

ADIEL FELIPE DA SILVA CRUZ

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E
PRODUTIVAS DA COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO NFT COM
ÁGUAS SALOBRAS**

RECIFE
DEZEMBRO DE 2017

ADIEL FELIPE DA SILVA CRUZ

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E
PRODUTIVAS DA COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO NFT COM
ÁGUAS SALOBRAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva

RECIFE

DEZEMBRO DE 2017

Ficha Catalográfica

C957r Cruz, Adiel Felipe da Silva
Relações hídricas, características morfofisiológicas e
produtivas da couve-flor em cultivo hidropônico NFT com águas
salobras / Adiel Felipe da Silva Cruz. – 2017.
74 f. : il.

Orientador: Gerônimo Ferreira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Potencial hídrico 2. Potencial osmótico 3. Produção
de biomassa 4. Hidroponia 5. Salinidade I. Silva, Gerônimo
Ferreira da, orient. II. Título

CDD 631

**RELAÇÕES HÍDRICAS, CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E
PRODUTIVAS DA COUVE-FLOR EM CULTIVO HIDROPÔNICO NFT COM
ÁGUAS SALOBRAS**

ADIEL FELIPE DA SILVA CRUZ

Dissertação defendida e aprovada em 19 de dezembro de 2017.

Orientador:

Gerônimo Ferreira da Silva, Prof. Dr.
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:

Ênio Farias de França e Silva, Prof. Dr.
DEAGRI - UFRPE

Hugo Rafael Bentzen Santos Dr.
DA - UFRPE

“Nunca permita que algum obstáculo impeça você de voar, sua esperança de florir e seus sonhos de serem concretizados. Nunca desanime perante uma tentativa falhada, um erro no seu caminho, o medo perturbante. Se isso estiver acontecendo, lembre-se que no seu coração existe a coragem e na sua mente a determinação que precisa. Use essas armas a seu favor e conquiste a vitória que deseja”.

Autor Desconhecido

A Deus, aos meus familiares e amigos pelo apoio, a minha mãe Fátima Cruz, pelo carinho, dedicação e incentivo em todos os momentos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Expresso os meus agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma na concretização deste trabalho e, em especial, as seguintes instituições e pessoas:

A Deus, por estar sempre em todos os momentos da minha vida, guiando os meus pensamentos e na direção correta;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por contribuir para a minha formação acadêmica;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro para a execução da pesquisa.

Ao meu orientador Gerônimo Ferreira da Silva pela orientação, confiança e aprendizado;

A banca examinadora composta pelos professores e doutores Ênio Farias de França e Silva e Hugo Rafael Bentzen Santos pelas contribuições e aceite do convite;

Em especial a minha mãe Fátima Cruz pela educação, ensinamento a ser uma pessoa digna honrando os ensinamentos adquiridos;

Em especial ao meu irmão Alysson Fernando pela amizade, carinho, convivência e amor;

Em especial ao grande amigo Hammady Ramalho e Soares pela orientação e ajuda sempre solicitada e, principalmente pela amizade verdadeira;

Em especial aos grandes amigos Anízio Honorato Godoy Neto e Valentin Ruben Orcon Zamora pelo apoio, amizade e ajuda;

Em especial a Professora Laércia da Rocha Fernandes Lima pelo apoio e amizade;

Em especial aos demais amigos, José Edson, Pedro, Bruno, Frederico, Jhon Lennon, Francisco, Fernanda, Marco Antônio, Antônio, Andrey, Dayanne, Fred, José Neto, e Jenyffer.

Em especial ao meu grande pai e eterno orientador de consideração Antônio Ricardo Santos de Andrade pelo profissionalismo, aprendizado e amizade.

RESUMO GERAL

Em sistemas hidropônicos, culturas, sobretudo de ciclo rápido, a exemplo da couve-flor, proporcionam o uso sustentável de águas salobras. Tal fato cria uma nova perspectiva para a agricultura do semiárido brasileiro, colaborando, inclusive, com uma maior segurança ambiental, aumento de empregos e da qualidade de vida. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o uso de águas salobras, utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada, e vazões de aplicação desta solução sobre as relações hídricas, características morfológicas e produtivas da couve-flor cv. “Piracicaba Precoce”. A pesquisa foi realizada no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em ambiente protegido. Foram abordadas situações reais de utilização de águas salobras para o preparo da solução nutritiva onde: a $CE_{\text{solução}}$ foi variável ao longo do tempo, tendendo a ser decrescente para a água com CE_a igual a $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ e crescente para as águas salobras. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6×2 , sendo estes seis níveis salinos ($0,2$; $1,5$; $2,5$; $3,5$; $4,5$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$) da água de irrigação utilizada para o preparo da solução nutritiva e duas vazões de aplicação desta solução ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F (0,05) e quando constatado efeito significativo, os mesmos foram submetidos à análise de regressão (níveis de salinidade) e à análise de comparação de médias (vazões de aplicação da solução nutritiva) pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O aumento da salinidade da água incrementou o índice de estresse hídrico e reduziu a suculência foliar. A salinidade da água reduziu os potenciais foliares e o consumo hídrico total da cultura, porém, os efeitos foram mais acentuados na vazão de $2,5 \text{ L m}^{-1}$. A vazão de $2,5 \text{ L m}^{-1}$ proporcionou o maior índice de estresse hídrico e a menor suculência foliar. O aumento da salinidade da água reduziu a eficiência do uso da água da biomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água da raiz e da parte aérea e do índice de produção de biomassa da parte aérea e incrementou a relação raiz parte aérea, porém, os efeitos foram mais acentuados na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$.

Palavras-chave: potencial hídrico; potencial osmótico; produção de biomassa, hidroponia; salinidade.

ABSTRACT

In hydroponic systems, crops, especially fast-growing crops, such as cauliflower, provide the sustainable use of brackish water. This fact creates a new perspective for the Brazilian semiarid agriculture, also collaborating with greater environmental security, increased employment and quality of life. The objective of this work was to evaluate the use of brackish water, used for the preparation of the nutrient solution and for the replacement of the evapotranspired leaf, and flow rates of application of this solution on the water relations, morphological and productive characteristics of cauliflower cv. "Piracicaba Precoce". The researches were carried out in the Department of Agricultural Engineering of the Federal Rural University of Pernambuco, in a protected environment. Real situations of brackish water utilization were studied for the preparation of the nutrient solution, where: CE solution was variable over time, tending to be decreasing for water with CEa equal to 0.2 dS m^{-1} and increasing for brackish waters. The experimental design was a completely randomized design in a 6×2 factorial design, with six saline levels (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m^{-1}) of (1.5 and 2.5 L min^{-1}), with four replications, totaling 48 experimental plots. The data were submitted to analysis of variance by the F test (0.05) and when significant effect was verified, they were submitted to regression analysis (salinity levels) and analysis of means comparison (flow rates of nutrient solution) by the Tukey test at 5% probability. The increase in water salinity increased the water stress index and reduced leaf succulence. The salinity of the water reduced the leaf potential and the total water consumption of the crop, however, the effects were more pronounced in the flow of 2.5 L min^{-1} . The flow rate of 2.5 L min^{-1} provided the highest water stress index and the lowest leaf succulence. The increase in water salinity reduced the water use efficiency of fresh and dry biomass of the aerial part, water content of the root and aerial part and the biomass production index of the aerial part and increased the aerial root ratio, however, the effects were more pronounced in the 2.5 L min^{-1} flow.

Key words: potentials of water, water consumption, biomass production, leaf succulence, water stress.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
Relações hídricas em cultivos agrícolas.....	13
Aspectos gerais sobre o cultivo hidropônico com águas salobras no semiárido brasileiro	14
Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na região semiárida e pesquisas hidropônicas utilizando essas águas	16
A relevância do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva em cultivos hidropônicos .	18
A cultura da couve-flor	20
LITERATURA CITADA.....	22
CAPÍTULO II	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	34
RESULTADOS DE DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES.....	48
LITERATURA CITADA.....	48
CAPÍTULO III	52
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
CONCLUSÕES.....	69
LITERATURA CITADA	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL / REVISÃO DE LITERATURA

INTRODUÇÃO GERAL

A escassez e heterogênea distribuição temporal de chuvas no semiárido prejudicam o desenvolvimento das atividades antrópicas, com fortes impactos econômicos e sociais, fato que dificulta a fixação do homem na região, em função da redução da sua qualidade de vida proporcionada pelas diminuições da produção de alimentos e geração de recursos financeiros.

Apesar do exposto, o problema da escassez hídrica nesta região pode ser contornado com a exploração das reservas subterrâneas. Entretanto, devido a fatores geológicos, grande parte dessas águas subterrâneas encontradas na região são salobras. A utilização in natura dessas águas subterrâneas salobras para o uso agrícola pode oferecer riscos ao meio ambiente, promovendo a salinização dos solos e, como consequência, oferecer prejuízos à própria produção agrícola (SANTOS, 2009).

Devido ao atual cenário de pequena oferta de água potável nas regiões semiáridas do Brasil, projetos de pesquisa que viabilizem a utilização de águas salobras na produção de alimentos são relevantes (PAULUS et al., 2010). Dentre os sistemas de produção condizente com esta realidade destaca-se a hidroponia que é uma alternativa à agricultura convencional, que por meio da mesma se cultivam plantas sem a necessidade do solo, sendo a solução aquosa nutritiva a fonte dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

A hidroponia possui características que favorecem sua indicação para regiões semiáridas, pois é uma prática alternativa em cultivo protegido, com a possibilidade de elevadas produções em pequenas áreas, podendo-se obter precocidade na colheita e cultivo durante qualquer época do ano (FURLANI, 1998). Soares et al. (2007) e Santos et al. (2010a) acrescentam ainda que a maior disponibilidade de água e nutrientes nesse sistema de cultivo minimizam os efeitos severos da salinidade sobre as plantas. Nesse aspecto, esse sistema de cultivo emerge como uma tecnologia alternativa, permitindo o uso de água salobra na produção agrícola (SANTOS et al., 2010a).

No Brasil nos últimos anos várias pesquisas têm sido realizadas com intuito de gerar informações para disseminação desta técnica, principalmente na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde a maioria das pesquisas têm se fundamentado na produção de culturas hortícolas em sistemas hidropônicos com o uso de águas salobras (GOMES et al., 2011; SANTOS et al., 2011; SOARES et al., 2013).

Várias outras pesquisas também já foram realizadas com o intuito de avaliar a viabilidade de aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos (AMORIM et al., 2005; SANTOS et al., 2010a, 2010b; 2010c; PAULUS et al., 2010; SOARES et al., 2010; DIAS et al., 2010; SOARES et al., 2015). Porém, a maioria desses estudos foram realizados com a cultura da alface (SOARES et al., 2007; PAULUS et al., 2010; DIAS et al., 2011a, 2011b; OLIVEIRA et al., 2011a).

Outros autores relataram que no cultivo hidropônico utilizando águas salobras foi verificado a viabilidade utilizando hortaliças e fruteiras tais como a rúcula (SOUZA NETA et al., 2013 e SILVA et al., 2011), coentro (REBOUÇAS et al. 2013), melão (DIAS et al., 2010), tomate (COSME et al., 2011), mamoeiro (SÁ et al., 2013).

Diante dos vários estudos já realizados, percebe-se que é de suma importância avaliar técnicas de manejo e a tolerância das hortaliças cultivadas em hidroponia com o uso de águas salobras, visando gerar informações práticas para os agricultores do semiárido brasileiro. Entretanto, no Brasil e, especificamente, na Região Nordeste, trabalhos relacionados com a cultura da couve-flor em condições hidropônicas sob salinidade ainda são incipientes, fato este que reforça a importância de pesquisas relacionadas com esta cultura sob tais condições.

A couve-flor é uma hortaliça de grande importância no Brasil, principalmente entre os agricultores familiares. Essa cultura normalmente é cultivada em pequenas áreas agrícolas ou urbanas ao longo do ano, por ser uma opção lucrativa e absorvedora de mão-de-obra, principalmente na fase de colheita (MAY et al., 2007).

Neste aspecto, o cultivo hidropônico de hortaliças com utilização de águas salobras pode representar uma grande alternativa, trazendo vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, com aquisição de produtos de alta qualidade, com ciclo curto, menor gasto de energia, de insumos agrícolas e de mão de obra (PAULUS et al., 2012), não devendo ser diferente para o cultivo da couve-flor.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Relações hídricas em cultivos agrícolas

A salinidade é um dos processos de estresse ambientais que afetam de forma negativa o crescimento e o metabolismo vegetal, além de ser um dos fatores responsáveis pelo decréscimo da produtividade de culturas nas regiões áridas e semiáridas (SOUZA et al., 2011b). Desta forma, a redução do crescimento sob salinidade tem sido atribuída ao estresse osmótico, devido a redução do potencial hídrico externo e ao efeito iônico causado pelo acúmulo de íons nos tecidos vegetais (MUNNS & TESTER, 2008).

Entre os vários processos afetados pela salinidade, a redução da fotossíntese está amplamente relatada (NETONDO et al., 2004a; 2004b; PRAXEDES et al., 2010; SILVA et al., 2011). Ainda sobre as condições salinas, os sais acumulados nas folhas podem afetar diversos processos fisiológicos das plantas de forma negativa, e tem sido atribuído a limitações de origem estomática (NETONDO et al., 2004b; MUNNS & TESTER, 2008; PRAXEDES et al., 2010; SOUZA et al., 2011a).

Em se tratando de cultivos agrícolas, as relações hídricas são relevantes no que se refere ao quantitativo de água presente nas plantas combinado com diversos fatores, a citar a salinidade do meio à qual as plantas estão submetidas. A esse respeito, Abreu (2012) avaliando os efeitos da salinidade da solução nutritiva sobre dois cultivares de feijão de corda [*Vigna Unguiculata* (L.) Walp.] constatou que o estresse salino foi mais severo para uma das cultivares (TVu) tendo a parte aérea mais afetada do que as raízes. Ainda de acordo com o autor, em ambas as cultivares (Pitiúba e TVu 2331) o estresse salino reduziu o teor relativo de água foliar das plantas em relação ao tratamento controle ($CEa = 0 \text{ dS m}^{-1}$).

De outra forma, Ferreira (2012) estudando as respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de sorgo forrageiro hidropônico submetidas ao estresse salino verificou que o teor de água nos órgãos estudados (folhas, colmos + bainha e raízes) foi pouco alterado pelo estresse salino, enquanto a suculência foliar foi aumentada.

Ainda de acordo com o autor supracitado e com Dhingra (2014) e Oliveira (2015) a suculência poderá indicar o aumento na quantidade de água na planta em relação a sua massa, onde poderá também provocar a manutenção do peso específico. Em outras palavras, o aumento da suculência poderá indicar uma aclimatação da planta ao estresse salino. Neste mesmo contexto, Silva et al. (2013) estudaram as relações hídricas em duas

cultivares de beterraba sob diferentes níveis de salinidade, constataram que o incremento da condutividade elétrica do meio em que as plantas foram cultivadas provocou uma redução na capacidade de absorção de água pelas plantas, tendo esta redução ocasionado reduções em todas as variáveis hídricas analisadas.

Apesar de alguns resultados de pesquisas apresentados acima com algumas culturas agrícolas utilizando-se águas salobras para a sua produção em cultivo hidropônico, até o momento, não existe na literatura estudos relacionados às relações hídricas de plantas de couve-flor cultivadas em hidroponia com águas salobras.

Aspectos gerais sobre o cultivo hidropônico com águas salobras no semiárido brasileiro

A expansão do cultivo hidropônico no semiárido brasileiro tem sido uma realidade no sentido do foco nos estudos relacionados a produção de plantas nesses sistemas sobretudo, com o uso de águas salobras que por sua vez pode indicar como boa estratégia no aproveitamento e uso destas águas durante o ciclo de cultivo de uma determinada espécie vegetal. (SOARES et al., 2013; HOSSAIN & NONAMI, 2012; SANTOS et al., 2011; GOMES et al., 2011).

Apesar do exposto, a falta de informações sobre esse sistema de cultivo em relação ao uso de água de qualidade inferior e de materiais e estruturas que se adaptem às condições climáticas das regiões semiáridas são, ainda, alguns dos fatores que dificultam a expansão ou até mesmo o uso desse tipo de cultivo no Nordeste brasileiro.

A hidroponia possui características que favorecem sua indicação para regiões semiáridas, tendo em vista as vantagens inerentes a esse sistema de cultivo em comparação ao cultivo em solo. Aspectos como ausência de potencial mátrico, efeito de maior diluição dos sais presentes na solução que a planta absorve, explicam por que as plantas cultivadas em hidroponia se desenvolvem com maior facilidade que em solo sob a mesma salinidade (SILVA, 2016).

A esse respeito, Bezerra Neto (2016) cita como vantagens da hidroponia menor consumo de água e de fertilizantes, melhor controle fitossanitário, dispensa rotação de cultura, redução de riscos climáticos, produção fora de época, melhor qualidade e preço do produto, produção próximo ao consumo e rápido retorno do capital. Souza Neta et al. (2013) acrescenta, o melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas, a redução no ciclo da cultura e maior produtividade, o melhor controle

fitossanitário, a redução de riscos climáticos, a produção fora de época, a melhor qualidade e preço dos produtos, e o rápido retorno do capital.

Santos et al. (2010a) e Soares et al. (2010) enfatizam sobre a maior tolerância à salinidade pelas plantas nesse sistema de cultivo, podendo potencializar o aproveitamento das escassas reservas hídricas das regiões semiáridas em que as águas possuem concentrações de sais que restringe a irrigação no cultivo em solo.

Em condições de salinidade, o consumo de água pode ser afetado em função da redução da evapotranspiração que está relacionado a ação do componente do potencial osmótico e hídrico, o que por sua vez, dificulta a absorção de água pela planta e, como consequência, poderá reduzir o crescimento em função dos níveis de salinidade que contribuem para o menor consumo de água (COELHO, et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2016). Nos sistemas hidropônicos de cultivo esse fato pode ser amenizado em função da alta disponibilidade de água e nutrientes, garantidas pela alta frequência dos eventos de irrigação com solução nutritiva balanceada (GENUNCIO et al., 2010).

Os principais desafios dos cultivos hidropônicos são custo inicial relativamente elevado, a exigência de assistência e conhecimento técnico mais efetivo, a exigência de mão de obra especializada, o risco de perda por falta de energia elétrica, o prejuízo por contaminação da água por patógenos, o requerimento de acompanhamento permanente do sistema.

No sistema hidropônico de cultivo diferentes técnicas são utilizadas quanto à forma de aplicação de solução nutritiva, podendo estas técnicas influenciar na disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

Neste sentido, o cultivo hidropônico é uma alternativa de grande importância nas regiões semiáridas, haja vista que esta técnica apresenta como uma das vantagens, utilizar menos água do que o cultivo convencional no solo. Para tanto, alguns termos relacionados com a hidroponia têm sido introduzidos com um significado particular, porém indicando o cultivo de plantas na ausência de solo (soilless culture). NFT é a abreviatura de nutrient film technique, significando, portanto, a técnica de cultivo em que os nutrientes minerais são fornecidos através de uma solução nutritiva, a qual forma uma película (filme) envolvente em um substrato sólido (BEZERRA NETO, 2016).

Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na região semiárida e pesquisas hidropônicas utilizando essas águas

No semiárido, além da falta de água a qualidade da mesma é outro problema existente, pois, em grande parte de seu território, estas águas apresentam altas concentrações de sais que podem tornar seu uso restritivo à hidroponia. Apesar de alguns autores citarem a qualidade da água como um dos principais fatores a serem observados como critério para a seleção de uma área para a implantação de um projeto hidropônico (FURLANI, 1998; RODRIGUES, 2002), estudos estão sendo realizados no sentido de viabilizar o uso de águas que até então eram consideradas inadequadas para uso produtivo (SOARES, 2007; SANTOS, 2009; ALVES et al., 2011, SILVA et al., 2012), a exemplo das águas subterrâneas.

A utilização de águas subterrâneas está estritamente ligada ao conhecimento da sua qualidade. Ao se retratar sobre a produção agrícola, a concentração e a composição de sais dessas águas destaca-se como os principais fatores que tornam seu uso restritivo (KAHLAOUI et al., 2011; FREIRE et al., 2010), deste modo, águas subterrâneas são as principais fontes que garantem as necessidades de várias comunidades, principalmente em regiões onde as águas de superfície são insuficientes. No cenário atual, em torno de 70% da água subterrânea é utilizada na agricultura (GHODRATI & GHAZARYAN, 2013). De modo geral, a composição química das águas subterrâneas das regiões semiáridas, apresenta como principais íons presentes os ânions carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}) e os cátions cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e sódio (Na^+), sendo estes os principais responsáveis pela salinidade dessas águas (SILVA JÚNIOR et al., 1999; COSTA et al., 2006).

As características químicas das águas subterrâneas da região semiárida estão intrinsecamente relacionadas a formação geológica da região (COSTA et al., 2006). Dessa forma, de acordo com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2017) existem atualmente 286.526 poços cadastrados no Brasil para captação de águas subterrâneas, sendo o Piauí o local onde se encontra o maior número de poços cadastrados 29.165, Pernambuco vem em segundo lugar com 28.040 poços cadastrados, o Amapá com 105 poços sendo o estado com menor número de poços cadastrado no país. Com isto, pesquisadores têm como um grande desafio buscar práticas em relação ao manejo dessas águas salobras que possam possibilitar o uso na agricultura irrigada com o máximo de retorno econômico reduzindo

cada vez mais os impactos ambientais devido ao uso inadequado (OLIVEIRA et al., 2011b)

Desta forma, Santos et al. (2011) avaliando o rendimento da cultura da alface produzida com águas do processo de dessalinização demonstrou que a água natural salobra provida de poços ($CEa = 2,47 \text{ dS m}^{-1}$), pode substituir a água doce na reposição da lâmina evapotranspirada sem perdas de rendimento para a cultura. Ainda de acordo com os autores essa mesma observação é válida para uso da água do rejeito do dessalinizador ($CEa = 5,15 \text{ dS m}^{-1}$).

Santos et al. (2012), estudando o uso de águas salobras ($CEa = 2,0; 3,5; 4,5$ e $5,5$) sobre a produção de rúcula, concluíram que na fase inicial de cultivo a cultura foi mais tolerante a níveis crescentes de salinidade da água e que, é possível produzir rúcula irrigada com água salobra sem reduzir significativamente a produção.

Soares et al. (2015) avaliaram em dois experimentos distintos o comportamento da alface americana (cv. Tainá) sob níveis crescentes de estresse salino ($0,2 - \text{testemunha}, 1,2, 2,2, 3,2, 4,2$ e $5,2 \text{ dS m}^{-1}$) com reposição da lâmina evapotranspirada usando a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução no Experimento I, ou com água de abastecimento ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) no Experimento II e, constataram que, o uso de água salobra no preparo da solução nutritiva resultou na redução das variáveis de crescimento avaliadas (MFPA, MSPA e área foliar), independente da qualidade da água de reposição da ETc, sendo as reduções verificadas no Experimento II de menor magnitude em relação ao Experimento I.

Lira et al. (2015), avaliando o emprego de águas salobras obtidas por meio da adição de NaCl a água de abastecimento local, sendo estas águas utilizadas tanto para o preparo quanto para a reposição da lâmina evapotranspirada, sobre a cultura da couve chinesa (*Brassica pekinensis* L), em sistema hidropônico, constataram que o pH da solução nutritiva manteve-se dentro da faixa de normalidade durante todo o ciclo e que houve redução de todas as variáveis de crescimento e de rendimento analisadas. Entretanto, de acordo com os autores, é possível utilizar essas águas salobras para a produção da couve chinesa, em cultivo hidropônico, como alternativa para produtores que tenham disponibilidade de água salobra e restrição de água doce, porém com redução de produtividade.

Na cultura do tomate cereja em sistema hidropônico, Santos et al. (2016) avaliaram o rendimento da cultura em função da salinidade da solução nutritiva preparada com água salobra, do tempo de exposição à salinidade e do turno de rega, tendo-se constatado que

a salinidade da solução nutritiva afetou o rendimento das plantas reduzindo a produção de frutos sendo esta redução mais acentuada quando as plantas foram submetidas a um tempo maior de exposição à salinidade. Constataram, ainda, que não houve diferença entre as aplicações de solução nutritiva sobre a produção de frutos quando essas aplicações foram realizadas uma vez por dia ou uma vez a cada dois dias.

Diante dos resultados de pesquisas apresentados acima, percebe-se que é viável o emprego de águas salobras em hidroponia, pois pode permitir a produção de culturas de interesse com maior economia de água e eficiência de insumos, menor risco ambiental e menor depleção do rendimento comercial.

A relevância do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva em cultivos hidropônicos

A absorção de nutrientes pelas plantas é um processo dinâmico e seletivo, e dentre outros fatores, depende de seu contato com as raízes, de sua concentração, da forma iônica a qual o nutriente se encontra no meio, da proporção relativa entre esses nutrientes e de condições ambientais, especialmente o pH e da condutividade elétrica próximo a zona radicular (MARTINEZ et al., 1997; MALAVOLTA, 2006).

Em sistemas de cultivos hidropônicos as plantas recebem frequentemente uma solução nutritiva equilibrada com ajustes periódicos da concentração dos sais fertilizantes e do pH (FURLANI et al., 1999). O sistema radicular tem água e todos os nutrientes a sua disposição no momento em que as plantas mais necessitam e as condições mais adequadas para a sua absorção, o que favorece e muito o desenvolvimento contínuo da planta e a obtenção de elevadas produtividades (RODRIGUES, 2002).

O pH (do solo ou de uma solução nutritiva) influencia o desenvolvimento das plantas de duas formas: a) influi no equilíbrio oxidação-redução e na solubilidade de vários constituintes, bem como na forma iônica de vários elementos; b) influi nas raízes das plantas, especialmente na integridade das membranas transportadoras de íons das células epidérmicas e corticais da raiz (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Ainda de acordo com os autores supracitados, a maioria das espécies de plantas se desenvolve bem em valores de pH entre 5 e 7 e as soluções nutritivas recomendadas para o cultivo de plantas apresentam valores de pH dentro desta faixa (MARTINEZ et al., 1997; FURLANI et al., 1999). Porém, pode ocorrer preferência de intervalo dessa faixa

de pH em função das espécies de planta cultivadas. Segundo Resh (1993) o pH ótimo para o cultivo do tomate encontra-se na faixa entre 6,3 e 6,5.

A elevada concentração hidrogeniônica em situações onde o pH é inferior a 4,0 afeta a integridade e a permeabilidade das membranas celulares, podendo acarretar em perda de nutrientes já absorvidos, retardamento do crescimento das raízes e aumento da exigência em cálcio para um crescimento satisfatório (JONES, 2005). De outra forma, e ainda de acordo com o autor, em pH superior a 6,5 podem ocorrer precipitações de elementos como cálcio, fósforo, ferro e manganês, que se tornam indisponíveis às plantas, outros micronutrientes também poderão ser precipitados na solução se o pH estiver acima deste valor (exceto molibdênio), e poderá ocorrer absorção excessiva de micronutrientes pela planta se o pH da solução estiver abaixo de 5,5.

O pH tem forte influência na absorção de fosfato. De modo geral, em uma solução nutritiva em que dois íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} sejam colocados em quantidades iguais em valores baixos de pH (de 4,0 a 5,6) H_2PO_4^- é a forma iônica absorvida com predominância pelas raízes, enquanto que, em valores de pH acima de 5,6 predomina a absorção de HPO_4^{2-} . Os íons monovalentes geralmente são absorvidos mais rapidamente do que os trivalentes (SCHWARZ, 1995). Várias culturas podem ter dificuldades em se desenvolver em pH alto em razão da taxa limitada de absorção de fósforo.

Estudando duas fontes de salinidade da água usada no preparo da solução nutritiva, sendo uma salinizada com a aplicação de NaCl e outra oriunda de poço tubular de uma região semiárida, em diferentes níveis de salinidade no cultivo hidropônico de alface em sistema NFT (Fluxo laminar de nutrientes), Santos (2009) observou que houve deposição de precipitados no fundo do reservatório de solução e no interior das tubulações e calhas do sistema NFT quando a água utilizada no preparo da solução era de poço tubular, e que isso não ocorreu nas soluções utilizando água salinizada com a aplicação de NaCl.

Sabe-se que na hidrólise de sais (NaCl, por exemplo), cujos íons são capazes de gerar ácido e base fortes, a solução permanece em equilíbrio e se tem pouco efeito sobre mudanças no pH. Porém, quando essa reação é capaz de produzir uma base forte e um ácido fraco (NaHCO_3^- , por exemplo), há um desequilíbrio na solução e, nesse caso, a mesma tende a ser alcalina (KOTZ et al., 2010).

A condutividade elétrica também é influenciada em função da composição química da solução nutritiva e pela composição química da água utilizada no seu preparo, ela indica de maneira geral e de forma indireta a concentração de sais de um meio aquoso

responsáveis pelo potencial osmótico da solução e por sua vez influencia a extração e o acúmulo de nutrientes pelas plantas (COSME et al., 2011; SANTOS et al., 2010a).

A condutividade elétrica é um parâmetro de suma importância para o monitoramento da solução nutritiva durante um ciclo de cultivo de plantas, servindo de critério para tomada de decisão na hora da reposição nutriente ou na substituição total da solução (BRACCINI et al., 1999; FURLANI et al., 1999; GONDIM et al., 2010).

O excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, devido à precipitação ou inibição (por exemplo excesso de sulfato, carbonato e bicarbonato podem precipitar o cálcio), afetando o crescimento da planta pela reduzida disponibilidade do elemento precipitado e não pelo excesso do íon considerado (GHEYI et al., 1991).

O produto das quantidades dos íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} , em mg L^{-1} , não deve exceder o valor de 60, pois, nesse caso, haverá sua precipitação como CaSO_4 , independente do pH (STEINER, 1984). Da mesma forma, o produto Ca^{2+} por HPO_4^{2-} , em mg L^{-1} , não deverá exceder 2,2 para evitar a sua precipitação como CaHPO_4 .

A cultura da couve-flor

A couve-flor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) é um vegetal importante pertencente da família Brassicaceae. O valor nutricional da safra é principalmente um resultado do conteúdo de moléculas bioativas, especialmente glucosinolatos, que podem promover a boa saúde e ajudar a diminuir o risco do câncer. O teor de glucosinolatos em órgãos da planta podem mudar como resultado de diferentes fatores ambientais, como a luz, temperatura, o cultivo temporada e salinidade (GIUFFRIDA et al., 2016).

O cultivo da couve-flor é amplamente difundido nos países mediterrânicos, onde o crescente problema da salinidade leva à necessidade de identificar fontes alternativas de irrigação ou estratégias de manejo (GIUFFRIDA et al., 2016). Muitas referências e comentários existem sobre o efeito da água de irrigação salina em culturas hortícolas, (MAAS; HOFFMAN, 1977; SHANNON & GRIEVE, 1999) embora alguns estudos têm lidado especificamente com couve-flor (DE PASCALE et al., 2005; GIUFFRIDA et al., 2013) classificado como uma cultura moderadamente tolerante ao sal (BERNSTEIN & HAYWARD, 1958).

A couve-flor é uma hortaliça de grande importância no Brasil, principalmente entre os agricultores familiares. É rica em minerais como cálcio e fósforo, contém quantidades apreciáveis de vitamina C, livre de gorduras e colesterol e com teores baixos de sódio e

calorias. Por isso, tem sido muito indicada para quem segue uma dieta saudável (MAY et al., 2007). Ainda segundo os autores, essa cultura normalmente é cultivada em pequenas áreas agrícolas ou urbanas ao longo do ano, por ser uma opção lucrativa e absorvedora de mão-de-obra, principalmente na fase de colheita. Entretanto, o sucesso de seu cultivo depende de vários fatores, sendo de grande importância a escolha da cultivar adaptada às condições edafoclimática da região de cultivo (MORAIS JÚNIOR et al., 2012).

Dentre as cultivares de couve-flor mais adaptadas às condições climáticas do Nordeste destaca-se a “Piracicaba Precoce” e a “Sarah 1169”. De acordo com Filgueira et al. (2007), a cultivar “Piracicaba Precoce” é uma cultivar de verão e possui plantas vigorosas, boa resistência às temperaturas elevadas, o ciclo varia aproximadamente entre 80 a 90 dias para os cultivos convencionais e 50 a 60 dias os cultivos hidropônicos (AVALHÃES et al., 2009).

Avaliando o desempenho de cultivares de verão no município de Ipameri-GO, Morais Junior et al. (2012) concluíram que a cultivar “Piracicaba Precoce” e a “Sarah 1169” foram aquelas consideradas promissoras dentre as avaliadas.

Em termos de produção Nacional, segundo dados do Programa Brasileiro de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (PROHORT), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção nacional de couve-flor em 2013 foi de 50.246 toneladas, sendo os principais estados produtores Rio de Janeiro, com 45% da produção nacional, seguido de São Paulo e Paraná, com 24 e 23%, respectivamente. O Estado do Rio de Janeiro, além de possuir o status de maior produtor, foi tido como maior consumidor: em 2013, foram consumidas 23.203 toneladas da hortaliça, seguido do Paraná, com 12.468 toneladas e São Paulo, com 12.322 toneladas.

Com relação aos Estados do Nordeste não se tem dados consolidados na literatura quanto aos aspectos de produção da couve-flor.

LITERATURA CITADA

ABREU, C. E. B. **Análise fisiológica, bioquímica e proteômica de respostas ao estresse salino em plantas de feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]**. Fortaleza: UFC, 2012. 151p. Tese de Doutorado.

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 421-498, 2011.

AMORIM, D. M. B.; NOTARO, I. A.; FURTADO, D. A.; GHEYI, H. R.; BARACUHY, J. G. V. Avaliação de diferentes níveis de salinidade da água utilizada na produção de forragem hidropônica de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 339-342, 2005.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; ROZANE, D. E.; ROMULADO, L. M. Avaliação do estado nutricional de plantas de couve-flor cultivadas em solução nutritiva suprimidas de macronutrientes. **Nucleus**, v. 6, p. 286-298, 2009.

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

BEZERRA NETO, E. **Cadernos do semiárido**. O cultivo hidropônico, Capítulo I, p. 15-30, 2016.

BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. E.; MARTINEZ, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 20, p. 48-58, 1999.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; CORREA, M. M.; Comportamento hídrico e crescimento do feijão vigna cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 379-385, 2013.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 499-504, 2011.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v. 20, p. 67-82, 2006.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Sistema de informação de águas subterrâneas – SIAGAS. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br>>. Acesso em: 01 de Agosto de 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.

DHINGRA, H. R. Effect of salinity stress on morpho-physiological, biochemical and yield characters of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] **Indian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 393-398, 2014.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Efeitos dos sais no solo e na planta, INCTsal – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 129-140, 2010.

DIAS, N. S.; JALES, A. G. O.; SOUSA NETO, O. N.; GONZAGA, M. I. S.; QUEIROZ, I. S. R.; PORTO, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface, cultivada em fibra de coco. **Revista Ceres**, v. 58, p. 632-637, 2011a.

DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; COSME, C. R.; JALES, A. G. O.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, A. M. Resposta de cultivares de alface à salinidade da solução nutritiva com rejeito salino em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 991-995, 2011b.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FERREIRA, T. M. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino**. Fortaleza: UFC, 2012. 116p. Dissertação de Mestrado.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG: Ed. UFV, 421p., 2007.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1133 - 1144, 2010.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. Boletim Técnico, 168.

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

GENUNCIO, G. C.; SILVA, R. A. C.; SÁ, N. M.; ZONTA, E.; ARAÚJO, A. P. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 446 - 452, 2010.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; BATISTA, M. A. F. **Prevenção, manejo e recuperação de solos salinos e sódicos**. Mossoró: ESAM, 1991. 70p.

GHODRATI, M.; GHAZARYAN, S. Agriculture water supply in semi-arid zone by underground dams. **European Journal of Experimental Biology**. v. 33, p. 706-711, 2013.

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.

GIUFFRIDA, FRANCESCO.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; 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, p. 1552-1560, 2016.

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, p. 850 - 856, 2011.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 894 - 904, 2010.

HOSSAIN, M. M.; NONAMI, H. Effect of salt stress on physiological response of tomato fruit grown in hydroponic culture system. **Horticultural Science**, v. 39, p. 26-32, 2012.

JONES, J. B. **Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grover**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2005. 423 p.

KAHLAOU, B.; HACHICHA, M.; REJEB, M. N.; HANCI, B.; MISLE, E. Effects of saline water on tomato under subsurface drip irrigation: nutritional and foliar aspects. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 11, p. 69 - 86, 2011.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. **Química geral e reações químicas**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. v. 1. 708 p.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção, consumo hídrico e teores de nutrientes da couve chinesa cultivada hidroponicamente com águas salobras. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 497 – 505, 2015.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. Crop salt tolerance. Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103; p. 115–134, 1977.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARTINEZ, H. E. P.; BRACCINI, M. C. L.; BRACCINI, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Revista Unimar**, v. 19, p. 721-740, 1997.

MAY, A.; TIVELL, S. W.; VARGAS, P. F.; SAMARA, A. G.; SACCONI, L. V.; PINHEIRO, M. Q. **Cultura da Couve-flor**. Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Boletim técnico 200, 36p, 2007.

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

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

NETONDO, G. W.; ONYANGO, J. C.; BECK, E. Sorghum and salinity: I. Response of growth, water relations, and ion accumulation to NaCl salinity. **Crop Science**, v. 44, p. 797-805, 2004a.

NETONDO, G. W.; ONYANGO, J. C.; BECK, E. Sorghum and salinity: II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. **Crop Science**, v. 44, p. 806-811, 2004b.

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

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F.; MELO, T. K. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 37-45, 2011b.

OLIVEIRA, W. J. **Ecofisiologia do feijão *Vigna unguiculata* (L.) Walp cultivado sob estresse salino**. 109 p. Dissertação de Mestrado (Pós graduação em Engenharia Agrícola), Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; ALMEIDA, B. G.; SILVA, E. F. F.; MELO, H. F.; LEAL, L. Y. C. Soil water energetic status and cowpea beans irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 685-691, 2016.

PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia om água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 29 - 35, 2010.

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

PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F.; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 196, p. 193-204, 2010.

REBOUÇAS, J. R. L.; NETO, M. F.; DIAS, N. S.; NETO, O. N. S.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, p. 624 - 634, 2013.

RESH, H. M. **Hidroponic tomatoes: for the home gardener**. California: Woodbridge Press, 1993. 142 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 435 - 440, 2013.

SANTOS, A. N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa L.*) em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras**. 134p. Dissertação de Mestrado (Pós graduação em Engenharia Agrícola), Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BARNABÉ, J. M. C.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. C. Yield of cherry tomatoes as a function of water salinity and irrigation frequency. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 107 – 112, 2016.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 2, p. 319 - 326, 2011.

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

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, v. 25, p. 113 - 118, 2012.

SANTOS, R. S.; DANTAS, D. C.; NOGUEIRA, F. P.; DIAS, N. S.; NETO, M. F.; GURGEL, M. T. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. **Revista Irriga**, v. 15, p. 111 - 118, 2010b.

SANTOS, R. S.; DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 983 - 989, 2010c.

SCHWARZ, M. **Soiless culture management**. Berlin: Springer Verlag, p. 197 1995.

SHANNON S. R.; GRIEVE C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v. 78, p.5-38, 1999.

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, p. 11-17, 1999.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F.; MONTEIRO, R. N. F.; JUNIOR, J. F. S. **Relações hídricas em duas cultivares de beterraba sob diferentes níveis de salinidade**. Inovagri International Meeting Fortaleza, Ceará, 2012.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F.; TANAKA, A. A.; JUNIOR, J. F. S. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1143 - 1151, 2013.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 147 - 155, 2011.

SILVA, E. F. F. **Cadernos do Semiárido**. Uso de águas salobras em cultivos hidropônicos no semiárido brasileiro, Capítulo II, p. 31-41, 2016.

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, p. 636 – 642, 2015.

SOARES, T. M.; ALMEIDA, C. D. G. C.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Economic risk analysis of tomato irrigation using desalinated water by reverse osmosis. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p. 658 - 665, 2013.

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, p. 705- 714, 2010.

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.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agroambiente**, v. 7, p. 154 - 161, 2013.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido a salinidade. **Revista Brasileira de Pesquisa agropecuária**, v. 46, p. 586-592, 2011a.

SOUZA, S. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G L.; SANTOS, S. M.; PESSÔA, S. G.; NÓBREGA, R. L. B. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, p. 81-93, 2011b.

STEINER, A. A. **The universal nutrient solution**. In: International Congress on Soilless Culture, 6, Lunteren. Proceedings... Wageningen: International Society for Soilless Culture, p. 633-649, 1984.

CAPÍTULO II

ÍNDICE DE ESTRESSE, POTENCIAIS DE ÁGUA E SUCULÊNCIA FOLIAR EM COUVE-FLOR HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS

Índice de estresse, potenciais de água e suculência foliar em couve-flor hidropônico com águas salobras

Resumo: A tolerância das culturas à salinidade é maior em sistemas hidropônicos devido à grande contribuição do potencial dos solutos sobre o potencial total da água. Assim, objetivou-se nesse trabalho avaliar a influência do uso de água salobra, no índice de estresse hídrico, potenciais de água nas plantas assim como a suculência foliar e consumo hídrico de couve-flor cv. “Piracicaba Precoce” cultivados em hidroponia com diferentes vazões. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo estes seis níveis de salinidade da água utilizada para o preparo das soluções nutritivas (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação destas soluções (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com quatro repetições. Foram analisados o índice de estresse hídrico (IEH), os potenciais foliares hídrico (ψ_w) e osmótico (ψ_o), a suculência foliar (SF) e o consumo hídrico total (CHT). O incremento da salinidade promoveu efeitos deletérios nas características hídricas da cultura. O uso de água salobra no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina evapotranspirada ocasionou o aumento percentual no índice de estresse hídrico e redução porcentual dos potenciais foliares hídricos e osmóticos, suculência foliar bem como, o consumo hídrico da cultura, sendo que nesses aumentos e reduções por incremento unitário da CE na vazão de aplicação da solução nutritiva de 1,5 L min⁻¹, apresentou menor expressão comparada a vazão de 2,5 L min⁻¹ onde proporcionou os maiores efeitos das variáveis hídricas analisadas.

Palavras-chave: relações hídricas, hidroponia, salinidade

Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower under hydroponics with brackish water

Abstract: The tolerance of the crops to the salinity is greater in hydroponic systems due to the great contribution of the potential of the solutes to the total potential of the water. Thus, the objective of this study was to evaluate the influence of the use of brackish water in the water stress index, water potential in plants as well as leaf succulence and water consumption of cauliflower cv. "Piracicaba Precoce" cultivated in hydroponics with different flow rates. The experimental design was completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme, and these six salinity levels were used to prepare nutrient solutions (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m⁻¹) and two application rates (1.5 and 2.5 L min⁻¹), with four replications. Water stress index (WSI), leaf potential (ψ_w) and osmotic (ψ_o), leaf succulence (LS) and total water consumption (TWC) were analyzed. The increase in salinity promoted deleterious effects on the water characteristics of the crop. The use of brackish water in the preparation of the nutrient solution and in the replacement of the evapotranspirated leaf caused a percentage increase in the water stress index and percentage reduction of the water and osmotic foliar potentials, leaf succulence as well as the water consumption of the crop, being that in these increases and reductions per unit increment of the EC in the flow rate of 1.5 L min⁻¹ nutrient solution, presented a lower expression compared to the 2.5 L min⁻¹ flow, which provided the highest effects of the water variables analyzed.

Key words: water relations, hydroponics, salinity

INTRODUÇÃO

A escassez de água no mundo é um problema diagnosticado, especialmente, em países como o Brasil (PAULUS et al., 2012). Diante do quadro de baixa oferta de água potável, pesquisas e geração de tecnologias que viabilizem a utilização de águas salobras na produção de alimentos são relevantes (PAULUS et al., 2010; PAULUS et al., 2012).

A hidroponia emerge como uma tecnologia alternativa, permitindo o uso dessas águas para a produção de diversas culturas, dentre elas as hortaliças (SANTOS et al., 2010; SOARES et al., 2016). Entretanto, a principal preocupação na utilização dessas águas é a concentração de sal (NIU & CABRERA, 2010), pois em elevadas concentrações este pode ser prejudicial ao desenvolvimento das plantas por reduzir o potencial osmótico da solução, o que se associa ao estresse hídrico pela dificuldade, decorrente, de absorver água do meio e, conseqüentemente, modificação no consumo hídrico da cultura (PAULUS et al., 2012).

A cultura da couve-flor é classificada como moderadamente tolerante a salinidade (GIUFFRIDA et al., 2016) e seu cultivo tem se expandido consideravelmente nos últimos anos no nordeste brasileiro. Porém, a constatação crescente de problemas relacionados à salinidade da água e do solo nesta Região têm levado a necessidade de identificação de fontes alternativas de manejo da água para a produção desta cultura. No Brasil e, especificamente, na Região Nordeste, estudos relacionados com a cultura da couve-flor em condições hidropônicas sob salinidade ainda são incipientes.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do uso de água salobra, no índice de estresse hídrico, potenciais de água nas plantas assim como a suculência foliar e consumo hídrico de couve-flor cv. “Piracicaba Precoce” cultivados em hidroponia com diferentes vazões.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEAGRI/UFRPE), Recife-PE (8° 01' 05” de latitude Sul e 34° 5' 48” de longitude Oeste, e altitude média de 6,5 m), em ambiente

protegido tipo em arco, com as seguintes dimensões: 7,0 m de largura, 24,0 m de comprimento, 3,0 m de pé direito e 4,5 m na parte mais alta da casa de vegetação. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas, possuindo um rodapé de 20 cm em concreto armado. A cobertura consistiu em manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e com difusor de luz (Figura 1). Visando contornar problemas relacionados a elevadas temperaturas e irradiância para a cultura utilizou-se tela de sombreamento na parte superior interna da casa de vegetação (sombrite).



Figura 1. Casa de vegetação onde foi realizado o experimento.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é As, Megatérmico tropical (tropical úmido) (ALVARES et al., 2014). A precipitação média é de 2.417,6 mm ano⁻¹, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, apresentando uma média de 377,9 mm no mês de mais chuvoso (junho); as temperaturas máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8 °C, respectivamente; a umidade relativa do ar média 79,8%, insolação 2550,7 horas. O total de evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 e 1.600 mm ano⁻¹ (INMET, 2016; BARROS, 2016).

Confeccionou-se uma estrutura hidropônica composta por 48 parcelas. Cada parcela representou um sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) independente, composto por um perfil hidropônico em polipropileno de 3 m de comprimento com aditivo anti-ultravioleta e espaçamento de 0,50 m entre plantas por 0,60 m entre perfis, diâmetro comercial de 150 mm e de 25 mm de raio, uma eletrobomba de circulação de 220 V e potência de 32 W, um reservatório para solução nutritiva com 50 L e um reservatório de abastecimento automático com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada (SOARES et al., 2009).

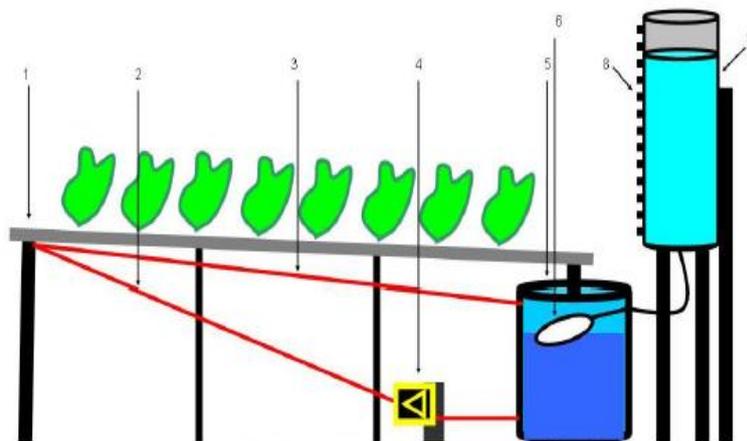


Figura 2. Desenho do perfil hidropônico dotado de reservatório de abastecimento automático. 1 – perfil hidropônico; 2 – tubo PVC condutor da solução até o sistema injetor; 3 – tubo PVC condutor da solução não injetada até o reservatório; 4 – eletrobomba de circulação; 5 – reservatório de solução nutritiva; 6 – torneira bóia; 7- sistema de abastecimento automático; 8- mangueira transparente graduada.

A cultura utilizada foi a couve flor cultivar “Piracicaba Precoce”. O semeio foi efetuado em bandejas de isopor com 128 células utilizando-se duas sementes por célula e o substrato utilizado na produção das mudas foi a fibra de coco. Aos 30 dias após a semeadura, realizou-se o transplantio para as unidades experimentais e iniciou-se a aplicação dos tratamentos (Figura 3).



Figura 3. Aplicação dos tratamentos 30 DAS em couve flor cv. ”Piracicaba Precoce”.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6×2 , sendo seis níveis de salinidade de água salobra ($T_1 = 0,2$; $T_2 = 1,5$; $T_3 = 2,5$; $T_4 = 3,5$; $T_5 = 4,5$ e $T_6 = 5,5$ dS m^{-1}) e duas vazões de aplicação de solução nutritiva ($1,5$ e $2,5$ L min^{-1}), com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais (Figura 4). As águas salobras foram obtidas por meio da aplicação de NaCl à água de abastecimento público da UFRPE ($\text{CEa} = 0,2$ dS m^{-1}), sendo estas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada nos respectivos tratamentos.

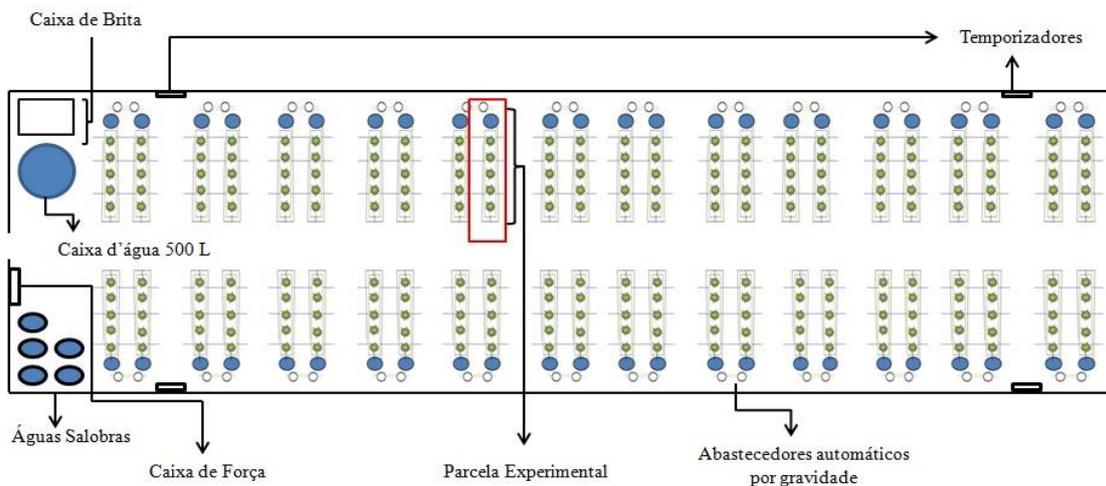


Figura 4. Croqui e vista superior das parcelas experimentais utilizadas nos dois experimentos.

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva conforme Furlani (1998) foram o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% (Tabela 1). Após a homogeneização da solução, a condutividade elétrica da solução nutritiva inicial (CESol), por tratamento, foi: $1,5$ (T_1), $2,5$ (T_2), $3,5$ (T_3), $4,5$ (T_4), $5,5$ (T_5) e $6,5$ (T_6) dS m^{-1} .

Tabela 1. Recomendação de fertilizantes de acordo com Furlani, (1998).

Fertilizantes	g m ⁻³	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de Cálcio	750	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de Potássio	500		65		182,5									
MAP	150	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400						40	52						
Sulfato de Cobre	0,2									0,02				
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato de Manganês	1,5											0,39		
Ácido Bórico	1,8								0,31					
Molibidato de Sódio	0,2												0,06	
Fe-EDTA- 13% fE	16										2,08			
Recomendação		24	65	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Foram realizadas leituras de pH e CEsol em dias alternados durante todo o ciclo de cultivo (49 dias). Foram também avaliados, o índice de estresse hídrico (IEH), os potenciais hídrico (Ψ_w), osmótico (Ψ_o), suculência foliar (SF) e consumo hídrico total da cultura.

O IEH da cultura foi obtido por meio da equação:

$$IEH = T_c - T_a \text{ (Idso et al., 1977), em que:}$$

IEH - Índice de estresse hídrico;

T_c - Temperatura foliar, em °C;

T_a - Temperatura do ar, em °C.

A temperatura foliar foi obtida por meio de medições diárias realizadas no horário entre 9 e 11 h, sendo efetuadas 10 leituras por parcela, com o uso do termômetro digital infravermelho, portátil, modelo ST-600.2. A temperatura do ar foi medida por termopar tipo T e registrada por meio de um datalogger Campbell Scientific, modelo CR1000, instalada no interior da casa de vegetação. O cálculo do IEH foi proveniente na obtenção de todos os dados diários e obtidos temperaturas médias foliar e do ar.

Para obtenção do potencial hídrico, coletou-se as folhas na madrugada no período das 2 às 4 horas aos 30 dias após o transplante (DAT). Para a determinação, foram selecionados ramos do terço médio de cada planta. Por ocasião da leitura realizou um

cutte em bisel com auxílio de uma lâmina, visando proporcionar o restabelecimento do equilíbrio hídrico do ramo e facilitar a visualização da extrusão de seiva. Após o corte em bisel, o material submeteu-se na câmara de pressão de Scholander (SCHOLANDER et al., 1965) (Figura 5). Depois de posicionado no mesmo, o ramo foi submetido a incrementos de pressão até a visualização de gotas na superfície do corte.



Figura 5. Determinação do potencial hídrico em couve flor cv. "Piracicaba Precoce".

O potencial osmótico foi determinado em osmômetro de pressão de vapor (VAPRO WESCOR modelo 5600) (Figura 6), sendo este avaliado em folhas do terço médio das plantas a partir de 10 μL de extrato de cada amostra, obtido por meio da maceração das folhas com nitrogênio líquido em almofariz com auxílio de pistilo. Os valores obtidos em mmols kg^{-1} foram convertidos em potencial osmótico, por meio da equação de Van't Hoff: $\Psi_o = -RTC$, em que: R = constante geral dos gases ($0,00831 \text{ kg Mpa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$); T = Temperatura em Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) e C = Concentração de soluto (mol kg^{-1}).



Figura 6. Determinação do potencial osmótico em couve flor cv.” Piracicaba Precoce”.

A suculência foliar foi determinada conforme a metodologia proposta por Benincasa (2003), por meio da equação:

$$SF = (FFF - FSF)/AF, \text{ em que:}$$

SF – Suculência foliar, em $\text{mg H}_2\text{O cm}^{-2}$;

FFF – Fitomassa fresca foliar, em mg;

FSF – Fitomassa seca foliar, em mg.

A FFF foi obtida por meio de pesagem no momento da colheita aos 49 dias após o transplante e a FSF foi obtida após a secagem da FFF em estufa de circulação de ar à temperatura de 70°C durante 96 h. A área foliar foi determinada pela metodologia dos discos conforme Pereira & Machado (1987).

Para a reposição da água evapotranspirada e determinação do consumo hídrico pelas plantas foram montados sistemas de abastecimentos automáticos dotados de uma régua graduada individualizada para cada parcela, possibilitando leituras diárias, a fim de determinar o volume evapotranspirado por planta (V_{ETc}) durante o cultivo, conforme equação:

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta t} \times 10^5, \text{ em que:}$$

V_{ETc} - volume evapotranspirado, em $m^3 \text{ planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$;

L_f - leitura final do nível de água no abastecedor automático, m;

L_i - leitura inicial do nível de água no abastecedor automático, m;

D - diâmetro interno do abastecedor automático, m;

ΔT - intervalo de tempo entre as leituras, dias; n - número de plantas no perfil no intervalo de tempo, ΔT .

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, quando constatado efeito significativo, os níveis de salinidades (fatores quantitativos) foram submetidos à análise de regressão e as vazões de aplicação da solução nutritiva (fatores qualitativos) ao teste de comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando constatado efeito significativo da interação entre as salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva versus as vazões de aplicação desta solução nutritiva, realizou-se o desdobramento dos níveis de salinidades dentro de cada vazão de aplicação da solução e das vazões de aplicação dentro de cada nível de salinidade.

RESULTADOS DE DISCUSSÃO

Na Figura 7 encontram-se os valores de condutividade elétrica (CEsol) e de pH da solução nutritiva durante todo o ciclo da cultura em função dos níveis de salinidade da água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva e das vazões de aplicação desta solução ($1,5 \text{ L m}^{-1}$) e ($2,5 \text{ L m}^{-1}$).

Verifica-se que independente da vazão de aplicação da solução nutritiva houve uma tendência de aumento da CEsol ao longo do ciclo nos tratamentos T2 ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$), T3 ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$), T4 ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$), T5 ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) e T6 ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$), devendo-se o fato ao acúmulo de sais provenientes da reposição com água salobra promovendo incremento dos níveis de salinidade da água utilizada como solução nutritiva e da menor absorção de nutrientes nestes tratamentos.

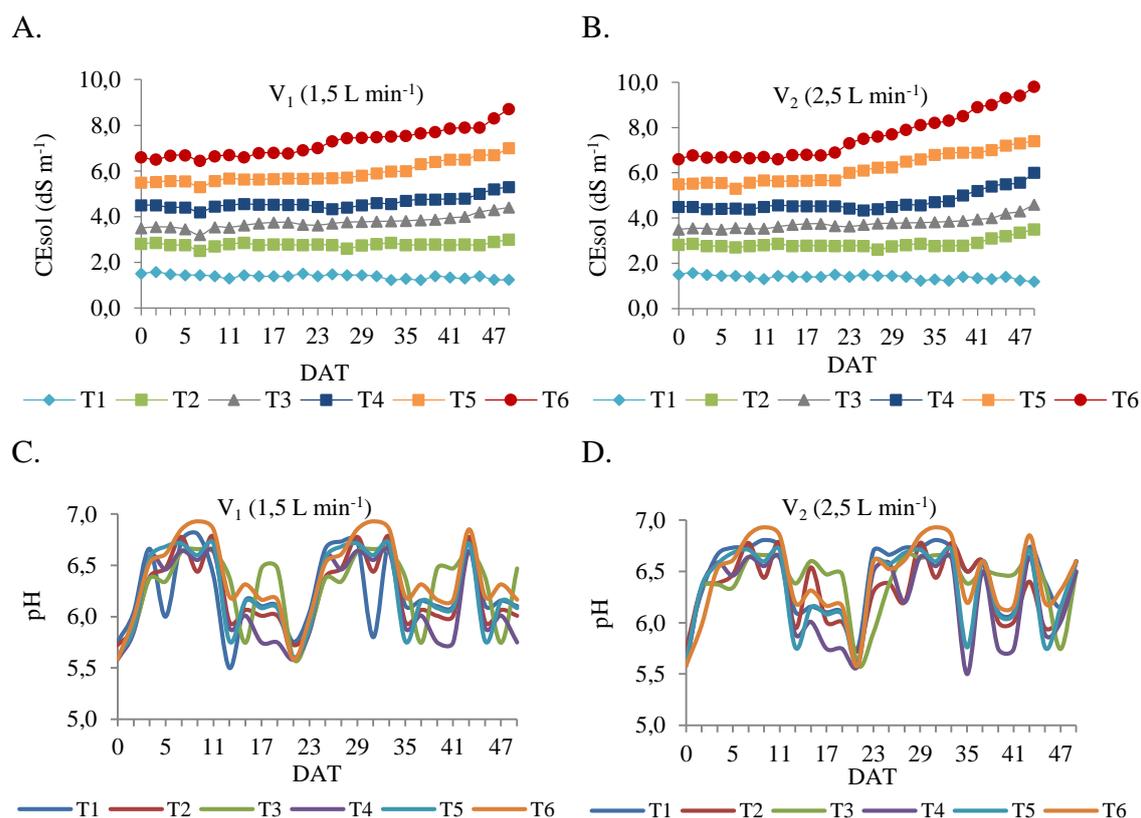


Figura 7. Valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) e de pH ao longo do ciclo de cultivo, nas vazões de 1,5 L min⁻¹ (Figuras 7A e C, respectivamente) e de 2,5 L min⁻¹ (Figuras 7B e D, respectivamente)

No tratamento T1, em ambas as vazões, constatou-se um pequeno decréscimo da CEsol ao longo do ciclo (Figuras 7A e B), em resposta a reposição da lâmina evapotranspirada ter sido realizada com água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹) visto que a medida que as plantas absorviam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, ocorria a diminuição da salinidade e, conseqüentemente, a redução da condutividade elétrica da solução. Esses resultados corroboram àqueles encontrados por Soares et al. (2010), Soares et al. (2013), Lira et al. (2015) e Soares et al. (2015) os quais também verificaram tendência a redução (0,2 dS m⁻¹) e aumento (5,5 dSm⁻¹) da CEsol ao utilizarem água de abastecimento e salobra para reposição da lâmina evapotranspirada.

Os valores de pH da solução nutritiva (Figuras 7C e D), independentemente da vazão de aplicação desta solução, mantiveram-se na faixa em que a maioria dos nutrientes são disponibilizados adequadamente às plantas, já que variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não afetam o desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos, no entanto, em situações de acidez inferior a 4,0 poderá prejudicar a membrana das células, por outro

lado, situações de alcalinidade acima de 8,0 poderá ocorrer deficiência de nutrientes (FURLANI et al., 1999).

Verifica-se, por meio da Tabela 2, que as salinidades das águas (CEa) e as vazões de aplicação das soluções nutritivas promoveram efeitos isolados sobre todas as variáveis estudadas. Quanto à interação dos fatores, verificou-se efeito significativo para os potenciais hídrico (ψ_w) e osmótico (ψ_o) e para o consumo hídrico total (CHT).

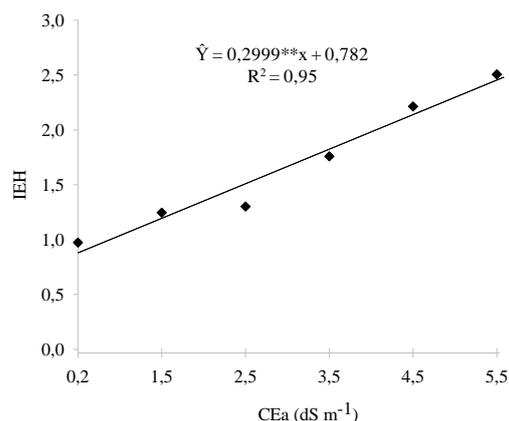
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis índice de estresse hídrico (IEH), suculência foliar (SF), potencial hídrico (ψ_w), potencial osmótico (ψ_o) e consumo hídrico total (CHT) para a cultura da couve-flor cv. “Piracicaba Precoce”

Teste F					
F.V	IEH	SF	ψ_w	ψ_o	CHT
CEa	40,19**	37,24**	159,21**	231,6732 **	38,86**
Vazão	148,77**	27,58**	60,58**	261,3724 **	24,32**
CEa x Vazão	0,64 ^{ns}	1,23 ^{ns}	6,56**	26,3010 **	4,75**
CV (%)	16,07	10,03	6,76	4,32	13,69

* E ** significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns – Não significativo.

Constata-se, por intermédio da Figura 8A, que no maior nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) o IEH obtido foi de 2,43 contudo, no menor nível de salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) esse índice foi de apenas 0,84.

A.



B.

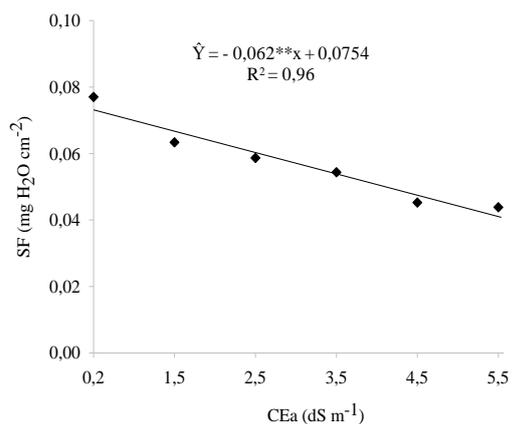


Figura 8. Índice de estresse hídrico (IEH) (A) e suculência foliar (SF) (B) na cultura da couve-flor, em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa)

Quanto às vazões de aplicação da solução nutritiva os valores obtidos para a variável IEH obtiveram diferenças (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do índice de estresse hídrico em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Índice de estresse Hídrico	
1,5 L min ⁻¹ 1,19	2,5 L min ⁻¹ 2,14

Esses resultados evidenciam que as plantas quando submetidas aos maiores níveis de salinidade tiveram sua transpiração reduzida em detrimento do fechamento dos estômatos, o que se refletiu em maiores valores de temperatura foliar e, conseqüentemente, em maiores índices de estresse hídrico. Katerji et al. (2000) avaliando o IEH em diversas culturas agrícolas também constataram aumentos desse índice com o incremento dos níveis de salinidade das águas utilizadas para irrigação das culturas estudadas.

O incremento nos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva reduziu a suculência foliar (SF) da cultura (Figura 8B), tendo-se obtido no maior nível de salinidade (5,5 dS m⁻¹) uma SF de 0,0413 H₂O cm², e, no menor nível de salinidade (0,2 dS m⁻¹) uma SF de 0,0742 H₂O cm².

Quanto às vazões de aplicação da solução nutritiva os valores obtidos para a variável SF obtiveram diferenças (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios da suculência foliar na cultura em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Suculência Foliar (H ₂ O cm ²)	
1,5 L min ⁻¹ 0,0614	2,5 L min ⁻¹ 0,0528

Os resultados obtidos nesta pesquisa para a SF concordam com aqueles encontrados por Trindade et al. (2006) e Sousa et al. (2010) avaliando a cultura do sorgo sob estresse salino também constataram redução da SF em detrimento do incremento nos níveis de salinidade, evidenciando a importância desse parâmetro para a avaliação de culturas sob estresse salino.

A redução da suculência das folhas de couve-flor ocorreu devido a não regulação da concentração de sais nos tecidos foliares resultando a diminuição da área foliar nos respectivos tratamentos, isto implica que não houve aclimação nesta cultura estudada durante a pesquisa.

Verifica-se por meio da Figura 9 que, em ambas as vazões de aplicação da solução nutritiva, o aumento da salinidade da água utilizada para o preparo desta solução reduziu linearmente o ψ_w (Figura 9A) e o ψ_o (Figura 9B) da cultura, entretanto as maiores reduções foram constatadas na vazão de 2,5 L min⁻¹.

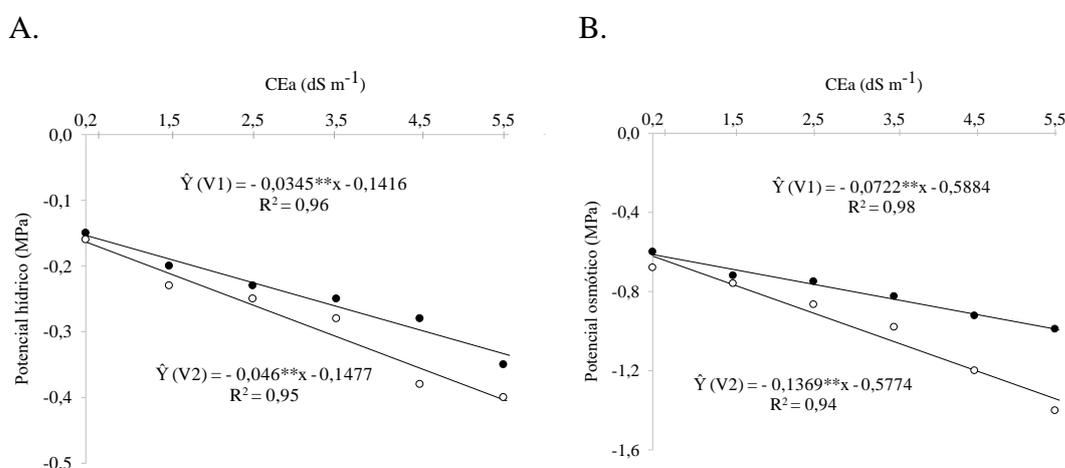


Figura 9. Potencial hídrico (A) e o potencial osmótico (B) na cultura da couve-flor, em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹) e (V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução

Nos respectivos tratamentos 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹ e nas vazões de 1,5 e de 2,5 L min⁻¹, o incremento unitário da CEsol proporcionou reduções percentuais no ψ_w da cultura, respectivamente, da ordem de 24,36 e de 31,14% (Figura 9A). Quanto ψ_o (Figura 9B), essas reduções foram da ordem de 12,27 e de 23,70%, respectivamente, para as vazões de 1,5 e de 2,5 L min⁻¹ e nos tratamentos 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹.

O incremento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva proporcionou efeito linear decrescente nos potenciais de água (ψ_w e ψ_o) da cultura em ambas as vazões avaliadas, entretanto, os menores valores foram constatados para a vazão de 2,5 L min⁻¹ (Figura 9). Na vazão de 1,5 L min⁻¹ e no maior nível de salinidade da água (5,5 dS m⁻¹) o ψ_w foi de -0,331 Mpa e ψ_o foi de -0,986 Mpa. Por outro lado, na vazão de 2,5 L min⁻¹ e nesse mesmo nível de salinidade (5,5 dS m⁻¹) esses potenciais foram

reduzidos para $-0,401(\psi_w)$ e $-1,330(\psi_o)$. Contudo, no menor nível de salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) e, nas vazões de ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$) os potenciais obtidos foram de $-0,149$; $-0,157 \text{ Mpa}(\psi_w)$ e $-0,603$; $-0,605 \text{ Mpa}(\psi_o)$, respectivamente.

As reduções dos ψ_w e ψ_o da cultura promovidas pelo incremento dos níveis de salinidade da água, em ambas as vazões avaliadas, refletem o acúmulo de íons solutos nas células dos tecidos foliares, principalmente do Na e do Cl os quais foram utilizados durante a salinização das águas utilizadas para o preparo da solução nutritiva. Além disso, essa queda no ψ_w com o aumento CE_{sol} , possivelmente, foi acompanhada pela redução da transpiração da cultura, constatada em parte pelos maiores valores de temperatura foliar nos maiores níveis de salinidade avaliados e, também, pelos maiores índices de estresse hídrico encontrados nesses maiores níveis de salinidade (Figura 8A).

Os resultados encontrados neste trabalho para os potenciais hídrico e osmótico foliares corroboram àqueles obtidos por Giuffrida et al. (2016), os quais avaliando os efeitos do estresse salino sobre a cultura da couve-flor também constataram reduções desses potenciais com o aumento da salinidade da água utilizada para irrigação. Da mesma forma, Oliveira et al. (2016) avaliando o efeito de diferentes salinidades da água sobre a cultura do feijão-caupi encontraram reduções para esses potenciais em função do incremento das condutividades elétricas das águas avaliadas.

O aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva proporcionou efeito linear decrescente no consumo hídrico total da cultura em ambas as vazões avaliadas, entretanto, os menores valores foram constatados para a vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (Figura 10). Na vazão de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ e no maior nível de salinidade da água ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) o consumo hídrico total foi de $14,0 \text{ L pl}^{-1}$. Por outro lado, na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ e nesse mesmo nível de salinidade ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$) o consumo foi reduzido para $7,15 \text{ L pl}^{-1}$. Contudo, no menor nível de salinidade ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) e, nas vazões de ($1,5$ e $2,5 \text{ L min}^{-1}$) os consumos hídricos totais obtidos foram e $23,9$ e $24,4 \text{ L pl}^{-1}$, respectivamente.

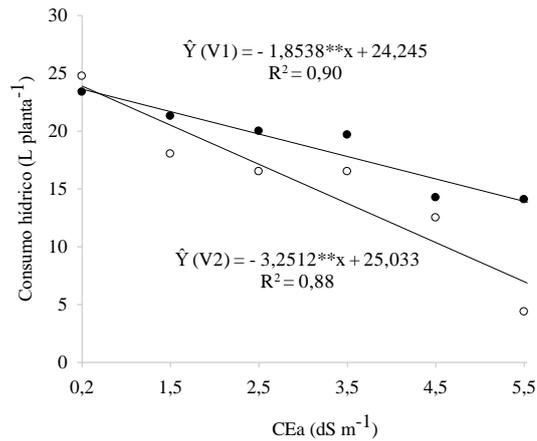


Figura 10. Consumo hídrico total da couve-flor em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹) e (V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução

De acordo com Paulus et al. (2012), os sais quando em concentrações elevadas no meio podem prejudicar o desenvolvimento das plantas por reduzir o potencial osmótico da solução, o que se associa ao estresse hídrico pela dificuldade, decorrente, de absorver água do meio, vindo a provocar modificação no consumo hídrico da cultura. Neste sentido, possivelmente, na presente pesquisa o efeito osmótico das salinidades das águas utilizadas para o preparo da solução nutritiva reduziu a disponibilidade de água para a cultura e aumentou o estresse hídrico da mesma, vindo a se refletir na redução da transpiração e, conseqüentemente, no menor consumo hídrico das plantas.

Reduções do consumo hídrico de plantas cultivadas em hidroponia com águas salobras foram também constatadas por Soares et al. (2010) e Paulus et al. (2012) na cultura da alface e por Lira et al. (2015) na cultura da couve chinesa.

Possivelmente, os menores valores constatados para a suculência foliar (SF), potenciais hídrico (ψ_w) e osmótico (ψ_o) e consumo hídrico total (CHT) e maiores valores para o índice de estresse hídrico (IEH) encontrados nas plantas submetidas à vazão de 2,5 L min⁻¹ deveram-se ao maior contato do NaCl com o sistema radicular da cultura, tendo em vista o maior volume de solução salobra próximo a esse sistema radicular com a aplicação desta vazão, o que ocasionou um maior contato dos pêlos absorventes com a solução, podendo ter se refletido em um maior incremento na absorção deste sal e, conseqüentemente, proporcionado efeitos deletérios sobre essas variáveis.

CONCLUSÕES

1. O aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva aumentou o índice de estresse hídrico e reduziu a suculência foliar.

2. O incremento da salinidade da água reduziu os potenciais foliares hídrico e osmótico e o consumo hídrico total da cultura, porém, os efeitos foram mais acentuados na vazão de 2,5 L m⁻¹.

3. A vazão de aplicação da solução nutritiva de 2,5 L m⁻¹ proporcionou o maior índice de estresse hídrico e a menor suculência foliar.

LITERATURA CITADA

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.

BARROS, A. H. C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima**. Disponível: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C_ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html>. Acesso em: 03/10/2016.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Noções Básicas. 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 2, p. 777-778, 1999.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30p. Boletim Técnico, 168

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; 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, p. 1552-1560, 2016.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J. Remote-sensing of crop yields. **Science**, v. 196, p. 19-25, 1977.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Norma Climatológica do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: 28/09/2016.

KATERJI, N.; HOORN, J. W. V.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Sal tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural Water Management**, v. 43, p. 99-109, 2000.

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

NIU, G.; CABRERA, R. I. Growth and physiological responses of landscape plants to Saline Water Irrigation: **A Review Hortscience**, v. 45, p. 1065-1609, 2010.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; ALMEIDA, B. G.; SILVA, E. F. F.; MELO, H. F.; LEAL, L. Y. C. Soil water energetic status and cowpea beans irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 685-691, 2016.

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

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, p. 110-117, 2012.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p. Boletim, 114.

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

SCHOLLANDER, R. F.; HAMELL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v. 148, p. 339-346, 1965.

SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656-664, 2016.

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, p. 636-642, 2015.

SOARES, T. M.; ALMEIDA, C. D. G. C.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Economic risk analysis of tomato irrigation using desalinated water by reverse osmosis. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p. 658-665, 2013.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para a produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 705-714, 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, p. 102 - 114. 2009.

SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, F. M. L.; GOMES FILHO, E.; GHEYI, H. R.; SOUSA, A. E. C.; SOUSA, G. G. Respostas morfofisiológicas de plantas de sorgo, feijão-de-corda e algodão sob estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 31, p. 29-36, 2010.

SOUZA, M. S.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, J. D. B.; AROUCHA, E. M. M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 241 - 245, 2012.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZERRA, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre aclimação de plantas de sorgo e feijão de corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 804-810, 2006.

CAPÍTULO III

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE COUVE- FLOR COM USO ÁGUAS SALOBRAS

Eficiência do uso da água no cultivo hidropônico de couve-flor com uso águas salobras

Resumo - A utilização de águas salobras para produção de hortaliças é uma realidade principalmente em regiões semiáridas do Nordeste Brasileiro devido à pouca disponibilidade de água. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o uso de águas salobras, utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada, e vazões de aplicação desta solução sobre características hídricas e produtivas da couve-flor (*Brassica oleracea* L.) cv. “Piracicaba Precoce”. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo estes seis níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação desta solução (1,5 e 2,5 L min⁻¹), com quatro repetições. Foram analisados a eficiência do uso da água na biomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água da raiz e parte aérea, índice de produção de biomassa da parte aérea e relação raiz parte aérea. O aumento da salinidade da água reduziu a eficiência do uso da água da biomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água da raiz e parte aérea e do índice de produção de biomassa da parte aérea e incrementou a relação raiz parte aérea, porém, os efeitos foram mais acentuados na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* L. Relações hídricas. Hidroponia. Salinidade.

Water use efficiency in cauliflower under hydroponic using brackish water

Abstract - The use of brackish water for vegetable production is a reality mainly in semi-arid regions of Northeast Brazil due to the scarce availability of water. In this sense, the aim of this work was to evaluate the use of brackish water, used to prepare the nutrient solution and to replace the evapotranspired leaf, and flow rates of this solution on the water and productive attributes of cauliflower (*Brassica oleracea* L.) cv. "Piracicaba Precoce". The experimental design was completely randomized in a factorial scheme 6 x 2, and these six salinity levels were used to prepare the nutrient solution (0.2, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 and 5.5 dS m⁻¹) and two application rates of this solution (1.5 and 2.5 L min⁻¹) with four replications. The water use efficiency in fresh and dry shoot biomass, root and shoot water content, shoot biomass production index and root shoot ratio were analyzed. The increase of water salinity reduced the water use efficiency of fresh and dry biomass of the aerial part, water content of the root and aerial part and the biomass production index of the aerial part and increased the aerial root ratio, the effects were more pronounced in the 2.5 L min⁻¹ flow.

Keywords: *Brassica oleracea* L. Water relations. Hydroponics. Salinity.

INTRODUÇÃO

A escassez e heterogênea distribuição temporal de chuvas no semiárido prejudicam o desenvolvimento das atividades antrópicas, com fortes impactos econômicos e sociais, fato que dificulta a fixação do homem na região, em função da redução da sua qualidade de vida proporcionada pelas diminuições da produção de alimentos e geração de recursos financeiros.

Existem sistemas de produção condizentes para contribuir para a mudança desta realidade, a citar a hidroponia com uso de águas de qualidade inferior (salobras) que pode se tornar uma alternativa de garantia e de fixação do homem no campo, reduzindo os impactos socioeconômicos instalados nessa região.

Neste sentido, o crescimento deste sistema de cultivo, vem se tornando uma realidade promissora no Brasil nos últimos anos, onde os pesquisadores não têm medido esforços para produzir informações para disseminação desta técnica, principalmente na região semiárida do Nordeste Brasileiro.

De acordo com Paulus et al. (2012), a produção hidropônica de hortaliças provenientes do uso de águas salobras, representa uma grande alternativa, trazendo vantagens para o consumidor, produtor e para o ambiente, com aquisição de produtos de alta qualidade, com ciclo curto, menor gasto de energia, de insumos agrícolas e de mão de obra.

Diversos autores relataram a viabilidade do cultivo hidropônico utilizando águas salobras para a produção de hortaliças e fruteiras tais como, Silva et al. (2011) e Souza Neta et al. (2013) para a cultura da rúcula, Rebouças et al. (2013) para a cultura do coentro, Dias & Blanco (2010) para a cultura do melão, Cosme et al. (2011) para a cultura do tomate e Sá et al. (2013) para a cultura do mamoeiro. A maioria das pesquisas têm como foco principal a produção de culturas em sistemas hidropônicos com o uso de águas salobras (GOMES et al., 2011; SANTOS et al., 2011; HOSSAIN; NONAMI, 2012; SOARES et al., 2013).

Com relação à cultura da couve-flor, apesar de ser classificada como moderadamente tolerante a salinidade (GIUFFRIDA et al., 2016), no Brasil e, especificamente, na Região Nordeste, trabalhos relacionados com esta cultura em condições hidropônicas sob salinidade ainda são incipientes.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o uso de águas salobras utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada e vazões

de aplicação desta solução sobre características hídricas e produtivas da couve-flor cv. “Piracicaba Precoce”.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEAGRI/UFRPE), Recife-PE (8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 5' 48" de longitude Oeste, e altitude média de 6,5 m), em ambiente protegido tipo em arco, com as seguintes dimensões: 7,0 m de largura, 24,0 m de comprimento, 3,0 m de pé direito e 4,5 m na parte mais alta da casa de vegetação. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas, possuindo um rodapé de 20 cm em concreto armado. A cobertura consistiu em manta de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e com difusor de luz (Figura 1). Objetivando-se contornar problemas relacionados a elevadas temperaturas e irradiância para a cultura utilizou-se tela de sombreamento na parte superior interna da casa de vegetação (sombrite).



Figura 1. Casa de vegetação onde foi realizado o experimento.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é As, Megatérmico tropical (tropical úmido) (ALVARES et al., 2014). A precipitação média é de 2.417,6 mm ano⁻¹, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, apresentando uma média de 377,9 mm no mês de mais chuvoso (junho); as temperaturas máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8 °C, respectivamente; a umidade relativa do ar média 79,8%, insolação 2550,7 horas. O total de evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 e 1.600 mm ano⁻¹ (INMET, 2016; BARROS, 2016).

Foi confeccionada uma estrutura hidropônica composta por 48 parcelas. Cada parcela representou um sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) independente, composto por um perfil hidropônico em polipropileno de 3 m de comprimento com aditivo anti-ultravioleta e espaçamento de 0,50 m entre plantas por 0,60 m entre perfis, diâmetro comercial de 150 mm e de 25 mm de raio, uma eletrobomba de circulação de 220 V e potência de 32 W, um reservatório para solução nutritiva com 50 L e um reservatório de abastecimento automático com volume de 15 L para reposição da água evapotranspirada (SOARES et al., 2009). O perfil possuía inclinação de 5% e a instalação dos perfis em relação ao solo foi de 0,85 m (Figura 2).

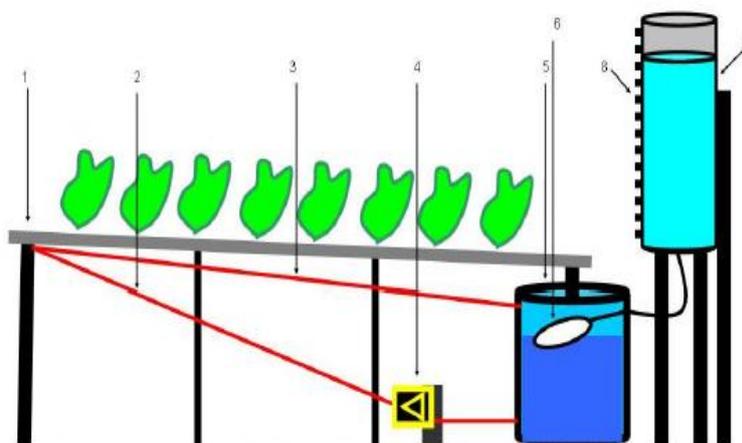


Figura 2. Desenho do perfil hidropônico dotado de reservatório de abastecimento automático. 1 – perfil hidropônico; 2 – tubo PVC condutor da solução até o sistema injetor; 3 – tubo PVC condutor da solução não injetada até o reservatório; 4 – eletrobomba de circulação; 5 – reservatório de solução nutritiva; 6 – torneira bóia; 7- sistema de abastecimento automático; 8- mangueira transparente graduada.

A cultura utilizada foi a couve-flor cultivar “Piracicaba Precoce”. A semeadura foi efetuada em bandejas de isopor com 128 células utilizando-se duas sementes por célula e o substrato utilizado para a produção das mudas foi a fibra de coco. Aos 30 dias após a semeadura (DAS), realizou-se o transplantio para as unidades experimentais e iniciou-se a aplicação dos tratamentos (Figura 3).



Figura 3. Semeadura e aplicação dos tratamentos da couve-flor cv. “Piracicaba Precoce”

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis níveis de salinidade de água salobra ($T_1 = 0,2$; $T_2 = 1,5$; $T_3 = 2,5$; $T_4 = 3,5$; $T_5 = 4,5$ e $T_6 = 5,5$ $dS\ m^{-1}$) e duas vazões de aplicação de solução nutritiva ($1,5$ e $2,5$ $L\ min^{-1}$), com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais (Figura 4). As águas salobras foram obtidas por meio da aplicação de NaCl à água de abastecimento público da UFRPE ($CEa = 0,2$ $dS\ m^{-1}$), sendo estas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada nos respectivos tratamentos.



Figura 4. Croqui e vista superior das parcelas experimentais utilizadas nos dois experimentos

Para a reposição da água absorvida pelas plantas foram montados sistemas de abastecimentos automáticos individualizados dotados de uma régua graduada para cada parcela e construídos com tubulação de PVC de seção contínua e diâmetro de 150 mm. O

sistema permitiu a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-boia, possibilitando leituras diárias, a fim de determinar o volume evapotranspirado por planta (V_{ETC}) durante o cultivo, conforme equação 1:

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta t} \times 10^5$$

em que:

V_{ETC} = volume evapotranspirado, em m^3 planta⁻¹ dia⁻¹;

L_f = leitura final do nível da água no depósito, m;

L_i = leitura inicial do nível da água no depósito, m;

D = diâmetro interno do reservatório, m;

ΔT = intervalo de tempo entre as leituras, dia;

n = número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT .

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva conforme Furlani (1998) foram o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% (Tabela 1).

Após a homogeneização da solução, a condutividade elétrica da solução nutritiva inicial (CEsol), por tratamento, foi: 1,5 (T1), 2,5 (T2), 3,5 (T3), 4,5 (T4), 5,5 (T5) e 6,5 (T6) dS m⁻¹.

Tabela 1. Recomendação de fertilizantes de acordo com Furlani (1998)

Fertilizantes	g m ⁻³	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de Cálcio	750	7,5	108;8			142,5								
Nitrato de Potássio	500		65		182,5									
MAP	150	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400						40	52						
Sulfato de Cobre	0,2									0,02				
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato de Manganês	1,5											0,39		
Ácido Bórico	1,8								0,31					
Molibdato de Sódio	0,2												0,06	
Fe-EDTA- 13% fE	16										2,08			
Recomendação		24	65	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Quanto as variáveis analisadas: foram realizadas leituras de pH e CEsol em dias alternados, durante todo o ciclo de cultivo. Visando verificar os impactos dos tratamentos testados sobre as relações hídricas da couve-flor (cv. “Piracicaba Precoce”) determinou-se, por ocasião da colheita das plantas, aos 49 DAT, as seguintes variáveis: eficiência do uso da água da biomassa fresca da parte aérea (EUAf), eficiência do uso da água da biomassa seca da parte aérea (EUAs), índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA), teor de água da parte aérea (TAPA), teor de água da raiz (TAR) e relação raiz parte aérea (rR/PA).

Para a determinação da EUA(f) e EUA(s) consistiu nas relações entre a biomassa fresca e seca da última colheita, respectivamente, e o consumo hídrico total, conforme equações preconizadas por Silva et al. (2012) e Jabro et al. (2012):

$$EUA(f) = \frac{BFT}{CHT} \text{ Eq. (2)}$$

$$EUA(s) = \frac{BST}{CHT} \text{ Eq. (3)}$$

em que:

$EUA_{(f)}$ = Eficiência do uso da água da biomassa fresca ($g L^{-1}$);

$EUA_{(s)}$ = Eficiência do uso da água da biomassa seca ($g L^{-1}$);

BFT = Biomassa fresca total (g);

BST = Biomassa seca total (g);

CHT = Consumo hídrico total (L).

O IPBPA foi obtido com base na relação entre a biomassa seca da parte aérea e a biomassa seca total, conforme equação proposta por Benincasa (2003):

$$IPBPA = \left(\frac{BSPA}{BST} \right) \text{ Eq. (4)}$$

em que:

IPBPA – Índice de produção de biomassa da parte aérea;

BSPA – Biomassa seca da parte aérea (g);

BST – Biomassa seca total (g).

O TAPA e TAR foram obtidos conforme Benincasa (2003), utilizando as seguintes equações:

$$\text{TAPA} = \left(\frac{\text{BFPA} - \text{BSPA}}{\text{BSPA}} \right) * 100 \text{ Eq. (5)}$$

$$\text{TAR} = \left(\frac{\text{BFR} - \text{BSR}}{\text{BSR}} \right) * 100 \text{ Eq. (6)}$$

em que:

TAPA- Teor de água da parte aérea, em (%);

BFPA – Biomassa fresca da parte aérea, em (g);

BSPA – Biomassa seca da parte aérea, em (g);

TAR – Teor de água da raiz, em (%);

BFR – Biomassa fresca da raiz, em (g);

BSR – Biomassa seca da raiz, em (g).

A rR/PA foi obtida por meio da relação entre a biomassa seca da raiz e biomassa seca da parte aérea, utilizando-se a equação proposta por Magalhães (1979):

$$\text{rR/PA} = \left(\frac{\text{BSR}}{\text{BSPA}} \right), \text{ Eq. (7)}$$

em que:

rR/PA – Relação raiz parte aérea;

BSR – Biomassa seca da raiz (g);

BSPA – Biomassa seca da parte aérea (g).

Os dados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, quando verificado efeito significativo para os níveis de salinidades estes foram comparados mediante análise de regressão, já quando houve significância apenas entre as vazões de aplicação da solução nutritiva a comparação ocorreu mediante teste de médias pelo teste de Tukey (5% de probabilidade).

Quando constatado efeito significativo da interação entre as salinidades das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva versus as vazões de aplicação desta solução nutritiva, realizou-se o desdobramento dos níveis de salinidades dentro de cada vazão de aplicação da solução e das vazões de aplicação dentro de cada nível de salinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 encontram-se os valores de condutividade elétrica (CEsol) e de pH da solução nutritiva durante todo o ciclo da cultura em função dos níveis de salinidade da água salobra utilizada para o preparo da solução nutritiva e das vazões de aplicação desta solução ($1,5 \text{ L m}^{-1}$) e ($2,5 \text{ L m}^{-1}$).

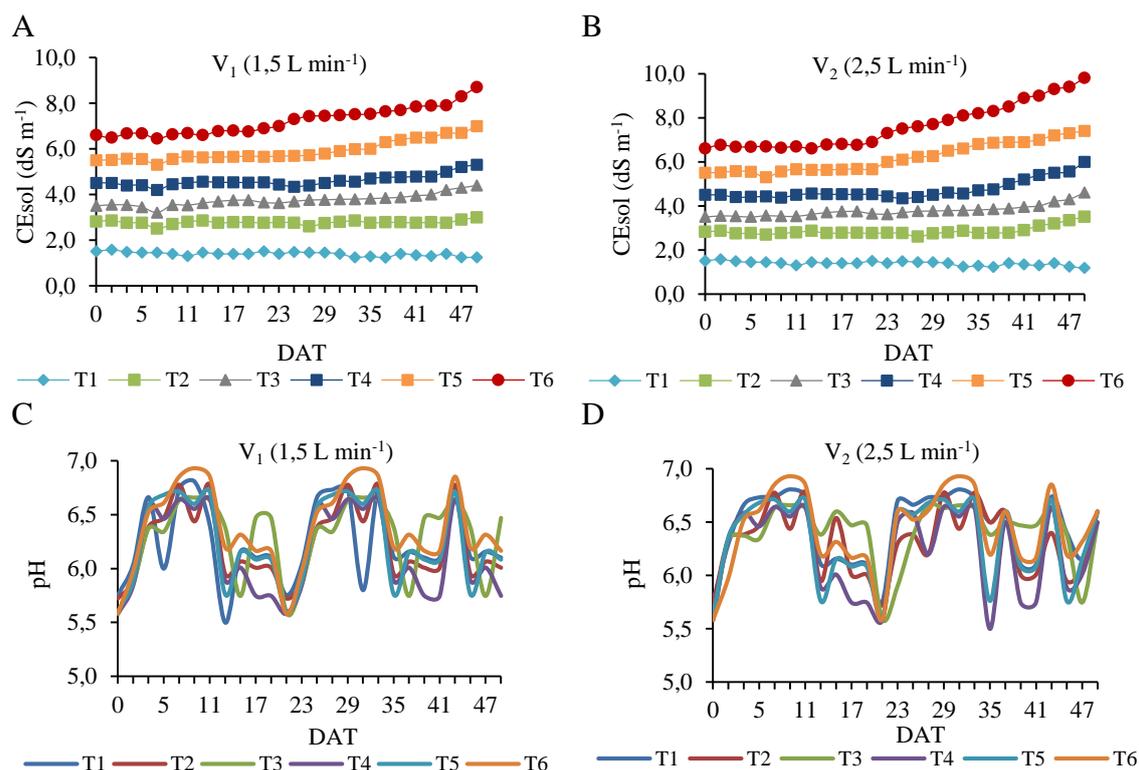


Figura 5. Valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) e de pH ao longo do ciclo de cultivo, nas vazões de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ (Figuras 5A e C, respectivamente) e de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (Figuras 5B e D, respectivamente).

Verifica-se que independente da vazão de aplicação da solução nutritiva houve uma tendência de aumento da CEsol ao longo do ciclo nos tratamentos T2 ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$), T3 ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$), T4 ($3,5 \text{ dS m}^{-1}$), T5 ($4,5 \text{ dS m}^{-1}$) e T6 ($5,5 \text{ dS m}^{-1}$), devendo-se o fato ao acúmulo de sais provenientes do incremento dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva e da menor absorção de nutrientes nestes tratamentos.

A reposição da lâmina evapotranspirada com uso de água salobra incrementou a CEsol em todos os tratamentos, a exceção do T1, no qual em ambas as vazões, constatou-se um pequeno decréscimo da CEsol ao longo do ciclo (Figuras 5A e 5B), em resposta a

reposição da lâmina evapotranspirada ter sido realizada com água de abastecimento ($0,2 \text{ dS m}^{-1}$) e daí, a medida que as plantas absorviam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, ocorria a diminuição da salinidade e, conseqüentemente, a redução da condutividade elétrica da solução. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Soares et al. (2010), Soares et al. (2013), Lira et al. (2015) e Soares et al. (2015) os quais também verificaram em suas pesquisas tendência de redução da CEsol ao utilizarem água de abastecimento para repor a lâmina evapotranspirada pelas culturas estudadas.

Os valores de pH da solução nutritiva (Figuras 5C e 5D), independentemente da vazão de aplicação desta solução, mantiveram-se na faixa em que a maioria dos nutrientes são disponibilizados adequadamente às plantas, já que variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 não afetam o desenvolvimento das plantas em sistemas hidropônicos, no entanto, em situações de acidez inferior a 4,0 poderá prejudicar a membrana das células, por outro lado, situações de alcalinidade acima de 8,0 poderá ocorrer deficiência de nutrientes (FURLANI et al., 1999).

Verifica-se, por meio da Tabela 2, que a exceção da variável eficiência no uso da água da biomassa seca da parte aérea EUA(f) no fator vazão, as salinidades das águas (CEa) e as vazões de aplicação das soluções nutritivas promoveram efeitos isolados sobre todas as demais variáveis estudadas. Quanto a interação dos fatores, verificou-se efeito significativo para a eficiência no uso da água da biomassa fresca da parte aérea EUA(f) e para a relação raiz parte aérea (rR/PA).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis eficiência no uso da água da biomassa fresca EUA(f) e seca EUA(s) da parte aérea, índice de produção da biomassa da parte aérea (IPBPA), relação raiz parte aérea (rR/PA), teor de água na parte aérea (TAPA) e teor de água na raiz (TAR).

Teste F						
F.V	EUA(f)	EUA(s)	IPBPA	rR/PA	TAPA	TAR
CEsol	31,0693**	22,5813**	14,9575**	208,7877 **	7,4018 **	6,6294 **
Vazão	45,7194**	3,6577 ns	19,2086**	102,2997 **	7,6569 **	26,0082 **
CEsol x Vazão	5,1667**	0,9884 ns	0,2505 ns	6,3622 **	0,1712 ns	0,9112 ns
CV (%)	10,9	13,8	3,62	4,54	4,19	3,32

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo.

Na Figura 6 observa-se a análise de regressão para a eficiência do uso da água da biomassa fresca na parte aérea (A) e eficiência do uso da água da biomassa seca na parte aérea (B). Verifica-se que a salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva reduziu linearmente a EUA(f) (Figura 6A) nas respectivas vazões aplicadas (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹). As reduções percentuais por incremento unitário da CE na EUA(f) registradas foram da ordem de 5,39 % na vazão de 1,5 L min⁻¹ e 11,07 % na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Na vazão de 1,5 L min⁻¹, no maior e no menor nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (5,5 dS m⁻¹) e (0,2 dS m⁻¹) a EUA(f) da cultura foi de 15,20 L⁻¹ e de 21,38 L⁻¹, respectivamente (Figura 6A). Por outro lado, na vazão de 2,5 L min⁻¹ no nível de salinidade (5,5 dS m⁻¹) essa EUA(f) foi reduzida para 8,52 L⁻¹, contudo, no menor nível de salinidade da água (0,2 dS m⁻¹) a EUA(f) obtido foi de 21,30 L⁻¹ (Figura 6A).

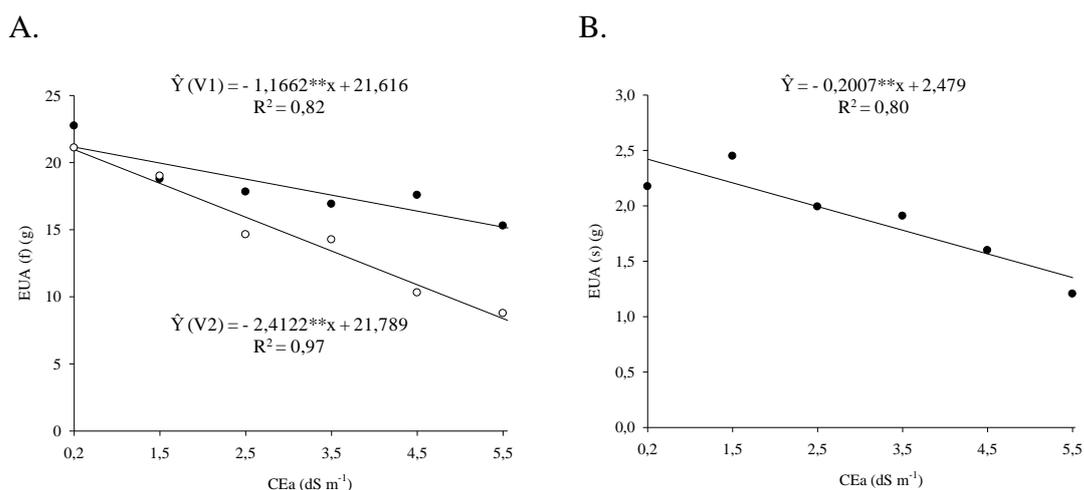


Figura 6. Eficiência do uso da água da biomassa fresca da parte aérea-EUA(f) (A) em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹ e V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução e, eficiência do uso da água da biomassa seca da parte aérea-EUA(s) (B) em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva.

Constata-se por meio da Figura 6B que houveram reduções percentuais na EUA(s) na ordem de 8,09% em função do incremento unitário da CEa. Contudo, no menor e no maior nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (0,2 dS m⁻¹) e

(5,5 dS m⁻¹), os valores obtidos para esta variável foram de 2,44 L⁻¹ e de 1,37 L⁻¹, respectivamente.

Partindo-se do pressuposto de que a eficiência do uso da água expressa a capacidade de produção de biomassa por determinada cultura em função do consumo de água, e, ou, volume aplicado, é o indicador que exerce influência no crescimento e na disponibilidade de água na planta, tornando-o indispensável para a otimização dos recursos hídricos. Neste sentido, o incremento salino para o preparo da solução nutritiva nas vazões estudadas, proporcionou reduções das EUA(f) e EUA(s) devido a diminuição relativa da evapotranspiração nas plantas submetidas a este estresse e conseqüentemente, implicou na redução da biomassa fresca e seca vegetal, sendo assim, comprometendo as eficiências.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para tais eficiências (EUA(f) e EUA(s)) corroboram com aqueles constatados por Santos Júnior et al. (2013) que cultivando girassol em sistema hidropônico sob estresse salino também obtiveram reduções para essas eficiências com o aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva. Da mesma forma, Silva et al. (2012) em cultivo de rúcula sob hidroponia submetida a diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva também encontraram reduções para a eficiência do uso da água da biomassa em detrimento do aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva.

Na Figura 7 observa-se a análise de regressão para o índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) (A) e relação raiz parte aérea (rR/PA) (B) da couve-flor cultivada hidroponicamente. Verifica-se de acordo com a análise de regressão aplicada aos dados que no maior nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (5,5 dS m⁻¹) o IPBPA obtido foi de 0,80 (Figura 7A), contudo, no menor nível de salinidade da água (0,2 dS m⁻¹) o IPBPA obtido foi de 0,90.

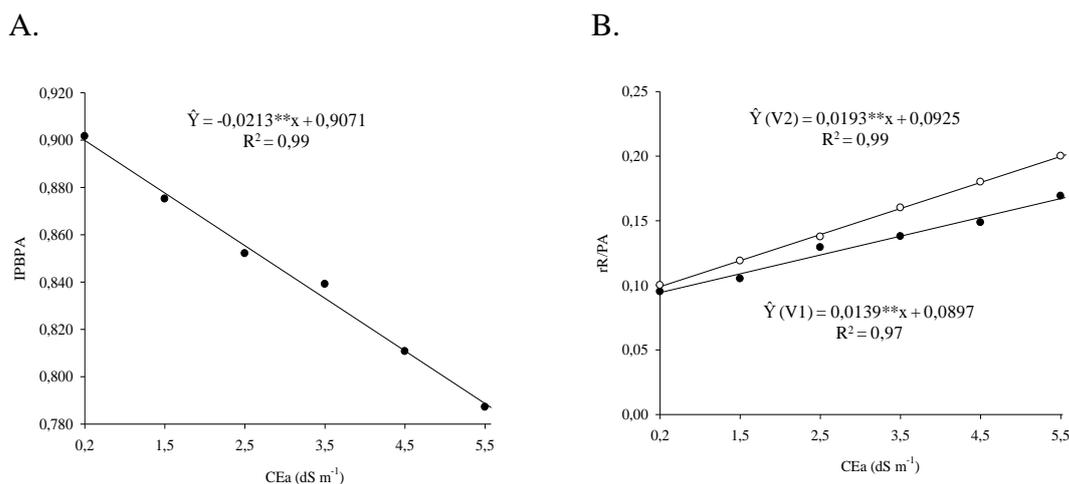


Figura 7. Índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA) (A) em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e, relação raiz parte aérea (rR/PA) (B), em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹) e V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução.

Em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva de (1,5 e 2,5 L min⁻¹) os valores obtidos para a variável IPBPA estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios do Índice de produção de biomassa da parte aérea em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Índice de produção de biomassa da parte aérea	
1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
0,863	0,825

De modo geral, os resultados obtidos assemelham-se àqueles encontrados por Gomes (2011) avaliando o crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização, verificou no presente estudo, reduções de biomassa vegetal em detrimento do incremento dos níveis de salinidade da água. Neste contexto, o estresse salino reduz o crescimento e desenvolvimento das plantas onde esta redução pode estar relacionado com os efeitos adversos do excesso de sais sob homeostase iônica relacionado com o balanço hídrico. Apesar de ter ocorrido esta redução, em sistemas hidropônicos observa-se maior tolerância da couve-flor a salinidade o que possibilita a utilização da água salina com menor risco de redução do índice de produção da biomassa.

De acordo com a Figura 7B, a rR/PA da cultura foi incrementada linearmente com o aumento dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva em ambas as vazões de aplicação da solução (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹), entretanto, constata-se que a vazão de aplicação de 2,5 L min⁻¹ foi a que proporcionou o maior valor para a relação. Verifica-se que houve o aumento percentual por incremento unitário da CEa na (rR/PA) da ordem de 15,5% na vazão de 1,5 L min⁻¹ e 21% na vazão de 2,5 L min⁻¹.

Na vazão de 1,5 L min⁻¹ e, no maior e no menor nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (5,5 dS m⁻¹) e (0,2 dS m⁻¹), os valores obtidos para a relação (rR/PA) foram de 0,166 e de 0,092, respectivamente (Figura 7B). Por outro lado, na vazão de 2,5 L min⁻¹ no nível de salinidade (5,5 dS m⁻¹) essa rR/PA foi incrementada para 0,198 contudo, no menor nível de salinidade da água (0,2 dS m⁻¹) a rR/PA obtida foi de 0,096.

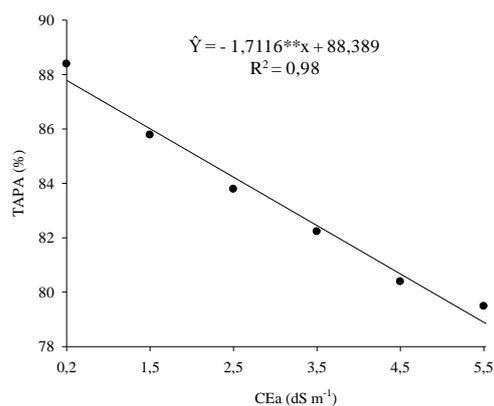
O aumento da relação raiz/parte aérea é importante na otimização no processo de absorção de água e nutrientes, uma vez que a salinidade ocasiona efeito de natureza osmótica e iônica, limitando o crescimento e desenvolvimento de plantas.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para a relação raiz parte aérea corroboram com aqueles encontrados por Carneiro et al. (2002) que estudando diferentes níveis de salinidade, em cinco clones de cajueiro anão-precoce, constataram acréscimos na relação raiz/parte aérea, com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, sendo o crescimento da parte aérea mais afetado pela salinidade da água de irrigação que o do sistema radicular.

Do mesmo modo, Silva et al. (2013) estudando a cultura da rúcula hidropônica sob salinidade também verificaram aumento da relação raiz parte aérea em progressão da salinidade. Silva Sá et al. (2015) em estudo no balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina, também verificaram aumento da relação raiz/parte aérea em função no aumento da salinidade. Ainda segundo os autores, a aumento da relação raiz parte aérea implica em redução do acúmulo de matéria seca.

Na Figura 8 observa-se a análise de regressão para o teor de água da parte aérea (A) e para o teor de água da raiz (B) em couve-flor hidropônica em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva e de vazões de aplicação deste solução.

A.



B.

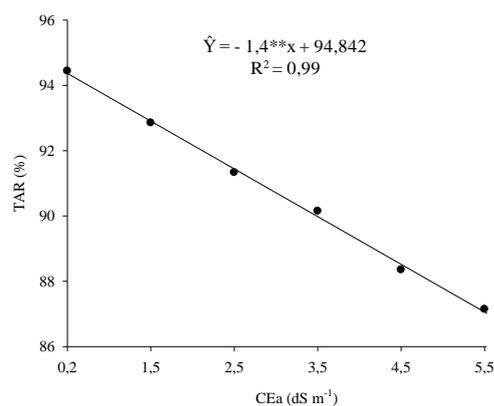


Figura 8. Teor de água na parte aérea (A) e na raiz (B), em função dos níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa) e de vazões (V1 = 1,5 L min⁻¹) e V2 = 2,5 L min⁻¹) de aplicação desta solução.

Verifica-se que (Figura 8A) no maior nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (5,5 dS m⁻¹) o teor de água obtido foi de 78,97%, contudo, no menor nível de salinidade da água (0,2 dS m⁻¹) esse teor de água obtido foi de 88,04%.

Em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva de (1,5 e 2,5 L min⁻¹) os valores obtidos (TAPA) estão representados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios do teor de água da parte aérea em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Teor de água na parte aérea (%)	
1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
84,74	81,94

Para o teor de água na raiz verifica-se que (Figura 8B) no maior nível de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (5,5 dS m⁻¹) o teor de água obtido foi de 87,14%, contudo, no menor nível de salinidade da água (0,2 dS m⁻¹) esse teor de água obtido foi de 94,56%.

Em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva de (1,5 e 2,5 L min⁻¹) os valores obtidos (TAR) estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios do teor de água da raiz em couve-flor sob hidroponia, em função das vazões de aplicação da solução nutritiva.

Teor de água na raiz (%)	
1,5 L min ⁻¹	2,5 L min ⁻¹
92,93	88,50

Partindo do princípio de que a planta é sensível ao estresse salino, ocorreu a queda dos teores de água devido aos tratamentos aplicados em consequência das interações no sistema de transporte de água e nutrientes na célula vegetal. Neste contexto, produtores que possui disponibilidade de água salobra e restrita disponibilidade de água de boa qualidade, resultados como o do presente trabalho, em hidroponia NFT, podem indicar a possibilidade de incremento da produção agrícola mediante a exploração da água salobra, agregando a vantagem do maior controle ambiental e a preservação da água de boa qualidade para as diversas finalidades.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para o teor de água da parte aérea corroboram com aqueles encontrados Silva et al. (2012) no cultivo de rúcula em sistema hidropônico sob rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE, onde os mesmos encontraram reduções no teor de água em detrimento do aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva.

CONCLUSÕES

1. O aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva aumentou a relação raiz parte aérea e reduziu a eficiência no uso da água da biomassa fresca e seca da parte aérea, teor de água da raiz e da parte aérea bem como o índice de produção de biomassa da parte aérea.

2. Os efeitos da salinidade nas variáveis estudadas foram mais acentuados na vazão de 2,5 L min⁻¹.

LITERATURA CITADA

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.

BARROS, A. H. C. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima**. Disponível: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/C%20ONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h68l5n4.html)>. Acesso em: 03/10/2016.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (Noções básicas). 2. Ed. FUNEP. 2003. 41p.

CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro anão-precoce sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 199-206, 2002.

COSME, C. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUZA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 499-504, 2011.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. in Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados, INCTsal – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p. 129-140, 2010.

FURLANI, P. R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 2, p. 777-778, 1999.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. 1.ed. Campinas: IAC, 1998. 30 p. Boletim Técnico, 168.

GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; 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, p. 1552-1560, 2016.

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, p. 850-856, 2011.

GOMES, M. A. C. **Efeito da salinidade sobre a biomassa, morfologia e fisiologia de *Salvinia auriculata* AUBL.** UENF, 2011. 90 p. Dissertação de Mestrado.

HOSSAIN, M. M; NONAMI, H. Effect of salt stress on physiological response of tomato fruit grown in hydroponic culture system. **Horticultural Science**, v. 39, p. 26-32, 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Norma Climatológica do Brasil 1961-1990.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: 28/09/2016.

JABRO, J. D; IVERSEN, W. M.; EVANS, R. G. Water use productivity of sugarbeet, malt barley, and potato as affected by irrigation frequency. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 1510-1516, 2012.

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, p. 497-505, 2015.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento.** In: Ferri, M. G. 1. Ed. Fisiologia vegetal. São Paulo: Universidade de São Paulo, v. 1, p. 331-350 1979.

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

REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. R. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, p. 624 - 634, 2013.

SILVA SÁ, F. V.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 435-440, 2013.

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

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; LIRA, R. M.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 319-326, 2011.

SILVA SÁ, F. V.; BRITO, M. E. B.; FERREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. A.; COSTA, F. B. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, v. 20, p. 544-556, 2015.

SILVA, A. O.; 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, p. 114-125, 2012.

SILVA, A. O.; SILVA, D. J. R.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, p. 147-155, 2011.

SILVA, F. V.; DUARTE, N. S.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 476-482, 2013.

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

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para a produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 705-714, 2010.

SOARES, T. M.; ALMEIDA, C. D. G. C.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Economic risk analysis of tomato irrigation using desalinated water by reverse osmosis. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p. 658-665, 2013.

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

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos. **Revista Agroambiente**, v. 7, p. 154-161, 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos na presente pesquisa com a cultura da couve-flor infere-se que o uso de água salobra para o preparo da solução nutritiva promoveu efeito deletério em todas as variáveis avaliadas, porém, os efeitos foram mais pronunciados na vazão de aplicação da solução nutritiva de $2,5 \text{ L min}^{-1}$.

Destaca-se que a pesquisa foi de fundamental importância por ter contribuído com dados científicos a respeito da sensibilidade da cultura cultivada com uso de águas salobras, no que tange as relações hídricas, as características morfofisiológicas e produtivas. Pôde-se, também, contribuir com critérios técnicos que foram capazes de evidenciar a viabilidade da utilização dessas águas salobras para a produção hidropônica da couve-flor, fato este de suma importância para os pequenos produtores da região Semiárida de Pernambuco por poder contribuir para a geração de renda.

Alguns estudos futuros podem ser idealizados a partir dos resultados obtidos na presente pesquisa, tais como: reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura com uso de água não salobra, utilização de outras cultivares de couve-flor; diferentes intervalos de fluxo da solução nutritiva; avaliação de outras vazões de aplicação da solução nutritiva e, avaliação da cultura em diferentes épocas do ano buscando averiguar se há diferença entre os tratamentos utilizados na atual pesquisa em relação às mudanças climáticas da área experimental.