu efeito sobre o DI, mas, houve redução relativa de 22,7% da AI pela salinidade, comparando o maior nível e o controle. De modo correlato, De Pascale et al. (2005) testando diferentes salinidades da água na irrigação em plantas de couve-flor e de brócolis em solo também obtiveram reduções tanto do DI quanto da AI.

Em termos de classificação comercial da inflorescência da couve-flor, assim como foi feito para os resultados de DI no Experimento I, mediante o modelo ajustado por regressão linear obteve-se uma classificação da inflorescência da cv. 'SF1758' para cada nível de CEsol. Sendo que com base no diâmetro obtido, as inflorescências foram classificadas segundo os critérios comerciais disponibilizados pelo Programa Horti & Fruti Padrão (2009) nas classes 4 para o controle, 3 para (4,58; 6,68 e 7,38 dS m⁻¹) e classe 2 para os dois últimos níveis salinos (9,1 e 11,2 dS m⁻¹) (Tabela 2). Tal classificação mostra que a couve-flor produzida hidroponicamente sob salinidade crescente, como nas condições de execução do presente estudo, estão dentro de um dos padrões de comercialização. Por outro lado, em relação ao Experimento I, observou-se maior ocorrência de classes inferiores a classe 4 (entre 15 e 17 cm). Assim, a maior variação de classes em função da salinidade crescente deste Experimento II evidenciou uma redução do tamanho das inflorescências, o que pode implicar no preço de venda do produtor, visto que o tamanho está relacionado a quantidade de massa fresca da inflorescência.

Tabela 2. Tabela de classificação da inflorescência da couve-flor cv. 'SF1758' adaptada do Programa Horti & Fruti Padrão (2009), com base no diâmetro da mesma obtido mediante a aplicação dos diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) trabalhados no modelo de regressão linear do diâmetro da inflorescência (DI).

CEsol (dS m ⁻¹)	DI estimado (m)	Classe	DI de referência
1,4	0,15	4	≥ 0,15 < 0,17
4,6	0,14	3	≥ 0,13 < 0,15
6,7	0,14	3	≥ 0,13 < 0,15
7,4	0,13	3	≥ 0,13 < 0,15
9,1	0,13	2	≥ 0,10 < 0,13
11,2	0,12	2	≥ 0,10 < 0,13

c) Massa de matéria seca da inflorescência

Mediante a análise de variância (ANEXO D), verificou-se que a massa de matéria seca da inflorescência (MMSI) da couve-flor cv. 'SF1758' foi significativamente reduzida em função dos níveis de CEsol, com redução de 2,82% por acréscimo unitário na CEsol (Figura 42). Em termos relativos, houve uma redução de 25,6% comparando o maior nível salino (11,2 dS m⁻¹) ao controle (1,4 dS m⁻¹). Visto que a redução da MMFI foi maior que a da seca, segundo Jamil et al. (2006), esta diferença é atribuída ao efeito osmótico que ocorre sobre os tecidos da planta devido à presença dos íons Na⁺ e Cl⁻ e não devido aos efeitos específicos destes. Assim, atribui-se que a diferença entre as massas seca e fresca da inflorescência, consiste nos diferentes teores de água dos tecidos.

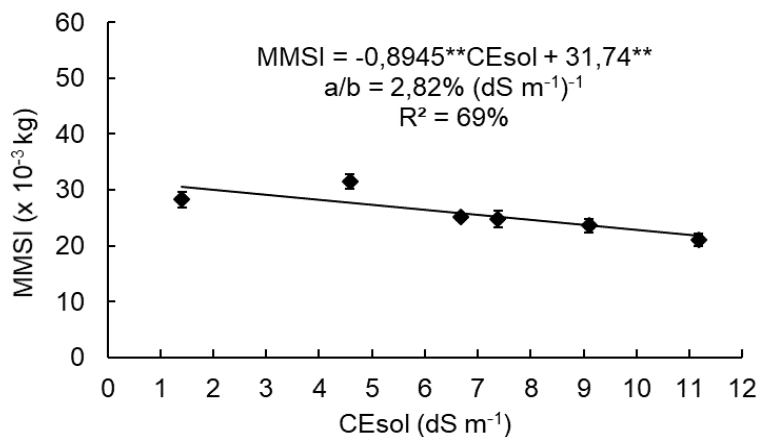


Figura 42. Massa de matéria seca da inflorescência (MMSI) da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

No cultivo da couve-flor em vaso utilizando areia como substrato, testando dois níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (2 e 4 dS m⁻¹), sendo o primeiro nível tido como controle e o segundo como salino obtido pela adição de 20 mM de NaCl na solução controle, Giuffrida et al. (2018) notaram efeito significativo da CEsol sobre a MMSI. Entretanto, os autores reportaram que o maior nível salino obteve incremento significativo de 18% na massa de matéria seca. Considerando que naquele estudo foram testadas apenas duas faixas de salinidade, enquanto que no presente estudo foram usadas mais faixas, estes resultados podem ser considerados similares quando leva-se em consideração as duas faixas testadas por aqueles autores na equação de regressão do presente estudo. Deste modo, observou-se que a CEsol de 2 dS m⁻¹ apresentaria aumento da MMSI, enquanto a de 4 dS m⁻¹ causaria redução da MMSI.

Para Giuffrida et al. (2018), o aumento da massa de matéria seca da inflorescência da couve-flor reflete um menor acúmulo de água nos tecidos da inflorescência em resposta ao estresse osmótico causado pelo cloreto de sódio. Tal afirmação é consistente com as observações do presente trabalho, pois o consumo hídrico obteve redução desde o primeiro nível salino (4,6 dS m⁻¹), enquanto que neste nível a massa de matéria seca apresentou acréscimo em relação ao controle.

Comportamento semelhante ao do presente estudo foi reportado por Di Gioia et al. (2018), os quais encontraram redução na massa de matéria seca da inflorescência em plantas de brócolis cultivadas em vasos com areia sob os níveis

de CEsol de 2 e 4 dS m⁻¹, empregados ao longo de todo ciclo e em fases alternadas de desenvolvimento (fase de crescimento e de produção). Os autores reportaram que plantas submetidas ao estresse salino a partir do surgimento da inflorescência obtiveram redução de 22,2% da massa de matéria seca desta variável.

5.2.2. Eficiência do uso da água na massa de matéria fresca e seca da inflorescência

Ao contrário dos resultados do Experimento I, a eficiência do uso da água (EUA) para a MMFI foi influenciada significativamente pelos níveis de CEsol (Figura 43A). No entanto, não foi verificado efeito da CEsol sobre a EUA na MMSI (Figura 43B), sendo este comportamento semelhante ao da inflorescência fresca no primeiro experimento. Com isso, pode-se inferir que a EUA da MMFI foi influenciada pela CEsol devido ao impacto que esta também teve sobre o CH das plantas, visto que a absorção de água pela planta está intimamente ligada à massa fresca da planta, como foi o caso das folhas.

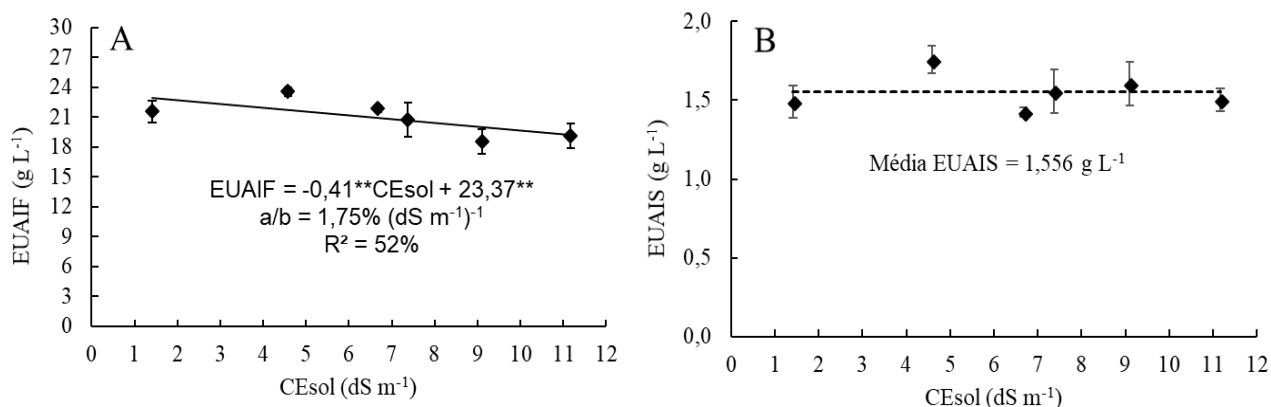


Figura 43. Eficiência do uso da água com base nas massas de matéria fresca - EUAIF (A) e seca - EUAIS (B) da inflorescência da couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Apesar da tendência de aumento da EUA na MMFI da couve-flor cv. 'SF1758' do controle (1,4 dS m⁻¹) para o segundo tratamento (4,6 dS m⁻¹), houve queda linear de 1,75% da EUA por aumento unitário de CEsol (Figura 43A). Para fins de comparação relativa, os dois últimos níveis da CEsol (9,1 e 11,2 dS m⁻¹) obtiveram

redução média de 12,6% na EUA em relação ao controle ($1,4 \text{ dS m}^{-1}$), enquanto que os dois primeiros níveis da CEsol ($4,6$ e $6,7 \text{ dS m}^{-1}$) mostraram aumento de 9,36 e 1,3% em relação ao controle.

Geralmente em hidroponia o emprego de águas contendo diferentes teores de NaCl é associado ao aumento da EUA. Em contrapartida, Silva et al. (2012) associaram o uso de águas com diferentes níveis salinos (CEa $0,2$ a $5,2 \text{ dS m}^{-1}$) à queda linear da EUA da rúcula cultivada em sistema hidropônico. De forma similar, ao comportamento observado para a EUA na MMFI da couve-flor cv. 'SF1758', apesar do modelo de resposta ser quadrático, Modesto et al. (2019) reportaram aumento da EUA da produção de frutos do quiabeiro cultivado hidroponicamente e submetido a diferentes níveis de CEsol ($2,08$ a $18,61 \text{ dS m}^{-1}$) até um determinado nível da CEsol, onde a partir deste a EUA reduziu. Assim como esses autores, Schiattone et al. (2017) afirmaram que a EUA da rúcula cultivada em campo aberto submetida a diferentes salinidades da água (CEa 1 a 13 dS m^{-1}) teve aumento até um dado nível salino, seguindo tendência de redução.

Smith et al. (2013) relataram aumento da EUA da inflorescência fresca em plantas de brócolis cultivadas em areia e submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa $2, 5$ a 14 dS m^{-1}), com aumento se dando da baixa salinidade para uma salinidade moderada e depois com redução em alta salinidade. Para os autores, uma baixa EUA foi atribuída a uma menor redução do CH da planta em comparação com a redução da massa de matéria seca devido aos efeitos do estresse salino.

5.2.4. Eficiência do uso da água da massa de matéria fresca e seca das folhas

Similarmente ao que ocorreu no primeiro experimento, a EUA com base na massa de matéria fresca da folha (MMFF) não foi influenciada pelos níveis de CEsol (Figura 44A). O fato da CEsol não ter sido significativa para a EUA da MMFF evidencia que apesar da salinidade reduzir tanto a MMFF quanto o CH, a couve-flor cv. 'SF1758' conseguiu manter um equilíbrio da turgescência celular de suas folhas proporcionalmente ao fluxo de água da planta em cada nível salino. Este comportamento é consistente com os resultados de Viana (2017) com a couve-folha cultivada hidroponicamente sob diferentes condutividades elétrica da água (CEa $0,3; 1; 2; 3; 4$ e 5 dS m^{-1}), quando não se reportou efeito significativo da salinidade sobre a EUA da MMFF.

Por outro lado, a EUA da MMSF foi afetada pela CEsol, com decréscimo de 3,71% por aumento unitário da CEsol (Figura 44B). Diferentemente, no primeiro experimento não houve efeito significativo da CEsol sobre a EUA da MMSF, com média geral de $1,96 \text{ g L}^{-1}$, enquanto o controle neste segundo experimento obteve-se EUA de $2,33 \text{ g L}^{-1}$, com média geral de $2,05 \text{ g L}^{-1}$ para todos os níveis de CEsol. Diante destes resultados, pressupõe-se que a fixação de CO_2 foi afetada pela CEsol, fato que pode ser assegurado pela maior magnitude da redução da MMSF de 5,23% por incremento unitário da CEsol.

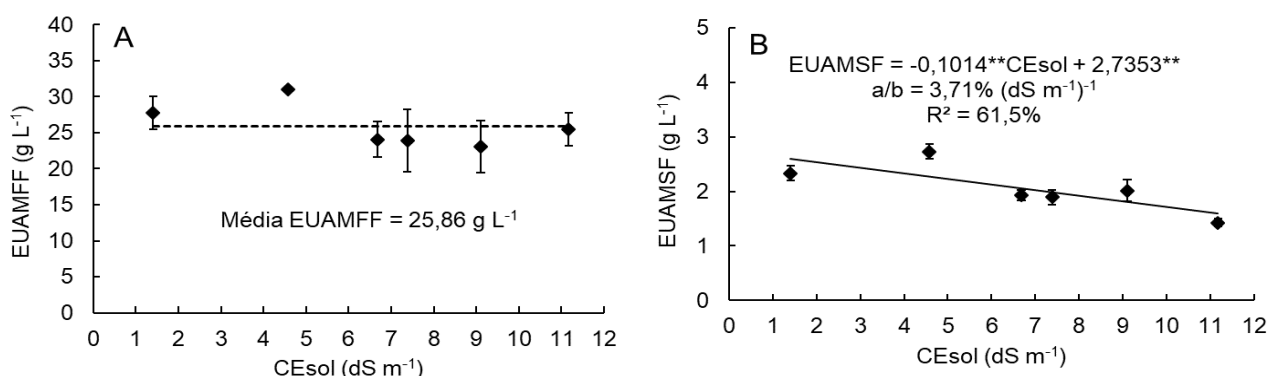


Figura 44. Eficiência do uso da água com base nas massas de matéria fresca - EUAMFF (A) e seca - EUAMSF (B) das folhas de couve-flor cv. 'SF1758' em função da média ponderada da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol).

Em hidroponia, Cruz (2017) verificou efeito significativo de diferentes níveis de CEa (0,2 a 5,5 dS m^{-1}) sobre a EUA da MMFF da couve-flor, com redução de 5,4% por aumento unitário da CEa. De acordo com o autor, a EUA da MMSF reduziu em 8,1% por acréscimo unitário na CEa. Estes resultados mostram comportamento distinto da EUA da MMFF, mas em contrapartida mostram-se consistentes para a EUA da MMSF da couve-flor cv. 'SF1758'.

5.2.5. Viabilidade técnica da produção da couve-flor 'SF1758' e análise de sintomas de toxidez

Diferentemente do que ocorreu no Experimento I, no Experimento II não foi verificado qualquer sintoma de deficiência nutricional nas plantas da couve-flor cv.

'SF1758', o que indica que a formulação da solução nutritiva satisfaz as necessidades nutricionais das plantas mesmo com o uso exclusivo de águas salobras para o preparo da solução nutritiva e reposição das perdas por evapotranspiração. Além disso, o manejo da solução no que diz respeito ao pH foi facilmente controlado com uso de ácido sulfúrico, visto que a cultura confirmou comportamento de elevar o mesmo.

O porte das plantas da cv. 'SF1758' não foi limitante para seu cultivo no sistema hidropônico NFT. Deste modo não houve extravasamento da solução pelos orifícios de cultivo em função da inclinação dos canais de cultivo. Também não foram verificados problemas de sobreposição entre plantas, o que reforça que o espaçamento de 0,50 m foi adequado para esta cultivar, bem como os tubos de 0,075 m de diâmetro comercial (pigmento azul) utilizados como canais de cultivo. Além disso, o volume das raízes da couve-flor cv. 'SF1758' que se acomodava no interior do canal de cultivo não se mostrou limitante para a recirculação da solução nutritiva.

Em termos de tutoramento, não houve a necessidade de usar cordões para o amarrio das plantas, pois estas foram facilmente acomodadas no orifício de cultivo graças ao emprego de uma pequena estrutura cilíndrica para auxiliar na sustentação das plantas (feita com tubo de PVC de 0,05 m). Este suporte também contribuiu para o controle de problemas de tombamento de plantas devido ao ataque do *Fusarium* que no Experimento I foi problemático devido a lesões do colo da raiz ocasionadas pelo sal.

Quanto à detecção de sintomas visuais de toxidez da salinidade (Figura 45), assim como foi observado no primeiro experimento, detectou-se a presença de clorose seguida de necrose dos tecidos foliares das folhas mais velhas de plantas alocadas no início do canal de cultivo submetidas aos dois maiores níveis salinos já na fase produtiva, o que se atribui ao acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- .



Figura 45. Sintomas de clorose e necrose em folha de planta da couve-flor cv. 'SF1758' submetida a diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, aos 48 dias após o transplante no sistema NFT.

6. CONCLUSÕES

As conclusões do primeiro experimento foram as seguintes:

Dentre as variáveis de crescimento vegetativo e produção de biomassa das folhas da couve-flor, a área foliar foi a mais afetada pela salinidade.

A salinidade limiar da couve-flor na hidroponia dependeu da cultivar, sendo a 'SF1758' a mais tolerante à salinidade.

Em geral, as folhas produzidas da couve-flor apresentaram padrões de qualidade compatível aos exigidos pelo mercado. Da mesma forma, as inflorescências produzidas sob salinidade também apresentaram padrões de qualidade condizente com as exigências de mercado, tanto no diâmetro, quanto na coloração e massa fresca, com exceção da cultivar 'Piracicaba de Verão'.

O consumo hídrico da couve-flor reduziu com o aumento da salinidade, no entanto, a eficiência do uso da água tanto com base na biomassa das folhas como das inflorescências não foi afetada pela salinidade.

Sintomas de toxicidade pelo NaCl foram registrados nas folhas mais velhas das plantas da couve-flor.

A cultivar 'Piracicaba de Verão' não foi adequada para o cultivo em condições hidropônicas utilizando-se o canal de cultivo com diâmetro nominal de 0,075 m, devido ao seu maior porte e sua arquitetura foliar.

As conclusões do segundo experimento foram as seguintes:

As variáveis de crescimento vegetativo e produção de biomassa das folhas frescas foram menos afetadas pela salinidade em relação ao consumo hídrico e as variáveis de produção da inflorescência.

Em geral, as folhas e as inflorescências da couve-flor produzidas sob salinidade apresentaram padrões de qualidade compatível aos exigidos pelo mercado.

Sintomas de toxicidade pelo NaCl foram registrados nas folhas mais velhas das plantas da couve-flor.

A salinidade prejudicou o enquadramento das inflorescências da couve-flor em classes de comercialização mais rentáveis.

O consumo hídrico e a eficiência do uso da água das inflorescências da couve-flor reduziram com o aumento da salinidade.

É possível usar águas salobras no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração para o cultivo hidropônico da couve-flor com redução moderada da produção e sem o comprometimento grave da qualidade de suas inflorescências e suas folhas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELGAWAD, H.; ZINTA, G.; HEGAB, M. M.; PANDEY, R.; HAN ASARD, H.; ABUELSOUD, W. High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 276, 2016.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura Geral**. 3. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2017. 86p.

ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2014.

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

AMIR, W.; FAZAL, H.; JAN, A. U. In vitro assessment of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Cauliflower (*Brassica oleracea*) seedlings growth and proline production under salt stress. **International Journal of Biosciences**, v. 4, n. 9, p. 109-115, 2014.

ASHRAF, M. P. J. C.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.

AUGUSTO, L. G. S.; O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1511-1522, 2012.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome. FAO, Food and agriculture organization of the United Nations. Irrigation and Drainage Paper. v. 29, 1985. 188p.

BERNSTEIN, L.; AYERS, A. D. Salt tolerance of cabbage and broccoli. **United States Salinity Laboratory Report to Collaborators, Riverside, CA**, 1949. 39p.

BERNSTEIN, L.; HAYWARD, H. E. Physiology of salt tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 9, n. 1, p. 25-46, 1958.

BIONE, M. A. A. **Cultivo hidropônico de pimenteira 'biquinho' com águas salobras**. 2017. 135p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1228-1234, 2014.

BLANCO, M. C. S. G.; GROppo, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. **Couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)**. Manual técnico das culturas. 2. ed. Campinas: CATI, v. 2, 1997. 578p.

CARDOSO, A. I. I., Produção de couve-flor de inverno. **Revista Campo & Negócios HF**, p. 26-29, 2011.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. **Princípios de hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 27p. (Circular Técnica, 22).

CASTRO, C. N. **Sobre a agricultura irrigada no semiárido: Uma análise histórica e atual de diferentes opções de política**. Brasília: IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. 56p (Texto para discussão, N°2369).

CHAKRABORTY, K.; SAIRAM, R. K.; BHATTACHARYA, R. C. Differential expression of salt overly sensitive pathway genes determines salinity stress tolerance in Brassica genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 51, p. 90-101, 2012.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação: Conceitos básicos e práticas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2001. 32p (Documentos, 167).

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622-627, 2018.

CRUZ, A. F. S. **Relações hídricas, características morfofisiológicas e produtivas da couve-flor em cultivo hidropônico NFT com águas salobras**. 2017. 74p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. S. G. Consumo hídrico e eficiência do uso da água no cultivo hidropônico da couve-flor com águas salobras. In: IV INOVAGRI International Meeting, 2017, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI/ESALQ-USP/ABID/UFRB/INCT-EI/INCTSal/INSTITUTO FUTURE, 2017.

DE PASCALE, S.; MAGGIO A.; BARBIERI, G. Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. **European Journal of Agronomy**, v. 23, p. 254–264, 2005.

DEGL'INNOCENTI, E. HAFSI, C.; GUIDI, L.; NAVARI-IZZO, F. The effect of salinity on photosynthetic activity in potassium-deficient barley species. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 18, p. 1968-1981, 2009.

DI GIOIA, F. ROSSKOPF, E. N.; LEONARDI, C.; GIUFFRIDA, F. Effects of application timing of saline irrigation water on broccoli production and quality. **Agricultural Water Management**, v. 203, n. 9, p. 97-104, 2018.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, 2010.

DIAS, N. S., BLANCO, F. F., SOUZA, E. R., FERREIRA, J. F. S., NETO, O. N. S., QUEIROZ, Í. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza, CE: INCTSal, 2016. p. 151-161.

DING, X.; JIANG, Y.; ZHAO, H.; GUO, D.; HE, L.; LIU, F.; ZHOU, Q.; NANDWANI, D.; HUI, D.; YU, J. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **Plos One**, v. 13, n. 8, p. 1-15, 2018.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra**. São Paulo: Editora Nobel, 2001. 141p.

ESTEVES, S. B; SUZUKI, S. M. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 6, 2008.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2017). **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 2 abr. 2019.

FERREIRA, A. R.; LIMA JÚNIOR, J. A.; OLIVEIRA, P. D.; AVIZ, W. L. C.; SANTOS, H. C. A. Desempenho produtivo de couve-flor submetida a diferentes manejos de irrigação e doses de boro em ambiente protegido. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 5, p. 440-451, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa: Editora UFV, 2013. 421p.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 1 - Conjunto hidráulico**. 2009. Disponível em:< http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm>. Acesso em: 03 out. 2018.

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

GARCIA, F. E.; NAKATINO, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; ASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GEBASI, T. M. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Brasília: CNA, 2017. 79p.

GIUFFRIDA, F.; AGNELLO, M.; MAURO, R. P.; FERRANTE, A.; LEONARDI, C. Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower. **Scientia Horticulturae**, v. 236, n. 10, p. 166-174, 2018.

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2017.

GIUFFRIDA, F.; GANGI, D.; GIURATO, R.; LEONARDI, C. Effects of NaCl salinity on yield, quality and mineral composition of broccoli and cauliflower. **Acta Horticulturae**, v. 1005, p. 531-536, 2013.

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

HOMA, P. M.; HAAG, H. P.; SARRUGE, J. R. Nutrição mineral de hortaliças. II. Absorção de nutrientes pela cultura de couve-flor. **O solo**, v. 1, n. 1, p. 9-16, 1969.

JAMIL, M.; BAE, L. D.; YONG, J. K.; ASHRAF, M.; CHUN, L. S.; RHA, E. S. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. **Journal of Central European Agriculture**, v. 7, n. 2, p. 273-282, 2006.

JAMIL, M.; LEE, C. C.; REHMAN, S. U.; LEE, D. B.; ASHRAF, M.; RHA, E. S. Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, v. 4, n. 4, p. 970-976, 2005.

JAMIL, M.; LEE, K. B.; JUNG, K. Y.; LEE, D. B.; HAN, M. S.; RHA, E. S. Salt stress inhibits germination and early seedling growth in cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, n. 6, p. 910-914, 2007.

JOUYBAN, Z. The effects of salt stress on plant growth. **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 1, p. 7-10, 2012.

LEAL, I. G.; ACCIOLY, A. M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, M. B. G. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; FERREIRA, F. L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, 2008.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance—current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.

MARCOLINI, W. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARBOSA, J. C. Equações de regressão para a estimativa da área foliar de couve-folha. **Científica**, v. 33, n. 2, p. 192-198, 2005.

MAVI, M. S.; MARSCHNER, P. Impact of Salinity on Respiration and Organic Matter Dynamics in Soils is More Closely Related to Osmotic Potential than to Electrical Conductivity. **Pedosphere**, v. 27, n. 5, p. 949-956, 2017.

MAY, A.; TIVELLI, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMRA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: IAC, 2007. 37p.

MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. A. C. M.; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 86-97, 2019.

MORAIS JÚNIOR, O. P.; CARDOSO, A. F.; LEÃO, E. F.; PEIXOTO, N. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1923-1928, 2012.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; SOBRINHO, J. E.; NEGREIROS, M. Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, 2002.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p. 1-11, 2017.

NEUMANN, P. Salinity resistance and plant growth revisited. **Plant, Cell & Environment**, v. 20, n. 9, p. 1193-1198, 1997.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, R. A.; VIDIGAL, S. M.; OLIVEIRA, E. M.; GUIMARAES, L. B.; CECON, P. R. Produção e produtividade da água da couve-flor sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, p. 561-565, 2019.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

Programa Horti & Fruti Padrão (2009), disponível em: <<https://hortibrasil.org.br/normas-de-classificacao.html>>. Acesso em: 13 de outubro de 2019.

RAHNAMA, A.; JAMES, R. A.; POUSTINI, K.; MUNNS, R. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. **Functional Plant Biology**, v. 37, n. 3, p. 255-263, 2010.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. D. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2005.

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

SANOUBAR, R.; CELLINI, A.; VERONI, A. M.; SPINELLI, F.; MASIA, A.; ANTISARI, L. V.; ORSINI, F.; GIANQUINTO, G. Salinity thresholds and genotypic variability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) grown under saline stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.96, p. 319 - 330, 2016.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 718-729, 2013.

SANTOS, A. N.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, D. J. R.; MONTENEGRO, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 961-969, 2010.

SCHIATTONE, M. I.; CANDIDO, V.; CANTORE, V.; MONTESANO, F. F.; BOARI, F. Water use and crop performance of two wild rocket genotypes under salinity conditions. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 214-221, 2017.

SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M.; LESCH, S. M.; DRAPER, J. H. Analysis of salt tolerance in nine leafy vegetables irrigated with saline drainage water. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 5, p. 658-664, 2000.

SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 11-17, 1999.

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

SILVA, A. V. C.; SOUSA, C. B. R.; SANTOS, R. A. Absorção de nutrientes pela couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). I – macronutrientes N-P-K. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. Resumos expandidos... Viçosa: UFV, 1995, v. 3, p. 1247-1248.

SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, G. C. F.; SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Tolerância da cultura da rúcula à salinidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006, Jaboticabal. **Anais...** [s.n.], 2006.

SMITH, T. E.; GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; LAUCHLI, A. E.; SUAREZ, D. L. pH dependent salinity-boron interactions impact yield, biomass, evapotranspiration and boron uptake in broccoli (*Brassica oleracea* L.). **Plant and Soil**, v. 370, n. 1-2, p. 541-554, 2013.

SMITH, T. E.; GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; SUAREZ, D. L. Salinity's influence on boron toxicity in broccoli: I. Impacts on yield, biomass distribution, and water use. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 6, p. 777-782, 2010.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 636-642, 2015.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, 2010.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 102-114, 2009.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-MARIA, E. M. Produção de alface utilizando águas salobras em sistema hidropônico. **Irriga**, v. 12, p. 235 - 248, 2007.

SOARES, H. R. E. **Cultivo de couve-flor em sistema hidropônico NFT utilizando águas salobras**. 2018. 117p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

SOUZA, A. G.; FAQUIN, V.; CHALFUN, N. N.; SOUZA, A. A. Produção de mudas de tangerineira 'Ponkan' em sistema hidropônico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 902-909, 2013.

STEPPIHUN, H.; VAN GENUCHTEN, M. T.; GRIEVE, C. M. Root-zone salinity: I. Selecting a product – yield index and response function for crop tolerance. **Crop Science**, v.45, n.1, p.209-220, 2005a.

STEPPIHUN, H.; RANEY, J. P. Emergence, height, and yield of canola and barley grown in saline root zones. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 85, n. 4, p. 815-827, 2005b.

TAVARES, C. A. Couve-flor: Técnica certa. **revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, 2000. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/couve-flor-tecnica-certa>. Acesso em: 22 maio 2019.

ÜNLÜKARA, A.; YURTYERI, T.; CEMEK, B. Effects of Irrigation water salinity on evapotranspiration and spinach (*Spinacia oleracea* L. Matador) plant parameters in Greenhouse Indoor and Outdoor Conditions. **Agronomy Research**, v. 15, n. 5, p. 2183-2194, 2017.

VIANA, P. C. **Eficiência do uso de águas salobras no cultivo hidropônico da couve-folha**. 2017. 175p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

WAN, S.; KANG, Y.; WANG, D.; LIU, S. P. Effect of saline water on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and water use under drip irrigation in North China. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 1, p. 105-113, 2010.

WILLADINO, L; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

ZAGHDOUD, C.; ALCARAZ-LOPEZ, C.; MOTA-CADENAS, C.; MARTÍNEZ-BALLESTA, M. D. C.; MORENO, D. A.; FERCHICHI, A.; CARVAJAL, M. Differential responses of two broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) cultivars to salinity and nutritional quality improvement. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 12, 2012.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, p. 20, 2008.

ZÖRB, C.; GEILFUS, C. M.; DIETZ, K. J. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, p. 31-38, 2019.

8. ANEXOS

ANEXO A - Resumo das análises de variância do Experimento I para o consumo hídrico (CH), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), área foliar (AF), massa fresca da parte área (MFPA) e massa fresca de folhas da couve-flor.

Quadrados Médios										
FV	GL	CH	AP	DC	NF	CF	LF	AF	MFPA	MFF
CEsol	5	129,44**	326,26**	37,55**	10,82 ^{ns}	351,04**	30,39 ^{ns}	325555,09**	399613,73 ^{ns}	307112,68 ^{ns}
Erro1	25	10,75	70,66	6,74	14,29	71,75	20,53	65304,84	223407,82	177703,88
C	2	--	1284,05*	35,71**	79,53**	2043,40*	455,97**	3583393,99**	3057141,52**	2250199,08**
C x CEsol	10	--	19,87 ^{ns}	3,95 ^{ns}	12,38 ^{ns}	87,64 ^{ns}	19,93 ^{ns}	42088,52 ^{ns}	171551,85 ^{ns}	143312,75 ^{ns}
Erro2	60	--	50,79	6,52	6,66	82,09	23,79	62176,30	202264,59	161663,29
CV1 (%)	--	14,58	16,80	16,64	13,99	24,31	21,04	37,16	51,23	51,70
CV2 (%)	--	--	14,24	16,38	9,55	26,00	22,65	36,26	48,75	49,31

FV – Fonte de variação. GL – Graus de liberdade. CEsol – Condutividade elétrica da solução nutritiva. Cult – Cultivares de couve-flor. **, *representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns – não significativo.

ANEXO B - Resumo das análises de variância do Experimento I para a massa seca de folhas (MSF), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da inflorescência (MFI), diâmetro da inflorescência, altura da inflorescência (AI), período de colheita (PRC), eficiência do uso da água na inflorescência fresca (EUAI), eficiência do uso da água na folha fresca (EUAFF) e seca (EUAFS) da couve-flor.

Quadrados Médios										
FV	GL	MSF	MSPA	MFI	DI	AI	PRC	EUAI	EUAFF	EUAFS
CEsol	5	1472,98 ^{ns}	1244,27 ^{**}	35983,32 [*]	7,10 ^{**}	2,05 ^{ns}	14,25 ^{ns}	36,39 ^{ns}	136,16 ^{ns}	0,099 ^{ns}
Erro1	25	581,79	193,90	11645,29	0,71	1,11	27,36	16,35	93,74	0,26
C	2	8068,34 ^{**}	6199,92 ^{**}	64231,18 ^{**}	19,69 ^{**}	5,50 ^{**}	634,29 [*]	--	--	--
C x CEsol	10	759,95 ^{ns}	345,81 ^{ns}	4715,01 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,70 ^{ns}	9,08 ^{ns}	--	--	--
Erro2	60	487,13	207,87	8975,64	0,72	1,09	12,92	--	--	--
CV1 (%)	--	53,11	27,72	28,61	5,55	9,46	8,86	23,06	26,17	26,27
CV2 (%)	--	48,60	28,70	25,12	5,60	9,38	6,09	--	--	--

FV – Fonte de variação. GL – Graus de liberdade. CEsol – Condutividade elétrica da solução nutritiva. Cult – Cultivares de couve-flor. **, *representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns – não significativo.

ANEXO C - Resumo das análises de variância do Experimento II para o consumo hídrico (CH), altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de folhas (MFF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de folhas (MSF) da couve-flor.

Quadrados Médios										
FV	GL	CH	AP	DC	NF	AF	MFPA	MFF	MSPA	MSF
CEsol	5	22,81**	98,93**	12,11**	3,21 ^{ns}	45382,65*	65644,86**	48953,64**	868,04**	684,81**
Erro	24	2,34	10,63	1,30	5,05	16890,23	13046,06	10426,30	17,88	13,61
CV (%)	--	9,16	8,11	9,31	9,08	27,84	23,59	23,62	10,45	10,69

FV – Fonte de variação. GL – Graus de liberdade. CEsol – Condutividade elétrica da solução nutritiva. **, *representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns – não significativo.

ANEXO D - Resumo das análises de variância do Experimento II para a massa fresca da inflorescência (MFI), diâmetro da inflorescência (DI), altura da inflorescência (AI), massa seca da inflorescência (MSI), eficiência do uso da água na inflorescência fresca (EUAIF) e seca (EUAIS), e eficiência do uso da água na folha fresca (EUAFF) e seca (EUAFS) da couve-flor.

Quadrados Médios									
FV	GL	MFI	DI	AI	MSI	EUAIF	EUAIS	EUAFF	EUAFS
CEsol	5	29282**	8,78**	1,74**	81,69**	24,38*	0,08 ^{ns}	54,35 ^{ns}	1,18**
Erro	24	1791,77	0,48	0,22	9,87	8,38	0,06	48,75	0,09
CV (%)	--	12,23	5,01	4,85	12,21	14,04	15,63	27	14,84

FV – Fonte de variação. GL – Graus de liberdade. CEsol – Condutividade elétrica da solução nutritiva. **, *representam significância a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F. ns – não significativo.