

JOSÉ EUSTÁQUIO CAMPOS JÚNIOR

**SALINIDADE E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO
CULTIVO DA RÚCULA**

**Recife - PE
Fevereiro, 2017**

JOSÉ EUSTÁQUIO CAMPOS JÚNIOR

Agrônomo

**SALINIDADE E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO
CULTIVO DA RÚCULA**

Orientador: **D.Sc. José Amilton Santos Júnior**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de água e solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Recife - PE
Fevereiro, 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C198s Campos Júnior, José Eustáquio
Salinidade e estratégias de manejo da solução nutritiva
no cultivo da rúcula / José Eustáquio Campos Júnior. – 2017.
75 f. : il.

Orientador: José Amilton Santos Júnior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2017.
Inclui referências.

1. Rúcula - Cultivo 2. Água salobra 3. Hidroponia 4. Plantas -
Nutrição 5. Semiárido brasileiro I. Santos Júnior, José Amilton,
orient. II. Título

CDD 631

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Engenharia Agrícola
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JOSÉ EUSTÁQUIO CAMPOS JÚNIOR

**SALINIDADE E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA SOLUÇÃO
NUTRITIVA NO CULTIVO DA RÚCULA**

BANCA EXAMINADORA:

PARECER

D.Sc. José Amilton Santos Júnior (UFRPE) – Orientador

D.Sc. Ênio Farias de França e Silva (UFRPE) - Examinador interno

D.Sc. Alexandre Nascimento dos Santos (IFPE) - Examinador externo

Fevereiro - 2017

A minha avó, Olívia (*In memoriam*), a minha mãe, Ivalda, e a meu pai, José Eustáquio (*In memoriam*), pessoas relevantes para a construção do homem que sou. A estes, atribuo a razão da minha busca por uma sabedoria plena.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A minha avó, Olívia, por ter acolhido a mim e minha mãe e nos ter demonstrado o verdadeiro amor justamente na iminência dos nossos problemas.

A minha mãe, por me ensinar o significado das virtudes existentes, sobretudo por suas palavras me reerguerem dos meus momentos mais escuros.

A meu pai, homem destemido, cuja coragem e força foram protagonistas do caminho traçado para sua família.

A minha avó, Nevinha, mulher forte, cuja força transmuta-se em um amor imenso por sua família.

A Tia Tereza, Tio Erickson, Matheus e Sofia, pessoas as quais me ensinaram a essência de uma família; além de me acolherem com o maior carinho possível.

A minha família, por ser uma fonte de força e contribuições para minha jornada.

A Mateus e Neto, amigos que me ajudaram a adquirir a ânsia do conhecimento, justo quando necessitei; amigos, estes, os quais me inspiro pessoal e profissionalmente.

A Caio e Ravi, amigos e parceiros de treino inestimáveis que me ajudam e me divertem através de boas conversas.

A Diassis, amigo admirável, o qual me ensinou muito sobre a vida, além de ser um profissional excelente.

A Caíque, Jankly, Jorge, Klefson, Laércio, Marcos Vinícius, Paulo, Paulinho, Roberto, Vitor (Sociedade do Lacrau), pela amizade firme existente nesse grupo.

A meu orientador, Prof. D. Sc. José Amilton Santos Júnior, pela demonstração exímia de ética, conhecimento e acolhimento.

A equipe de Hidroponia no Semiárido Brasileiro (Fernando, Juliana, Victor, Aderbal, Matheus, Brinaldo, Gabriela), por todo o apoio e amizade que me forneceram durante este trabalho.

Aos amigos que fiz no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus – Recife, que me acolheram e auxiliaram com paciência.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos ensinamentos e pelas contribuições que me forneceram.

Ao CNPQ pelo fomento ao desenvolvimento da pesquisa realizada.

Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	10
1.1.Introdução.....	10
1.2. Objetivo.....	12
1.2.1. Objetivo geral	12
1.2.2. Objetivo específico	12
1.3.Hipóteses.....	13
1.4. Referências Bibliográficas.....	14
CAPÍTULO II – ESTADO DA ARTE	16
2.1. Semiárido Brasileiro	16
2.1.1. Aspectos gerais	16
2.1.2. Caracterização climática do Semiárido Brasileiro	17
2.1.3. Recursos hídricos no Semiárido Brasileiro	17
2.1.4. Caracterização dos solos do Semiárido Brasileiro	18
2.1.5. Características da vegetação do Semiárido Brasileiro	19
2.1.6. Aspectos econômicos no contexto das comunidades difusas do Semiárido Brasileiro	20
2.1.7. Aspectos sociais	22
2.2. A cultura da rúcula (<i>Eruca sativa</i> L.)	23
2.2.1. Descrição geral da cultura	23
2.2.2. Aspectos morfológicos e fisiológicos	24
2.2.3. Exigências nutricionais	24
2.2.4. Necessidade hídrica e eficiência do uso da água	25
2.2.5. Importância econômica	26
2.3. Sistemas de Cultivo Hidropônico	26
2.3.1. Princípio ativo da hidroponia	26
2.3.2. Principais sistemas hidropônicos	27
2.3.3. Hidroponia de baixo custo.....	30
2.3.4. Soluções nutritivas	31
2.4. Efeitos dos sais sobre as plantas	32

2.4.1. Efeito osmótico	32
2.4.2. Toxicidade por íons específicos	32
2.4.3. Tolerância das culturas à salinidade	33
2.4.4. Aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos	33
2.5. Referências Bibliográficas	35
CAPÍTULO III - TRABALHOS REALIZADOS.....	43
III.1. Estratégias de uso da água salobra nas relações hídricas da rúcula cultivada em sistema hidropônico.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	47
Conclusão.....	55
Agradecimentos.....	55
Referências Bibliográficas.....	56
III.2. Produção de rúcula em hidroponia de baixo custo sob estratégias de uso da água salobra.....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos.....	62
Resultados e Discussão.....	64
Conclusão.....	73
Referências Bibliográficas.....	74
CAPÍTULO IV - CONCLUSÃO GERAL.....	78

RESUMO

No cenário de escassez de recursos hídricos compatíveis com a irrigação, a única e por vezes, limitada oferta hídrica para este fim em comunidades difusas pelo Semiárido Brasileiro, são as águas salobras, cujo uso agrícola não pode prescindir de tecnologia compatível com a realidade local, inclusive quanto ao baixo custo. Dessa forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar estratégias de manejo de soluções nutritivas preparadas em águas salobras, no cultivo da rúcula (cv. Folha larga) em hidroponia de baixo custo, cujo foco principal é o uso em comunidades difusas pelos Semiárido Brasileiro. Para tal, foram realizados dois experimentos nos quais foram testados a utilização de seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) e duas frequências de circulação da solução (2 e 3 vezes ao dia, a saber, às 8 e às 16 horas e às 8, 12 e 16 horas), porém, no Experimento I a reposição da lâmina evapotranspirada foi feita com a respectiva água salobra usada no preparo da solução nutritiva e no Experimento II as águas foram repostas com água de abastecimento (0,12 dS m⁻¹). Estes tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Através disso, verificaram-se menores perdas nas relações hídricas e na produção de biomassa da parte aérea na rúcula, quando se adotou reposição com água de abastecimento, além disso, o consumo e a eficiência do uso da água foram reduzidos pelo incremento salino, independentemente da estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada testada. Tanto para reposição com água de abastecimento e com água salobra, o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou diminuição na produção de biomassa fresca e seca, no percentual de massa seca e nas variáveis biométricas das plantas. O aumento da frequência de circulação não influenciou as variáveis biométricas, no entanto, sob maior frequência de circulação a planta priorizou o desenvolvimento da biomassa da parte aérea em detrimento da raiz.

Palavras-chaves: Semiárido Brasileiro; Água salobra; Hidroponia de baixo custo.

ABSTRACT

The presence of brackish water in the Brazilian semi-arid, which is used for the diffuse communities, requires that the reduced cost allows the use of the resource for the cultivation of vegetables commonly used in the region. Thus, the objective of this work was to evaluate the management of nutrient solutions prepared in brackish waters, aiming to validate the cultivation of rocket (cv. Folha larga) in low cost hydroponics, whose main focus is the use in diffuse communities by the Brazilian semi - arid. To do this, two experiments were carried out in which the use of six salinity levels of the nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 dS m⁻¹) and two circulation frequencies (2 and 3 times a day, namely at 8 and 16 hours and at 8, 12 and 16 hours), but in Experiment I, the evapotranspiration was replaced with the brackish water used in the preparation of the nutrient solution and in Experiment II the water was filled with water (0.12 dS m⁻¹). These treatments were distributed in a completely randomized experimental design, analyzed in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. In this way, there were lower losses in the hydric relations and in the biomass production of the aerial part of the rocket, when it was replaced with water supply, in addition, the consumption and the efficiency of water use were reduced by the saline increment, independently of the strategy of replacement of the evapotranspirated sheet. Both for replenishment with water supply and brackish water, the increase gives electrical conductivity of the nutritive solution provided a decrease in the production of flesh and dry biomass, in the percentage of dry mass and in the biometry of the plants. The increase in the frequency of circulation did not influence the biometric variables, however, under a higher frequency of circulation the plant prioritized the development of the biomass of the aerial part in detriment of the root.

Keywords: Brazilian Semi-Arid; Brackish water; Low cuts hydroponics.

CAPÍTULO I – Considerações gerais

1.1. INTRODUÇÃO

Dentre as principais características do Semiárido brasileiro que limitam a produção agrícola menciona-se, a precipitação, tais como a precipitação pluviométrica entre 280 e 800 mm, além da variabilidade espaço-temporal de chuvas, temperaturas elevadas (mínimas acima de 15° C e máximas de 40°C) e déficit hídrico, considerando que o potencial da evapotranspiração é maior do que a precipitação (Araújo, 2011; Santos et al., 2014).

Tais fatores denotam a importância do desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias que visem tornar menos dificultosa a convivência do agricultor familiar nesta região do Brasil, local em que se exige maior capacidade de adaptação da prática agrícola a problemas diversos, dentre estes a lida com o uso agrícola de águas salobras; destarte, apesar da irrigação ser uma das alternativas para agricultura nestas condições hidroclimáticas, as consequências ao ambiente e à produção agrícola decorrentes do uso inadequado de águas salobras são desastrosas, por outro lado, a prática da irrigação em comunidades difusas é limitada pelo acesso à tecnologia, a água e a assistência técnica.

Neste cenário, uma das possibilidades de modelo agrícola é o uso da hidroponia, isto por que a influência do potencial mátrico é mínima, condicionando o potencial total, praticamente, ao potencial osmótico (Soares et al., 2007); neste viés, diversas pesquisas (Alves et al., 2011; Dantas, 2012; Dias et al., 2010; Maciel et al., 2012; Paulus et al., 2010; Santos et al., 2010; Santos Júnior et al., 2011; Soares et al., 2010) enaltecem a viabilidade técnica do cultivo hidropônico demonstrando ser este um sistema eficaz para o uso de águas salobras.

Não obstante, ainda são incipientes os estudos que abordem estratégias de manejo e/ou reposição da solução nutritiva, por ocasião do aproveitamento de águas salobras, especialmente associado a técnicas já estudadas como a frequência da circulação (Santos Júnior et al., 2011), isto por que a partir da circulação ocorre a oxigenação da solução nutritiva, essencial para otimização de boas condições para que haja respiração das raízes da planta, sendo esse um fator importante quando considerado baixos níveis de oxigênio (O₂) na solução nutritiva (Luz, 2008).

Em linhas gerais, a abordagem em torno da viabilização da produção agrícola em comunidades difusas, de forma inequívoca, também deve abranger a produção de culturas

importantes para este público alvo, como é o caso do cultivo de hortaliças, a exemplo da rúcula (*Eruca sativa*), que é praticada em pequenas propriedades familiares, tanto como atividade de subsistência quanto em finalidade da comercialização do excedente agrícola em pequena escala (Montezano & Peil, 2006).

A rúcula é uma das hortaliças folhosas produzidas no Brasil via hidroponia, por possuir ciclo curto, apresentar rico conteúdo nutricional (K, S, Fe, proteínas, vitaminas A e C), alta produção por área e ampla aceitabilidade pelo mercado consumidor, além disso, o cultivo hidropônico de rúcula possibilita uma produção em condições ambientais mais amenas quanto em condições de temperatura e salinidade mais altas pode, ao ser manejado de forma eficiente quanto à vazão da solução, favorecer acréscimos em produtividade da cultura (Amorim et al., 2007; Genúnico et al., 2011)-

Assim, uma opção para o cultivo hidropônico de hortaliças como a rúcula, nas condições supramencionadas é a adaptação do princípio ativo da hidroponia a sistemas de baixo custo, cuja utilização seja acessível aos produtores de comunidades difusas pelo Semiárido Brasileiro (Dias et al., 2010).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar o uso de estratégias de manejo da solução nutritiva preparada com águas salobras, baseadas na frequência de circulação e na salinidade da água utilizada na reposição da lâmina evapotranspirada da solução nutritiva, sobre as relações hídricas e a produção da rúcula (cv. Folha larga) em hidroponia de baixo custo, com foco de aplicação em comunidades difusas pelo Semiárido Brasileiro

1.2.2. Objetivos específicos

(i) Verificar as relações hídricas, consumo e eficiência do uso da água das plantas de rúcula (cv. Folha larga) em função da salinidade e estratégia de manejo da solução nutritiva.

(ii) Analisar os componentes de produção das plantas de rúcula (cv. Folha larga) em função da salinidade e estratégia de manejo da solução nutritiva.

1.3. HIPÓTESES

(i) É viável tecnicamente a utilização da hidroponia de baixo custo com aproveitamento de águas salobras, visando a produção da rúcula em comunidades difusas do Semiárido Brasileiro;

(ii) As plantas de rúcula sob reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento apresentarão maior produção em relação às plantas sob reposição com água salobra;

(iii) O aumento da frequência de circulação da solução nutritiva reduzirá o efeito deletério da salinidade sobre parâmetros de produção e relações hídricas da rúcula.

1.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorim, H. C.; Henz G. P.; Mattos L. M. Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Hortaliças**. v. 34, p. 1-13, 2007.

Araújo, S. M. S. A Região semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE**. v. 5, p. 89-98, 2011.

Alves, F. A. L.; Ferreira-Silva, S. L.; Silveira, J. A. G.; Pereira, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 6, p. 602-608, 2011.

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

Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Souza Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 755-761, 2010.

Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Souza Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 755-761, 2010.

Genuncio, G.C.; Silva, R.A.C.; Sá, N.M.; Mary, W.; Zonta, E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 29. p. 605-608, 2011.

Luz, G. L. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2008.

Maciel, M. P.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Rezende, E. P. L.; Oliveira, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16, p. 165-172, 2012.

Montezano, E. M.; Peil, R. M. N. Sistemas de consórcio na produção de Hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**. v. 12, p. 129-132, 2006.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 28, p. 29-35, 2010.

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.

Santos, C. F.; Siqueira, E. S.; Araújo, I. T.; Maia, Z. M. G. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. **Revista Ambiente & Sociologia**. v. 17, p. 33-52, 2014.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Guedes Filho, D. H.; Dias, N. S.; Soares, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, p. 842-849, 2011.

Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N.; Mélo, R. F.; Jorge, C. A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Revista Irriga**. v. 12, p. 235-248, 2007.

Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 705-714, 2010.

CAPÍTULO II – Estado da arte

2.1. Semiárido Brasileiro

2.1.1. Aspectos gerais – Área e delimitação geográfica do Semiárido Brasileiro

O Ministério da Integração (MIN) estabeleceu, em 2005, uma nova delimitação para o Semiárido Brasileiro (Figura 1) tendo como base a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; o índice de acidez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico e o risco de seca maior que 60% (MIN, 2009). Essa nova caracterização abrange nove estados brasileiros (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e o norte de Minas Gerais), e abrange uma extensão territorial de 980.133,079 km² (Brasileiro, 2009).

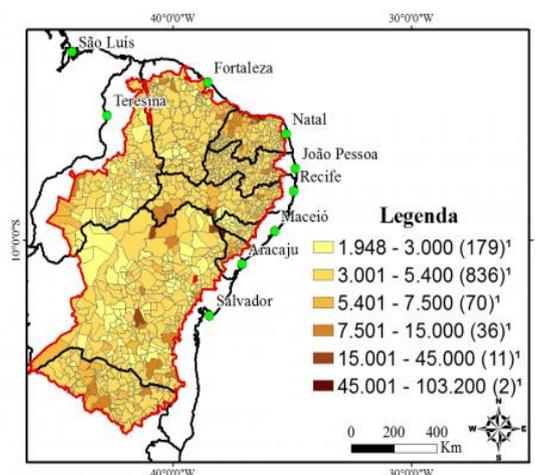


Figura 1. Buainain & Garcia (2013), com base em IBGE (2008a, 2011).

Nota: o valor entre parênteses refere-se ao número de municípios.

O Semiárido Brasileiro trata-se de uma área geográfica, comumente denominada de sertão, caracterizada por apresentar baixa pluviometria (precipitação média anual inferior a 800 mm) com chuvas irregulares, porém, mesmo com deficiência hídrica acentuada, essa região dispõe do maior número de açudes do mundo (Freitas & Sousa, 2009). Neste espaço do Brasil, levando em consideração a dimensão territorial das grandes regiões, o Nordeste apresenta 56,46% de seu território na porção Semiárida, o Sudeste apresenta 11,09% e o País alcança os 11,53%. Dentro dos estados anteriormente citados, a região Semiárida do Brasil contabiliza 1.135 municípios distribuídos assimetricamente (Medeiros, 2012). Os 1135 municípios, totalizam uma extensão

territorial de 980,133,079 km², com uma população de 23,846,982 habitantes, representando aproximadamente 12% da população brasileira (INSA, 2014).

2.1.2. Caracterização climática do Semiárido brasileiro

Essa região apresenta, em boa parte do seu domínio, chuvas com menos de 800 mm anuais, concentradas e distribuídas irregularmente em três meses consecutivos no período de novembro a junho (verão ou verão-outono), (Araújo, 2011). Há também uma variação diminuta da média anual de temperatura, em torno de 26° C tendo um desvio médio de 5°C com variações diárias de 5 a 10°C, porém ocorre uma redução acima de 500 m das serras e chapadas (Moura et al., 2007); menciona-se também o fato de possuir uma umidade relativa média de 50% e seu período de insolação atinge 2800 h/ano.

O Semiárido Brasileiro também está sujeito a fortes irregularidades climáticas, além de fortíssima e invariável evaporação, possuindo evapotranspiração potencial (ETP) entre 1500 mm/ano e 2000 mm/ano, pela qual se estende entre seis a sete meses havendo a combinação de aridez sazonal (Santos et al., 2010); redundando no corte da drenagem e aprofundamento generalizado dos lençóis d'água; rios perdendo correnteza pela eventual alimentação dos lençóis ao invés de por eles serem alimentados (Alves, 2009; Andrade-Lima, 1981; Ab'sáber, 1990; Menezes & Sampaio, 2000; Salcedo & Sampaio, 2008; SUDENE, 1985).

2.1.3. Recursos hídricos no Semiárido Brasileiro

No Semiárido Brasileiro, das 24 unidades hidrográficas de planejamento (bacias integradas), com área total de 1.429,900 km², 19 são compostas por rios intermitentes sazonais, viabilizando uma superfície de 837.700 km² (Filho et al., 1994). Nessa mesma região, existem 453 reservatórios (excetuando os reservatórios de Xingó, Sobradinho, Moxotó, Itaparica, Paulo Afonso I, II, III e IV) os quais totalizam uma capacidade máxima de armazenamento de 40,26 mil m³ de água (Medeiros et al., 2015). Em relação aos mananciais existentes no Semiárido Brasileiro, 47% dos reservatórios possuem capacidade de armazenamento de 10,00 hm³; 40% com 10,01 a 100,00 hm³; 6% com 100,01 a 250,00 hm³; 4% com 250,01 a 500,00 hm³; 1% com 500,01 a 750,00 hm³; 2% acima de 750,00 hm³ e 6 reservatórios operados pelo sistema elétrico (Tabela 1).

Tabela 1. Infraestrutura hídrica do Semiárido brasileiro

Semiárido	Número de reservatórios monitorados ⁽¹⁾	Capacidade (hm ³) ⁽²⁾
Alagoano	21	60
Baiano	34	8.714
Cearense	132	17.928
Mineiro	1	750
Paraibano	109	3.578
Pernambucano	69	2.532
Piauiense	22	2.306
Potiguar	55	4.374
Sergipano	10	21
Total	453	40.263

Fonte: ANA/AESA/APAC/COGERH-FUNCEME/INEMA/DNOCS e SEMARH-RN

⁽¹⁾ Não foram incluídos os reservatórios operados pelo sistema elétrico (Xingó, Sobradinho, Moxotó, Itaparica, Paulo Afonso I, II, III, IV).

⁽²⁾ Capacidade equivalente: somatório dos volumes máximos de água que cada reservatório pode armazenar.

A disponibilidade hídrica dos principais reservatórios do Semiárido Brasileiro oscila entre 20 e 50% da vazão do afluente, além de a vazão não regularizada (de 80 a 50%) ser geralmente evaporada e/ou vertida (Gheyi, 2012). Sendo que nessa região as bacias possuem a lâmina de água com apenas 7% daquela disponível em bacias tropicais úmidas (Araújo & Piedra, 2009).

Por outro lado, uma quantidade considerável da água é encontrada no subterrâneo, todavia, encontra-se água com teor elevado de sais; boa parte dessa região é constituída de 80% de rochas cristalinas, havendo, assim, predominância de água com teor elevado de sais captadas em poços de baixa vazão: da ordem de 1 m³ h⁻¹ (Cirilo et al., 2010). Considerando que a utilização dessas águas seja para o dessedentamento humano ou para a irrigação, há uma problemática, isto é, a elevada concentração de sais nelas contida, uma vez que as regiões das rochas cristalinas do Semiárido Brasileiro possuem teores de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas superam os 2.000 mg L⁻¹ em 75 % dos casos (Rebouças, 1999).

2.1.4. Caracterização dos solos do Semiárido Brasileiro

No Semiárido Brasileiro, segundo classificação da EMBRAPA, há ocorrência de diversos tipos de solos, sendo os principais: Argissolos; Latossolos; Luvissolos; Neossolos; Neossolos litólicos; Neossolos Quartzarênicos; Planossolos; Vertissolos (Figura 2), (EMBRAPA, 2006).

Dentre os solos existentes, quatro ordens de solo (Latosolos, 19%, Neossolos Litólicos, 19%, Argissolos, 15% e Luvisolos, 13%) ocupam 66% da área sob caatinga, embora estejam espacialmente fracionadas. Seja por limitações de fertilidade, de profundidade do perfil, ou de drenagem e elevados teores de Na trocável, alguns desses solos apresentam baixo potencial produtivo (Cunha et al., 2008; Salcedo & Sampaio, 2008).

Os Latossolos e Argissolos ocupam 36% dessa região, enquanto os Planossolos e Neossolos Regolíticos ocupam uma área conjunta de 8% (Giongo et al., 2011).

De um modo geral o Semiárido Brasileiro é caracterizado principalmente pela predominância de rochas cristalinas e de áreas sedimentares, sendo encontradas áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos (Cunha et al., 2010).



Figura 2. Mapas de solos para o Brasil, na escala de 1:5,000,000. (EMBRAPA, 2014).

2.1.5. Características da vegetação do Semiárido Brasileiro

Partindo do pressuposto que o semiárido é constituído predominantemente pelo bioma Caatinga, sua vegetação é considerada estépica (Loiola et al., 2012).

A Caatinga apresenta um domínio ecogeográfico que ocupa uma área a cerca de 750.000 Km² sob as latitudes subequatorial entre 2° 45' e 17° 21' Latitude Sul e engloba partes dos territórios pertencentes aos estados do, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais, além do Maranhão, que não pertence ao semiárido (Loiola et al., 2012). Essa vegetação

possui área correspondente à 54% da Região Nordeste e a 11% do território brasileiro constituindo o chamado Polígono das Secas (Alves et al., 2009).

Por causa de fatores climáticos, edáficos, topográficos e antrópicos a cobertura vegetal dessa região apresenta formações xerófilas bastante diversificadas (Alves et al., 2009). Juntamente a essas formações vegetais dominantes, são encontradas florestas dos relevos (florestas perenifólias e subperenifólias dos brejos de altitude e encostas expostas aos fluxos úmidos de ar e de florestas semi-decíduas), além de florestas ripárias e os cerrados (Alves et al., 2009).

2.1.6. Aspectos econômicos e agricultura familiar da região Semiárida do Brasil

O produto interno bruto da região semiárida do Brasil no ano de 2011 totalizou cerca de R\$ 147,3 bilhões, sendo que 9,2% derivam-se da agropecuária, 18,19% da indústria e 64,2% dos serviços gerais (administração, saúde, educação públicas e seguridade social) e os impostos líquidos de subsídios, sobre produtos a preços correntes, contribuíram com 7,7% deste total, apresentando um PIB per capita de R\$ 6.520,35; ou seja, resultado 67,01% menor que do Brasil (R\$ 19.763,93) e 31,81% menor que o da região Nordeste (R\$ 9.561,41); sendo que 87,84% dos municípios do Semiárido possuíram um PIB inferior a R\$ 6.520,35 (INSA, 2011).

O Semiárido Brasileiro, em 2006, contabilizou 1,7 milhões de estabelecimentos agropecuários, distribuídos em 49,5 milhões de hectares, sendo ocupado 89% pela agricultura familiar e 11% agricultura não familiar, a área dos estabelecimentos agropecuários não familiares (151 ha) era 11 vezes maior que a da agricultura familiar (14 ha), esses estabelecimentos contribuíram com 31% do valor total da produção agrícola do Semiárido, estando ocupadas 5,2 milhões de pessoas. Do outro lado, 40 mil estabelecimentos com mais de 200 hectares foram responsáveis por 14% do valor da produção (IBGE, 2006).

Em 2008 o Produto Interno Bruto Municipal (PIB-M) do Semiárido Brasileiro foi, a preços correntes de R\$ 115,7 bilhões (3,8% do PIB brasileiro), apresentando um PIB per capita de R\$ 5,4 mil, ou seja, 66,03% menor do que o do Brasil (R\$ 15,9 mil) (Buainain & Garcia, 2013). Os mesmos autores ainda ressaltam que a distribuição espacial do PIB-M per capita revelou que 1.015 municípios se encontram abaixo do PIB per capita estimado para a Região Nordeste (R\$ 7.500).

O PIB do Nordeste brasileiro, onde se encontra boa parte do Semiárido Brasileiro, possui uma parcela dirigida pelo agronegócio familiar, e de acordo com Guilhoto et al.

(2007), no Nordeste o agronegócio familiar possui fundamental importância sobre o PIB do agronegócio (Insumos, pecuária, agroindústria e distribuição). Esse autor ainda ressalta que o sistema familiar agropecuário patronal (setor agrícola 16% e pecuário 9%), possui participação no agronegócio familiar menor do que o sistema do setor agropecuário familiar em si (setor agrícola 18% e pecuário 15%).

No Nordeste brasileiro a agricultura familiar possui 2,0 milhões de estabelecimentos familiares que produzem 17,0% do valor bruto da produção nacional e 43,0% do valor bruto da produção regional, embora fiquem com apenas 14,0% e 26,8% dos valores respectivos dos financiamentos (Bittencourt & Di Sabbato, 2000).

A partir de dados fornecidos pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômica (Fipe), Tavares, (2005) demonstram que o PIB do agronegócio familiar nacional, gerou em 2003, cerca de R\$156 bilhões, correspondente a 10,1% do PIB nacional, tendo a agropecuária familiar obtido, um PIB 55,6 bilhões, ou 3,6% do PIB nacional. No mesmo ano, os PIBs gerados pelo agronegócio e pela agropecuária do segmento patronal corresponderam, respectivamente, a 20,5% e 5,7% do PIB nacional, dados os quais mostram a relevância da agricultura familiar para o PIB do Brasil (Silva & Guimarães Filho, 2006).

Através de dados fornecidos pelo censo agropecuário do IBGE (2006) a agricultura familiar, participou com 37,9% do valor bruto da produção, além de absorver apenas 25,3% do financiamento total (Sousa e Targino, 2009). Levando em consideração o valor bruto da produção na região do Nordeste, onde se encontra maior parte do Semiárido Brasileiro, pequenos estabelecimentos geram 43,5% e adquirem 26,8% do financiamento total (Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000). É a região que apresenta a menor área média por estabelecimento na agricultura familiar, com menos de 20 hectares, demonstrando as menores rendas médias por estabelecimento, um valor de aproximadamente R\$ 1.159,00 (Sousa & Targino, 2009).

Através dos recursos fornecidos à agricultura familiar pelos programas governamentais, infere-se relevância desse tipo de agricultura no PIB brasileiro, pois o setor demonstra-se importante no contexto de produção de alimentos e geração de renda para a população, além disso, abastece o mercado interno, produzindo uma variedade de produtos utilizados pela população (Ramos, 2014).

Sobretudo, a agricultura familiar destaca-se com o cultivo de hortaliças, que disponibiliza um retorno financeiro imediato, auxiliando outras áreas de produção da propriedade; ademais fornece matéria-prima para consumo local, sendo que a maioria dos

produtos constituintes da cesta básica tem procedência da agricultura familiar (Nascimento, 2008).

A agricultura familiar expressa números importantes para o mercado brasileiro, apresentando-se relevante na produção de mandioca (87%), feijão fradinho (83%), feijão preto (77%), leite de cabra (67%), suínos (59%), leite de vaca (58%), café conilon e robusta (55%), feijão de cor (54%) e aves (50%) e participa com relevância da produção de milho (46%), café arábica e arroz (34%) e bovinos (30%) (CAISAN, 2011).

2.1.7. Aspectos sociais

Em relação aos aspectos sociais do Semiárido Brasileiro, atualmente existem 23.846,982 habitantes, sendo que 62% na área urbana e 38% na rural, equivalendo a 42,44% e 11,76% da população do Nordeste e do país, respectivamente; a população do Semiárido cresceu 5,24% de 2011 a 2014, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Entre 1991 e 2000, a população total cresceu 8,62%, mas o crescimento urbano chegou a 26,48%; enquanto a população rural decresceu 8,16% (Silva, 2007).

Mais da metade (58%) da população pobre do país vive nessa região, além de 67,4% das crianças e adolescentes no Semiárido serem afetados pela pobreza, sendo que quase nove milhões de crianças e adolescentes não possuem acesso aos direitos humanos e sociais mais básicos, e aos elementos necessários para o desenvolvimento (UNICEF, 2011).

Sendo assim, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) no Semiárido apresenta 60,9% dos seus municípios, variando de muito baixo a baixo, sendo distribuído em 0,62% muito baixo, 59,47% baixo, 39,21% médio e 0,70% alto; envolvendo 9.230.056 habitantes. Partindo dessa premissa, todos os municípios dessa região possuem tal índice, inferior à média nacional (0,727) e apenas 8 municípios dessa região possuem IDHM considerados altos, representando apenas 1.677.218 habitantes do semiárido residindo nesses municípios (INSA, 2010).

Essa região possui os mais baixos indicadores sociais do país, além de economia atrasada, exceto por alguns polos de desenvolvimento isolado (Araújo & Lima, 2009). Esses autores indicam que no Semiárido, o principal foco dos empregos públicos está sob o cargo de funcionário público (93%), o que demonstra falta de opções quanto a empregos nessa região; em 2005, foram atribuídos, no Semiárido Nordestino, 45 e 42,5% de

empregos públicos e massa salarial, respectivamente; além disso, dá-se ênfase ao salário público médio dessa região, que era apenas 29% da média nacional, tendo um aumento significativo de 10% em 2005.

2.2. A cultura da Rúcula (*Eruca sativa* L.)

2.2.1. Descrição geral da cultura

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é originária do Mediterrâneo e da Ásia Ocidental, foi introduzida no Brasil através dos imigrantes italianos e é bastante consumida nas regiões sul e sudeste brasileiro, onde há grande comunidade destes imigrantes e seus descendentes; trata-se de uma olerácea medicinal, que possui ciclo curto (30 a 35 dias), com muitas propriedades, tais como: digestiva, diurética, estimulante, laxativa e anti-inflamatória, além de ser fonte de ferro, vitaminas A e C; também é conhecida como mostarda persa, agrião mostarda ou pinchão, apresenta folhas de sabor picante as quais são usadas cruas em saladas, normalmente em misturas com outras hortaliças de folhas. (Sedyama et al. 2007; Filgueira, 2008; Costa et al., 2014).

Em tempo, também se destaca entre as hortaliças folhosas pela sua composição, com altos teores de potássio, enxofre e pelo sabor picante e odor agradável; seu cultivo concentra-se principalmente entre médios e pequenos produtores, o que lhe confere importância socioeconômica (Filgueira, 2008; Neta et al., 2013).

No Brasil, o sul e sudeste possuem maior importância quanto ao consumo, pois teve intensa colonização italiana, todavia há um crescente consumo em outras regiões do país; especificamente no Rio Grande do Norte, essa hortaliça vem sendo cultivado por pequenos agricultores que se utilizam da produção orgânica com auxílio de fonte de adubo como os esterco bovino e caprino (Silva et al., 2008; Linhares et al., 2014).

Atualmente a rúcula vem ocupar maior espaço no mercado consumidor, sendo consumida, principalmente como salada crua, essa cultura se diferencia de outras saladas comumente conhecidas pelo sabor característico; dados recentes da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP, 2011), apresentam preço da rúcula na casa dos R\$ 4,37 kg⁻¹, superando o valor pago às principais folhosas comercializadas. (Purqueiro & Tivelli, 2006; CEAGESP, 2011)

2.2.2. Aspectos Morfológicos e Fisiológicos

Botanicamente a rúcula (*Eruca sativa* L.) trata-se de uma espécie pertencente à família Brassicaceae e do gênero *Eruca*, é uma hortaliça herbácea, de porte baixo; suas folhas são a parte comestível e comercial, suas folhas são relativamente espessas e subdivididas, apresentando cor verde-clara a verde-escura, forma alongada, tenra; essa cultura se desenvolve bem em condições de clima ameno, solos férteis e boa disponibilidade de água durante todo o desenvolvimento vegetativo (Gonzalez et al., 2006; Filgueira, 2008).

Além disso, quando considerado as várias possibilidades de sistemas de cultivos que podem ser aplicadas, há variações nos valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis intrínsecos à essa cultura (Vasconcelos et al., 2011). Quando há ocorrência de suprimento inadequado, devido ao desequilíbrio iônico intrínseco ao excesso dos íons sódio (Na^+) e Cloro (Cl^-), e um determinado efeito osmótico há redução da biomassa fresca (Tester; Davenport, 2003).

A rúcula é afetada pelos efeitos depressivos da salinidade sobre seu desenvolvimento, porém, a magnitude do efeito depressivo é variável em decorrência do tipo de sistema de cultivo, demonstrando assim a necessidade de estudos para determinar o efeito do estresse salino na cultura da rúcula cultivada em substrato (Silva et al., 2008; Silva et al., 2011; Santos et al., 2012).

Existem variações entre espécies, em genótipos de uma mesma espécie e até dentro de um mesmo genótipo, dependendo de seu estágio de desenvolvimento, quando levado em consideração a proporção do estresse salino sob as plantas (Taiz & Zeiger, 2009); atualmente existem estudos os quais caracterizam diferentes comportamentos das cultivares de rúcula sob várias condições ambientais, a exemplo do uso níveis de sombreamento (Costa et al. 2011) ou níveis de nitrogênio (Cavarianni et al., 2008).

2.2.3. Exigências nutricionais da cultura

O cultivo de hortaliças folhosas, a exemplo da rúcula, demanda grande quantidade de nutrientes, demonstrando maiores quantidades de potássio, cálcio, enxofre e ferro na sua composição, durante seu ciclo, sobretudo devido seu curto período de crescimento vegetativo; dessa forma o manejo da adubação sob o cultivo de hortaliças folhosas é essencial para manter altos rendimentos e segurança alimentar; é válido ressaltar que muito dos valores de adubação usados para outras espécies de hortaliças folhosas (alface, almeirão, chicória, etc.) são utilizados no cultivo da rúcula, em decorrência da escassez

de recomendações para essa cultura na literatura (Borges et al., 2014; Grangeiro et al., 2011; Purqueiro et al., 2007).

No cultivo da rúcula é necessário uso de práticas culturais semelhantes à condução do coentro, facilitando o seu manejo pelos olericultores que não a conhecem. Contudo, há escassez de pesquisas que recomendem adubos orgânicos e épocas de cultivo ideais ao crescimento vegetativo dessa cultura na região Nordeste do Brasil, porém, a mesma demonstra-se sensível às condições edafoclimáticas, respondendo positivamente à adubação nitrogenada e à produção sob temperaturas médias abaixo de 20 °C (Purqueiro et al., 2007; Moura et al., 2008; Tuncay et al., 2011).

Além da necessidade de nitrogênio supracitada, a literatura enaltece a importância da exigência pelo potássio, por exemplo, Nurzynska–Wierdak (2009) observou em rúculas que o aumento das doses de potássio contribuiu para o aumento significativo da produção de matéria fresca.

Mesmo essa cultura mantendo relevância econômica para a horticultura do Brasil, em decorrência da necessidade de dados de exigência nutricional sobre essa cultura, algumas vezes os resultados de pesquisas obtidos para a alface acabam sendo, também, utilizados para a rúcula (Purqueiro et al., 2007).

2.2.4. Necessidade hídrica e eficiência do uso da água pela cultura

A cultura da rúcula apresenta sistema radicular superficial, fazendo-a exigente em irrigação suplementar, além disso, demonstra alta sensibilidade ao déficit hídrico do solo, sendo a irrigação uma prática indispensável para que essa hortaliça folhosa atinja bons níveis de produção (Carvalho et al., 2012). Essa cultura demonstra-se sensível ao déficit hídrico do solo, sendo a irrigação uma prática indispensável para que atinja bons níveis de produção; devido a essa sensibilidade à redução da água disponível no solo, a quantificação adequada do nível crítico de água utilizada pela cultura é de extrema relevância. (Carvalho et al., 2012).

As hortaliças folhosas consomem água de acordo com o incremento da salinidade nas águas provocando reduções no potencial osmótico da planta dificultando a absorção de nutrientes e conseqüentemente diminuindo a evapotranspiração, desenvolvimento e produção da cultura (Silva et al. 2005; Soares et al., 2010).

Os valores de eficiência do uso da água da rúcula ainda são escassos na literatura, porém, Porto et al. (2013), avaliando a adubação potássica na rúcula relacionada a

eficiência do uso da água, em vasos, com doses de 0 a 250 mg dm⁻³ de solo, indicaram uma maior eficiência no uso da água pela rúcula quando usada a dose de 200 mg dm⁻³.

Partindo dessa ideia, a rúcula apresenta menor consumo hídrico quando há ocorrência do incremento da salinidade na solução nutritiva, sendo afetada em termos de valor comercial, quando submetida à níveis de salinidade acima de 3 dS m⁻¹ (Silva et al., 2012).

2.2.5. Importância econômica da cultura

Produzida desde a década de 90 no Brasil, essa hortaliça folhosa, cujas folhas são muito apreciadas em saladas, está em ascensão no mercado; estima-se para a cultura da rúcula no Brasil uma área cultivada de 6.000 ha ano⁻¹, sendo que 85% da produção nacional está concentrada no Sudeste do país (Sala et al., 2004; Filgueira, 2007; Purqueiro et al., 2007; Costa et al., 2011).

Essas informações mostram uma expansão no cultivo da rúcula, justamente por apresentar ao olericultor preços bem atrativos, que nos últimos anos têm sido mais elevados do que os de outras folhosas como alface, chicória, almeirão e couve (Costa et al., 2005).

Todavia, apesar da importância dessa cultura para agricultura brasileira, há poucos estudos que abordem seus aspectos econômicos no Brasil e o aumento do número de produtores tem gerado uma demanda por informações técnicas sobre a cultura, as quais se inserem àquelas relativas à condução da cultura (Moura et al., 2008). Esses mesmos autores avaliaram o desempenho econômico da rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio verificando que as maiores eficiências econômicas do cultivo da rúcula foram obtidas nos espaçamentos de 0,20 m x 0,05 m, 0,25 m x 0,05 m e 0,3 m x 0,05 m.

2.3. Sistemas de cultivo hidropônico

2.3.1. Princípio ativo da hidroponia

A técnica da hidroponia é bastante difundida em muitas regiões, sendo utilizada principalmente em localidade com problemas de solo e água, assim como o Semiárido Brasileiro; isso se deve algumas vantagens propostas por esse tipo de cultivo, pois o solo é substituído por solução aquosa com os nutrientes essenciais às culturas, sendo esta uma forma de obter produção agrícola com boa produtividade e qualidade de alimento (Silva et al., 2016; Menegaes et al., 2015). Em adição a isso, sabe-se que, no sistema

hidropônico, as plantas são expostas a um potencial total menor, dessa forma, nas mesmas condições de potencial osmótico, produzem mais do que as plantas em solo, devido a ínfima influência do potencial matricial, realidade essa que se adapta a regiões como o Semiárido Brasileiro (Dias et al., 2011).

Dessa forma, a hidroponia pode ser uma opção fundamental em regiões com águas salobras, assim como o Semiárido Brasileiro, em que a qualidade da água é um dos entraves (Soares et al., 2007); nesse sistema o rejeito da dessalinização já está captado, podendo fornecer a opção de diluição para recirculação e irrigação de outras culturas, dessa maneira, é válido considerar que a partir dessa técnica o princípio ativo da hidroponia pode ser adaptado a sistemas compatíveis com a respectiva realidade do Semiárido Brasileiro. Além disso, o rejeito pode ser direcionado para concentração em tanques de evaporação, evitando seu despejo no solo (Gomes et al., 2011).

O sistema hidropônico apresenta características fundamentais em relação às formas de cultivo convencional, constituindo-se em uma alternativa, quando viável de ser implementada, para a conservação do solo e preservação dos mananciais de água (Potrich et al., 2012).

2.3.2. Principais sistemas hidropônicos

Essa alternativa de cultivo apresenta diferentes tipos de movimentação de solução nutritiva (estático ou dinâmico), além disso, o sistema pode ser classificado como aberto ou fechado. A maioria dos sistemas são dinâmicos, com circulação forçada de água ou de ar para a aeração da solução, pelo menos cinco sistemas mostram-se relevantes para agricultura (Silva & Melo, 2003):

- a) Sistema de fluxo laminar de nutrientes (NFT): sistema que possui um tanque de solução nutritiva, sistema de bombeamento, canais de cultivo e um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva utilizada é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes (Silva & Melo, 2003);

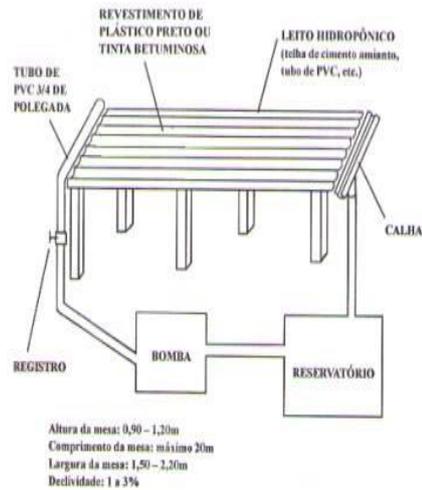


Figura 3. Esquema de Sistema Nutrient Film Technique (Silva & Melo, 2003).

- b) Cultivo em água profunda (DFT): Nesse sistema a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas. Ao invés de canais, é **usada** uma mesa plana em que a solução circula por meio do sistema de entrada e drenagem característico (Silva & Melo, 2003);
- c) Cultivo em substratos (semi-hidroponia): O substrato usado funciona como sustentação para as culturas, cujo sistema radicular e cuja parte aérea são mais desenvolvidos. São utilizados canaletas ou vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lã-de-rocha, espuma fenólica ou espuma de poliuretano; além disso, a solução nutritiva é lixiviada através do substrato e drenada pela parte inferior dos vasos ou canaletas, retornando ao tanque de solução (Silva & Melo, 2003).



Figura 4. Cultivo em substrato (semi-hidroponia). (Silva & Melo, 2003)

- d) **Aeroponia:** Nesse sistema as raízes estão suspensas em uma neblina de solução nutritiva. Sistema o qual não se utiliza de substratos e as raízes são protegidas da luminosidade dentro dos canos e recebem a solução nutritiva de forma intermitente ou gota a gota, de acordo com esquema previamente organizado (Silva & Melo, 2003). A aeroponia apresenta solução nutritiva nebulizada ou pulverizada sobre as raízes. Apesar de não ser o sistema hidropônico mais utilizado, existem um número de sistemas sendo vendidos (Silva & Melo, 2003).

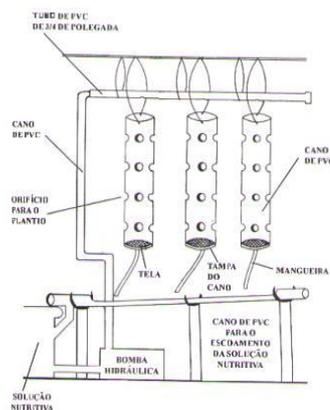


Figura 5. Esquema de Sistema aeroponia (Silva & Melo, 2003)

2.3.3. Hidroponia de baixo custo

A hidroponia de baixo custo nada mais é do que a adequação do princípio ativo da hidroponia a realidade de agricultores de comunidades difusas, que apresentam baixa capacidade de investimento inicial, bem como pouco acesso a assessoria técnica e a insumos mais sofisticados, com vistas a viabilizar o início de processos de produção agrícola, gerando emprego e renda e, posteriormente, possibilite ao empreendedor permanecer ou migrar para sistemas com maior aparato tecnológico (Luz et al., 2012; ; Silva et al., 2011).

Dentre as formas de hidroponia de baixo custo citadas na literatura (Santos Júnior et al., 2011; Santos Júnior et al., 2016; Luz et al., 2012), as maiores adaptações remetem a limitações quanto ao investimento inicial necessário, a exigência por energia elétrica, ao espaço ocupado pelos sistemas convencionais e, pela falta de assessoria técnica disponível (Santos Júnior et al., 2011). Quanto ao uso da hidroponia de baixo custo, destaca-se a produção de forrageiras, com métodos praticamente artesanais, porém com resultados satisfatórios; vale mencionar também formas hidropônicas de baixo custo para

a produção de hortaliças (Figura 6), como coentro, alface, pimentão, salsa e rúcula (Santos Júnior et al., 2016).

Em contrapartida, algumas desvantagens são encontradas no uso dos sistemas hidropônicos convencionais, principalmente quando esses são intrínsecos à comunidades difusas do Semiárido Brasileiro, tais como alto custo inicial em razão do nível tecnológico exigido; problemas relacionados a defasagem de energia elétrica, o que provoca um o expressivo índice de risco de perda da cultura e de acompanhamento permanente em função da solução nutritiva que requer cuidados especiais de manejo, assim como questões de mercado, incompatíveis com a agricultura familiar (Santos Júnior et al., 2016).



Figura 6. Sistema hidropônico de baixo custo (INSA, 2013)

Um sistema de cultivo hidropônico tipo NFT tem custos bastante variáveis, em função dos materiais usados na estrutura, em torno de R\$ 30,00 por metro quadrado de canteiro de cultivo, considerando toda a estrutura hidropônica (Faquin & Furlani, 1999).

2.3.4. Soluções nutritivas

A solução nutritiva é um fator essencial no cultivo hidropônico, pois disponibiliza os macros e micronutrientes necessários às plantas (Ortiz, 2014), sendo verificadas as primeiras citações por Hoagland e Arnon (1950).

Porém é necessário que se adote manejo adequado da solução nutritiva, a saber, é necessário o monitoramento da condutividade elétrica (CE) e pH da solução, uma vez que a solução nutritiva não possui capacidade tampão, o pH deve ser ajustado diariamente, sendo mais adequado o uso de pH 4,0 para culturas em um cultivo hidropônico (Braccini et al., 1999). Além disso, é usual a manutenção do nível constante da água no sistema,

assim a depleção de nutrientes na solução correlaciona-se com decréscimo da CE, o que determina o monitoramento de nível de nutrientes (Braccini et al., 1999).

As soluções usadas na hidroponia possuem diferentes concentrações de nutrientes, além disso, fatores ambientais e o próprio sistema hidropônico são responsáveis pela composição da solução nutritiva, pois no cultivo hidropônico a influência do potencial mátrico é mínima, relacionado com o potencial total da água, reduz a dificuldade de absorção da água ocasionando um controle específico para a solução nutritiva (Soares et al., 2007); havendo diferenças entre as soluções de um solo fértil ($0,004 \text{ mmolL}^{-1}$ ou $0,12 \text{ mgL}^{-1}$), com as soluções nutritivas, que possuem concentração maior ($0,5$ e $2,7 \text{ mmolL}^{-1}$ ou 15 e 84 mgL^{-1}) Furlani et al. (2009).

Considerando as informações supracitadas, é necessário um adequado manejo da solução nutritiva, considerando, além das espécies que serão usadas no cultivo, as condições locais de cultivo. Pois existem diversas formulações de soluções nutritivas, aproximadamente 300 fórmulas para diversas culturas (Rezende et al., 2007).

2.4. Efeitos dos sais sobre as plantas

2.4.1. Efeito osmótico

O efeito osmótico exerce função fundamental sobre a absorção de água e nutrientes, isto por que se trata do efeito causado pelos sais de uma solução no sentido de reduzir a disponibilidade das águas para as plantas, dessa forma o potencial hídrico é reduzido principalmente quando os íons são adicionados em grandes quantidades, sobretudo quando há uso contínuo de águas salinas (Chaves et al., 2009; Santana Júnior, 2015).

As elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução estão intrinsecamente relacionadas com o efeito osmótico causado pela salinidade, tais concentrações reduzem o potencial osmótico e hídrico do solo e, conseqüentemente, diminui a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (Alves et al., 2011). Dessa forma, o aumento da pressão osmótica, provocado pelo excesso de sais na solução, demandará um nível pelo qual as plantas estarão debilitadas quanto à força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico; em consequência disso, a planta não absorverá água e nutrientes, devido à condição de estresse hídrico; processo também conhecido como seca fisiológica (Dias & Blanco, 2010).

2.4.2. Toxicidade por íons específicos

O acúmulo dos íons específicos na planta é responsável pelo efeito tóxico causado às mesmas (Trindade et al., 2006; Reges et al., 2015). Muitas características fisiológicas das plantas podem ser afetadas, através de distúrbios, por exemplo, causados no protoplasma da planta pelo excesso de Na^+ e de Cl^- , afetando a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas (Viudes & Santos, 2014).

Quando há acúmulo dos íons como Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} e K^+ nos tecidos vegetais ocorre toxicidade iônica através das oscilações nas relações entre Na^+ / K^+ , $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ e $\text{Cl}^- / \text{NO}_3^-$, provocando desde reduções no desenvolvimento até morte das plantas (Cavalcante et al., 2010).

2.4.3. Tolerância das culturas à salinidade

A tolerância das plantas ao estresse salino apresenta-se pelos mecanismos próprios de uma determinada espécie, ocorrendo ajuste osmótico na célula vegetal para assegurar a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular; assim, as culturas possuem diversos mecanismos de tolerância e escape, podendo haver interação entre esses mecanismos na planta (Willadino & Camara, 2010).

As várias espécies que possuem tolerância ao estresse salino apresentam diferenças quanto as respostas das espécies a esse tipo de estresse; ou seja, enquanto umas produzem rendimentos aceitáveis a altos níveis de salinidade outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, diferença a qual deve-se à melhor capacidade osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (Ayers & Westcot, 1999)

Independente da planta estar exposta a estresses tais mecanismos são expressados, isso se deve a adaptação das espécies através de progressos evolucionários, melhorando a adequação ambiental de uma população de organismos; a resposta ao estresse está correlacionada às características da planta, sobretudo a identidade do órgão ou tecido, estágio de desenvolvimento e genótipo (Willadino & Camara, 2010).

As plantas tolerantes à salinidade (halófitas) recorrem aos mecanismos de exclusão dos íons Na^+ e Cl^- nas estruturas morfológicas como glândulas secretoras e pelos vesiculares (Fernandes et al., 2010).

2.4.4. Aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos: rúcula

Considerando o sistema de cultivo hidropônico, o uso intensivo da água pode ser condizente com as características quantitativas e qualitativas das águas subterrâneas disponíveis às comunidades difusas do Semiárido Brasileiro (Alves et al., 2011). Quando levado em consideração o uso de água salobra no cultivo de plantas, vários estudos (Dias et al., 2010; Paulus et al., 2010; Santos et al., 2010a, 2010b; Soares et al., 2010) apontam para a hidroponia como melhor opção para as respostas das culturas frente a condição de salinidade.

O aproveitamento de águas salobras é totalmente eficiente em sistemas hidropônicos do tipo fechado, pois esse tipo de sistema funciona como um sistema de irrigação e de drenagem simultaneamente, permitindo o destino apropriado dos sais da solução, ao final da produção (Alves et al., 2011).

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'sáber, A. N. Floram: nordeste seco. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 4, p. 149-174, 1990.
- Alves, J. J. A.; Araújo, M. A.; Nascimento, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação Ecogeográfica. **Revista Caatinga**. v. 22, p. 126-135, 2009.
- Alves, F. A. L.; Ferreira-Silva, S. L.; Silveira, J. A. G.; Pereira, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 6, p. 602-608, 2011.
- Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes, J. P.; Oliveira, M. L.; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 491-498, 2011.
- Andrade-lima, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**. Rio de Janeiro, v. 4, p. 149-153, 1981.
- Araújo, L.; Lima, J. P. Transferências de renda e empregos públicos na economia sem produção do semiárido nordestino. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**. v. 33, p. 45-77. 2009.
- Araújo, J. C.; Gonzalez Piedra, J. I. Comparative hydrology: analysis of a semiarid and a humid tropical watershed. **Journal Hydrological Processes**. v. 23, p. 169-1178, 2009.
- Araújo, S. M. S. A Região semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE**. v. 5, p. 89-98, 2011.
- Ayers, R. S. & Westcot, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO, 1999, 153 p. (Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- Bittencourt, G. A.; Di Sabbato, A. Novo retrato da agricultura familiar; o Brasil redescoberto. Brasília: MDA/Incra, 2000.
- Borges, C. T.; Deuner, C.; Rigo, G. A.; Oliveira, S.; Moraes, D. M. O Estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes da rúcula? **Revista Enciclopédia Bioesfera**. v. 10, p. 1049, 2014.
- Braccini, M. C. L.; Braccini, A. L. E.; Martinez, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção da solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Revista Semina: Ciências Agrárias**. v. 20, p. 48-58, 1999.
- Brasileiro, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Revista Scientia Plena**. v. 5, p. 1-12, 2009.
- Buainain, A. M.; Garcia, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. **Revista Confins (Paris)**, v. 1, p. 1, 2013.

Caisan - Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional: 2012/2015. Brasília, DF: CAISAN, 2011. 132 p.

Carvalho, K. S.; Bonfim-Silva, E. M.; Silveira, M. H. D.; Cabral, C. E. A.; Leite, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Revista Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. v. 8, p. 1545-1553, 2012.

Cavalcante, L. F.; Cordeiro, J. C.; Nascimento, J. A. M. Cavalcante, I. H. L.; Dias, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 31, p. 1281-1290, 2010a.

Cavarianni, R. L.; Cecílio Filho, A. B.; Cazetta, J. O.; May, A.; Corradi, M. M. Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horários de colheita no teor de nitrato em rúcula. **Revista Caatinga**. v. 21, p. 44-49, 2008.

CEAGESP. Portal Ceagesp, Cotações, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. Acesso em 21 de setembro. 2016. Online. Disponível em:< <http://www.ceagesp.gov.br/cotacoes>>.

Chaves, M. M.; Flexas, J.; Pinheiro, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551-560, 2009.

Cirilo, J. A.; Montenegro, S. M. G. L.; Campos, J. N. B. **A questão da água no semiárido brasileiro**. In: Bicudo, C.E. de M; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. (Org.). Águas do Brasil análises estratégicas. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 1, p. 81-91, 2010.

Costa, C. M. F.; Seabra Júnior, S.; Arruda, G. R.; Souza, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 93-102, 2011.

Costa, A. C.; Oliveira, P. P.; Carreço, R. L. B.; Souza, M. P. S.; Merson, A. A.; Lima, W. L. Cadernos. Potencialidade de composto orgânico de dejetos bovinos e feijão guandu na produção de hortaliças de Agroecologia. **Revista Cadernos de Agroecologia**. v. 9, p. 1-5, 2014.

Costa, C. M. F.; Seabra Júnior, S.; Arruda, G. R.; Souza, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Revista Semina: Ciências Agrárias**. v. 32, p. 93-102, 2011.

Cunha, T. J. F.; Petreire, V. G.; Sá, I. B.; Cavalcanti, A. C.; Silva, A. H. B. B.; Araújo Filho, J. C. A. **Pesquisa em ciência do solo no Semiárido brasileiro**. In: Albuquerque, A. C. S.; Silva, A. G. (Ed.). Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. v. 2, cap.5, p. 453-491, 2008.

Cunha, T. J. F. et al. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I. B.; Silva, P. C. G. Seminário

brasileiro: Pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, p. 49-87, 2010.

Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Souza Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 755-761, 2010.

Dias, N. D.; Blanco, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p.129-140, 2010.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306 p.

Faquin, V.; Furlani, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Revista Informe Agropecuário**, v. 20, p. 99 -104, 1999.

Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Andrade, E. P.; Medeiros, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 472p.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 293 p.

Filgueira, F. A. R. Solanáceas III: Pimentão e Outras Hortaliças-Fruto. In: Filgueira, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª ed. Viçosa. UFV, 2008. 412 p.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: Editora Viçosa, 2008. 402p.

Filho, J. G.C. (Org.). Projeto Áridas: uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. GTI. Recursos Hídricos: I.2 – Sustentabilidade do Desenvolvimento do Semiárido sob o ponto de vista dos Recursos Hídricos. Brasília, 102 p. 1994.

Freitas, F. L. A.; Sousa, J. E. Barragens sucessivas a experiência no rio Umari1 – oeste do Rio Grande Do Norte – Brasil. In: Kuster, A; Marti, J. F. (org.). **Políticas públicas para o semiárido: experiências e conquistas no nordeste do Brasil**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2009. 152 p.

Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva, 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 9/6/2016.

Giongo, V.; Cunha, T. J. F.; Mendes, A. S. M.; Gava, C. A. T. Carbono no Sistema Solo-Planta no Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 4, p. 1233-1253, 2011.

Gheyi, H. R.; Paz, V. P. S. (Ed); Medeiros, S. S; Galvão, C. O. (Ed.). Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 258 p. 2012.

Gomes, J. W. S. G.; Dias, N. S.; Oliveira, A. M. O.; 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.

Gonzalez, A. F.; Ayub, R. A.; Reghin, M. Y. Conservação de rúcula minimamente processada produzida em campo aberto e cultivo protegido com agrotêxtil. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 24, p. 360-362, 2006.

Grangeiro, L. C.; Freitas, F. C. L.; Negreiros, M. Z. de; Marrocos, S. T. P.; Lucena, R. R. M.; Oliveira, R. A. de. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 6, p. 11-16. 2011.

Guilhoto, J. J. M; Ichihara, S. M.; Silveira, F. G.; Diniz, B. P. C.; Azzoni, C. R.; Moreira, G. R. C. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus estados. In: Encontro Nacional de Economia, 35, Recife, 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006). Censo Demográfico 2011. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 17/08/2015.

INSA - Instituto Nacional do Semiárido (2010). Disponível em: < www.insa.gov.br> Acesso em: 20/08/2015.

INSA - Instituto Nacional do Semiárido (2011). Disponível em: < www.insa.gov.br> Acesso em: 18/08/2015.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido (2014). Disponível em: < www.insa.gov.br> Acesso em: 09/08/2016.

Linhares, P. C. F.; Oliveira, J. D. de; Pereira, M. F. S.; Fernandes, J. P. P.; Dantas, R. P. Espaçamento para a cultura do coentro adubado com palha de carnaúba nas condições de Mossoró-RN. **Revista verde**, v. 9, p. 1-6, 2014.

Loiola, M. I. B.; Roque, A. A.; Oliveira, A. C. P. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologi@**. v. 4, p. 14-19, 2012.

Luz, J. M. Q.; Andrade, L. V.; Dias, F. F.; Silva, M. A. D.; Haber, L. L.; Oliveira, R. C. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 589-597, 2012.

Medeiros, S. S; Lima, R. C. C; Lima, J. P. Monitoramento dos Reservatórios da Região Semiárida. Campina Grande: INSA, v. 2, p. 26. 2015.

Medeiros, S.S.; Cavalcante, A. M. B.; Marin, A. M. P.; Tinôco, L. B. M.; Salcedo, I. H.; Pinto, T. F. Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro. Campina Grande: INSA, 2012. 103 p.

Menezes, R. S. C; Sampaio, E. V. S. B. **Agricultura Sustentável no semiárido nordestino**. In: Oliveira, T. S; Assis Júnior, R. N; Romero, R. E. (Ed.). Agricultura, Sustentabilidade e o Semiárido brasileiro. Fortaleza: SBCS; UFC, 20-46 p, 2000.

Ministério da Integração e Sustentável do Semiárido – MIN (2009). Conviver: Programa de desenvolvimento integrado e sustentável do Semi-árido. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=5106593d-2ac0-477e-a539-632c1b5967e6&groupId=10157>. Acesso em: 17/08/2015.

Moura, M.S.B.; Galvinctio, J. D.; Brito, L. T. L.; Souza, L. S. B.; Sá, I. I. S.; Silva, T. G. F. Clima e água de chuva no Semi-Árido. cap. 2, p. 37-59. 2007. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

Moura, K. K. C. F.; Bezerra Neto, F.; Pontes, F. S. T.; Lima, J. S. S.; Moura, K. H. S. Avaliação econômica de rúcula sob diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**. v. 21, p. 113-118, 2008.

Nascimento, W. M. Produção de sementes de hortaliças para agricultura familiar. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2008. p. 15 (EMBRAPA. Folheto, 35).

Neta, M. L. S.; 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 Agro@mbiente On-line**, v. 7, p. 154-161, 2013.

Nurzynska-Wierdak, R. Growth and yield of garden rocket [*Eruca sativa* Mill.] affected by nitrogen and potassium fertilization. **Revista Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus**. v. 8, p. 23-33, 2009.

Ortiz, Alexander Gouveia. Atratividade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, em diferentes soluções nutritivas, e de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia citriodora* para *Acromyrmex* spp. 2014. Dissertação de mestrado do Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT. 2014.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Revista Horticultura Brasileira**. v. 28, p. 29-35, 2010.

Potrich, A. C. G.; Pinheiro, R. R.; Schmidt, D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Revista Enciclopédia Biosfera**. v. 8, p. 36-48, 2012.

Porto, R. A.; Bonfim-Silva, E. M. B.; Souza, D. S. M.; Cordova; N. R. M.; Polyzel, A. C.; Silva, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@Mambiente On-Line**. v. 7, p. 28-35, 2013.

Purqueiro, L.F.V.; Tivelli, S.W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro, 2006. 83p.

Purqueiro, L. F. V.; Demant, L. A. R.; Goto, R.; Villas Boas, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 464-470, 2007.

Ramos, P. D. P. Conceitos de Agronegócio e Agricultura Familiar: Visões, Importância e Funcionamento. 2014. 27 f. Trabalho de conclusão de curso (Gestão de Agronegócio) – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2014.

Rebouças, A. C. Águas subterrâneas. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. (ed.). Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1999. Cap. 4, p.117-151.

Reges, K. S. L.; Viana, T. V. A.; Santos, F. S. S.; Sousa, G. G.; Lacerda, C. F.; Galdino, G. G. S. Avaliação dos teores de Ca, Mg e S em pimentão cultivado com água residuária de dessalinizadores via hidroponia com adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 9, p. 350-356, 2015.

Rezende, R.; Helbel Júnior, C.; Freitas, P. S. L.; Gonçalves, A. C. A.; Dallacort, R.; Frizzone, J. A. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Revista Irriga**. v. 12, p. 354-363, 2007.

Sala, F. C.; Rossi, F.; Fabri, E. G.; Rondino, E.; Minami, K.; Costa, C. P da. Caracterização varietal de rúcula. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento CD-ROM. (Trabalho apresentado no 44º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2004).

Santana Júnior, E. B. **Sensibilidade de cultivares de bananeira a níveis de salinidade na água de irrigação**. 2015. 124 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Cruz das Almas, BA, 2015.

Santos, D. N.; Silva, V. P. R.; Sousa, F. A. S.; Silva, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 14, p. 492-500, 2010.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Guedes Filho, D. H.; Dias, N. S.; Soares, F. A. L. Cultivo de girassol em sistema hidropônico sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, p. 842-849, 2011.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, A. R.; Dias, N. S.; Medeiros, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Revista de Engenharia Agrícola**. v. 36, p. 420-432, 2016.

Santos, A. N.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F. e; 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.; 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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, p. 983-989, 2010b.

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.

Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B. **Matéria orgânica do solo no Bioma Caatinga**. In: Santos, G. A; Camargo, F. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. Ed. p.419-441. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

Sediyama, M. A. N.; Salgado, L. T.; Pinto, C. L. O. Rúcula. In: Junior, T. J. P.; Venzon, M. 101 Culturas, manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 683-686.

Silva, P. C. G.; Guimarães Filho, C. Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste. In: Sousa, I. S. F. de (Ed.) Agricultura Familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Cap. 3. p. 109-161.

Silva, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**. v. 38, p. 466-485, 2007.

Silva, J. K. M.; Oliveira, F. A.; Maracajá, P. B.; Freitas, R. S.; Mesquita, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**. v. 21, p. 30-35. 2008.

Silva, A. P. P.; Melo, B. Hidroponia. Uberlândia: UFU / Instituto de Ciências Agrárias, 2003. 74 p.

Silva, E. F. F.; Campeche, L. F. S. M.; Duarte, S. N.; Fotegatti, M. V. Evapotranspiração, coeficiente de cultivo e de salinidade para o pimentão cultivado em estufa. **Revista Magistra**. v. 17, p. 58-63, 2005.

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, A. O.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Santos, A. N.; Klar, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizadores em Ibimirim-PE. **Revista Irriga**. v. 17, p. 114-125, 2012.

Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N.; Mélo, R. F.; Jorge, C. A.; Bonfim-Silva, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Revista Irriga**. v. 12, p. 235-248, 2007.

Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 705-714, 2010.

Sousa, R. B. DE; Targino, I. Perfil da Produção Familiar Rural na Paraíba. XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009, p. 1-29.

Sudene. Recursos naturais do Nordeste: investigação e potencial (sumário das atividades). Recife, 183 p, 1985.

Taiz, L. & Zeiger, E. Plant physiology. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

Tester, M.; Davenport, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**. v. 91, p. 503-527, 2003.

Trindade, A. R.; Lacerda, C. F.; Filho, E. G.; Prisco J. T.; Bezerra, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a 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.

Tuncay, Ö.; Esiyok, D.; Bulent, Y.; Okur, B. The effect of nitrogen sources on yield and quality of salad rocket grown in different months of the year. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 477-491, 2011.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância, 2011.
Disponível em:< www.unicef.org.br> Acesso em: 19/08/2015.

Willadino, L.; Camara, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Enciclopédia Biosfera**. v. 6, p. 2-23, 2010.

Vasconcelos, R. L.; Freitas, M. P. N.; Brunini, M. A. Características Físico-químicas da rúcula cv. Cultivada produzida no sistema convencional e no baby leaf. *Nucleus*. v.8, 2011.

Viudes, E. B.; Santos, A. C. P. Caracterização fisiológica e bioquímica de Artemisia (Artemisia annua L.) submetida a estresse salino. **Revista Colloquium Agrariae**. v. 10, p. 84-91, 2014.

CAPÍTULO III – Trabalhos realizados

III. 1. Estratégias de uso da água salobra nas relações hídricas da rúcula cultivada em sistema hidropônico

RESUMO: A necessidade da utilização de estratégias de uso de águas salobras na atividade agrícola, especialmente em condições semiáridas, é evidente. Neste sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as relações hídricas da rúcula (cv. Folha larga), em condições de hidroponia, em função de estratégias de uso de água salobra quando da sua utilização no preparo e reposição da solução nutritiva. Realizou-se para tal dois experimentos, nos quais foram testados a utilização de seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5, 6,0; 7,5 e 9 dS m⁻¹) e duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas), todavia, no Experimento I a lâmina evapotranspirada foi repostada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução, e no Experimento II, utilizou-se água de abastecimento. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Concluiu-se que é viável a circulação da solução nutritiva duas vezes ao dia e que houveram menores perdas nas relações hídricas, na produção de biomassa da parte aérea e na partição de fotoassimilados quando se adotou reposição com água de abastecimento.

Palavras-chaves: *Eruca sativa*, frequência de circulação, salinidade.

Strategies for the use of brackish water in water relations of rocket cultivated in hydroponic system

ABSTRACT: The need to use strategies for using brackish water in agriculture, especially in semi-arid conditions, is evident. Therefore, the objective of this work was to evaluate the behavior of the water relations of the rocket (cv. Folha larga) under conditions of hydroponics, due to the use of brackish water when used in the preparation and replacement of the nutrient solution. Two experiments were carried out in which the use of six salinity levels of the nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 dS m⁻¹) were tested, and two circulation frequencies of the solution (two times a day - at 8 and 16 hours, and three times a day - at 8, 12 and 16 hours), however, in Experiment I, the

evapotranspiration nutrient solution slide was replaced with The respective brackish water used in the preparation of the solution, and in Experiment II, supply water. The experimental design was completely randomized, using a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. It was concluded that the nutrient solution circulation twice a day is feasible and that there were lower losses in the water relations, in the biomass production of the aerial part and partitioning of photo-assimilates when it was adopted replacement with water of supply.

Key words: *Eruca sativa*, circulation frequency, salinity.

INTRODUÇÃO

No contexto do semiárido brasileiro, a baixa disponibilidade de águas superficiais com qualidade compatível com a irrigação, constitui em um dos entraves para o desenvolvimento do setor agrícola, desencadeando perdas socioeconômicas, principalmente no âmbito da agricultura familiar (Alves et al., 2011).

Os desdobramentos da falta d'água são ainda mais danosos quando contextualizados à insuficiência de assistência técnica e de insumos, tornando indispensável a utilização de tecnologias desenvolvidas e/ou adaptadas às condições hidroclimáticas, edáficas, fundiárias, de infraestrutura, entre outras características do semiárido brasileiro. Nesta direção, diversas pesquisas (Alves et al., 2011; Maciel et al., 2012; Santos et al., 2010; Soares et al., 2010) enaltecem a viabilidade técnica do cultivo hidropônico para esta região do Brasil, e sugerem que o seu aprimoramento visando o aproveitamento de águas salobras na produção de hortaliças e flores pode ser uma alternativa de geração de renda em comunidades difusas (Santos Júnior et al., 2016).

A técnica de hidroponia (*hydro* – água; *ponos* – trabalho) dentre outras vantagens, demanda pouca área, reduz a demanda por agrotóxico, reduz a necessidade de mão de obra, permite a antecipação do ciclo e, principalmente, permite o aproveitamento de águas salobras na produção das culturas (Dias et al., 2010).

Ao passo que a elevação da salinidade no ambiente radicular dificulta a absorção de nutrientes e reduz a evapotranspiração das plantas, também afeta negativamente a produção das culturas (Silva et al., 2012). Nos cultivos hidropônicos, essa ordenação energética é reorganizada, isso por que o potencial matricial tende a ser zero o que torna o balanço energético função, principalmente, do potencial osmótico, ou seja, para o mesmo nível salino, verifica-se menores danos nas plantas em hidroponia quando comparadas a estas em condições de solo (Santos Júnior et al., 2016).

No caso das hortaliças folhosas, cujo papel sócio-econômico é relevante no contexto dos pequenos agricultores que utilizam mão de obra familiar, diversos estudos avalizam a viabilidade do aproveitamento de águas salobras em condições de hidroponia (Paulus et al., 2012; Nunes et al., 2013; Rebouças et al., 2013; Bione et al., 2014; Santos Júnior et al., 2014). Especificamente em relação a rúcula que, quanto à tolerância à salinidade é considerada moderadamente salina, trabalhos já desenvolvidos (Oliveira et al., 2013; Souza Neta et al., 2013; Silva et al., 2013) também comprovam a viabilidade do uso de águas salobras no seu cultivo em condições de hidroponia, sendo, no entanto, ainda insipientes estudos que preconizem estratégias outras de uso destas águas, relacionadas ao viés das relações hídricas no âmbito do consumo e eficiência do uso da água, justificado pela escassez qualitativa, mas também quantitativa dos recursos hídricos no ambiente semiárido.

Baseado nestas informações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar estratégias de uso de águas salobras e seus efeitos sobre as relações hídricas da rúcula em hidroponia adaptada para as condições da agricultura familiar no semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos entre setembro e dezembro de 2016, em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco – DEAGRI/UFRPE, em Recife-PE, 8° 01' 05" S e 35° 56' 48" O e altitude média de 6 m. O clima do local foi classificado como As, conforme a classificação de Köppen, megatérmico tropical, com precipitação pluviométrica média anual de 1.501 mm, temperatura média de 26°C e umidade relativa do ar média de 76% (Brasil, 1992).

No ambiente experimental, a temperatura e a umidade relativa foi monitorada diariamente, sendo observado temperatura média máxima de 37,4°C e mínima de 32,2°C, assim como UR média máxima de 61,4% e mínima de 44,5%, de modo que não foi observado nenhum problema fitossanitário, ou de outra ordem, decorrente de aspectos climáticos.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na utilização de seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) e duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas). Estes tratamentos foram

replicados em dois experimentos realizados em sequência; no primeiro, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva e, no segundo experimento, com água de abastecimento ($0,12 \text{ dS m}^{-1}$).

O sistema hidropônico utilizado constituiu-se de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de $6 \times 1,40 \text{ m}$, projetado com capacidade para 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro, em nível. Nos tubos foram perfuradas “células” circulares de 60 mm de diâmetro, espaçadas de modo equidistante a cada 20 cm , considerando-se o eixo central de cada célula.

Na extremidade dos tubos foram acoplados joelhos, sendo que em um dos joelhos de cada tubo adicionou-se uma torneira para saída de água, induzindo a permanência de um nível de 4 cm em toda a extensão do tubo, visando a distribuição equitativa e uniforme de solução às plantas. Na saída dos joelhos foi colocado uma “luva hidráulica” perfurada para viabilizar a troca gasosa com o ambiente (Santos Júnior et al., 2016).

A cultura adotada foi a rúcula (cv. Folha larga) e o semeio foi realizado em copos plásticos descartáveis de 180 ml , perfurados nas laterais e no fundo, os quais foram preenchidos com substrato fibra de coco; após o semeio, adotou-se rega diária, pela manhã e à tarde, com água de abastecimento até os 15 dias após o semeio (DAS), data do transplântio. Aos 15 DAS os copos de germinação, com mudas e substrato, foram inseridos nos tubos conforme tratamentos previamente estabelecidos.

Em relação ao preparo da solução nutritiva, inicialmente, preencheu-se doze reservatórios distintos com 90 L de água de abastecimento ($CE 0,12 \text{ dS m}^{-1}$) e então, com base na equação empírica de Richards (1954) calculou-se, e depois, solubilizou-se o quantitativo de NaCl para o estabelecimento dos níveis salinos, e então, solubilizou-se o mesmo quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al., (1999) em todos os tratamentos.

Quanto ao manejo da solução nutritiva, com a frequência específica de cada tratamento, foi aplicado diariamente e manualmente, duas vezes à capacidade de cada tubo, com vistas a homogeneizar e aerar a solução, de modo que a reposição da lâmina de solução nutritiva evapotranspirada foi efetuada a cada sete dias, sendo que a condutividade elétrica (CE_{sn}) e o pH_{sn} da solução nutritiva foram monitorados diariamente.

Avaliou-se ao final do ciclo da cultura (45 DAS): (i) o consumo hídrico (CH) – baseado no somatório das reposições contabilizadas semanalmente; (ii) a eficiência do

uso da água na produção de fitomassa fresca (EUA-FFPA) e seca (EUA-FSPA) da parte aérea – através da relação entre a massa (fresca e seca) produzida na parte aérea e o consumo hídrico por planta; *(iii)* o teor relativo de água na planta (TAP), na parte aérea (TAPA) e na raiz (TAR), conforme Benincasa (2003); *(iv)* o índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA), conforme Benincasa (2003); e *(v)* a relação raiz parte aérea, conforme Magalhães (1979). Em tempo, ainda ao final do ciclo, avaliou-se também a partição de fotoassimilados na parte aérea e na raiz de acordo com Magalhães (1979).

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e a análise de variância por meio do teste “F”. Quando observado significância da interação entre os tratamentos foi realizado o desdobramento estatístico e sua discussão priorizada. Nos demais casos, os níveis de salinidade da solução nutritiva foram comparados mediante análise de regressão e as frequências de circulação da solução nutritiva mediante teste de médias (Tukey). Todas as análises foram efetuadas com auxílio de um software estatístico (Ferreira et al., 2011) em nível de significância de 0,05 de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sob reposição da lâmina evapotranspirada com água salobra, verificou-se incremento da CE_{sn} em todos os níveis salinos testados, com variação máxima de 14 e 13,32%, quando adotou-se duas e três circulações da solução nutritiva ao dia, respectivamente, sob CE_{sn} de 9 dS m⁻¹; não obstante, esta CE_{sn} representou o maior potencial osmótico testado e, conseqüentemente, a menor taxa de absorção de água e nutrientes pelas plantas, analogamente, também correspondeu ao maior aporte e acúmulo de sais advindo da água salobra utilizada na reposição. Nesta tônica, a variação do pH não ultrapassou 15% dos valores iniciais, independente da CE_{sn} ou da frequência de circulação da solução nutritiva.

A reposição com água de abastecimento ($CE = 0,12$ dS m⁻¹) implicou na redução da concentração dos sais e na diminuição da CE_{sn} nos respectivos tratamentos; naturalmente, sob CE_{sn} de 1,5 dS m⁻¹, cujo menor potencial osmótico pode representar maior taxa de absorção de água e nutrientes, verificou-se os maiores decréscimos – 15,6 e 14,4%, quando se adotou duas e três circulações da solução nutritiva ao dia, respectivamente. Esta remoção/diluição das bases, evidentemente, ocasionou tendência de decréscimo no pH da solução nutritiva, sendo verificado variação máxima de 20%.

Em análise geral, a variação da CE_{sn} e do pH_{sn} estiveram dentro do previsto para cada tratamento proposto, de modo que não foram verificadas variações outras no desempenho das plantas, estranhas ao tipo de estresse imposto às plantas.

O consumo hídrico (CH) foi influenciado, naturalmente, pelo potencial osmótico correspondente a respectiva condutividade elétrica da solução nutritiva (CE_{sn}) testada. Evidentemente que o acúmulo de sais decorrente do aporte pela reposição com água salobra (Figura 1A) minimizou e a diluição dos sais verificada pela reposição com água de abastecimento (Figura 1B) possibilitou maior consumo de água pelas plantas.

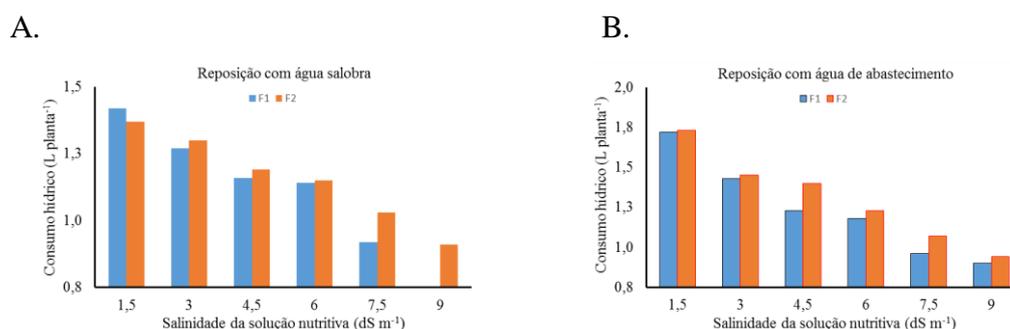


Figura 1. Consumo hídrico rúcula (cv. Folha larga) sob reposição da lâmina evapotranspirada (A) com água salobra e (B) com água de abastecimento. Resultados para plantas submetidas a estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.

Verificou-se tendência de maior consumo de água com o aumento da frequência de circulação da solução nutritiva, sob ambas as estratégias adotadas, em decorrência, dentre outros aspectos, da maior oxigenação e menor concentração salina média da solução nutritiva obtida pela mais frequente homogeneização. A maior variação no consumo de água em função das frequências adotadas foi verificada na CE_{sn} de 4,5 dS m⁻¹ (17,58%) sob reposição com água salobra, na CE_{sn} de 9 dS m⁻¹ (12,14%) sob água de abastecimento.

Sob reposição da lâmina evapotranspirada com água salobra, a salinidade da solução nutritiva influenciou ($p > 0,01$) as variáveis EUA-FFPA, da EUA-FSPA, do TAP, do TAPA e do TAR e, sob reposição com água de abastecimento, de todas as mencionadas, exceto TAP e TAR. A frequência de circulação influenciou ($p < 0,05$) a EUA-FFPA sob reposição com água de abastecimento e a interação entre os tratamentos da EUA-FFPA e EUA-FSPA, sob reposição com água de abastecimento e água salobra, respectivamente (Tabela 1).

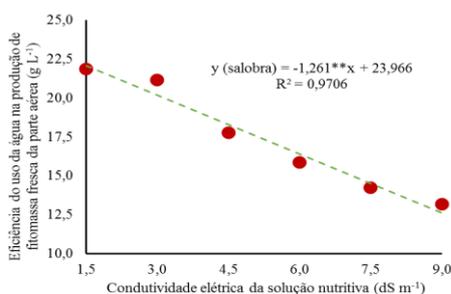
TABELA 1. Teste F para a eficiência do uso da água na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, teor relativo de água na planta, na parte aérea e na raiz da rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.

Causa de variação	de GL	Teste F									
		EUA - FFPA		EUA - FSPA		TAP		TAPA		TAR	
		AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	ns
Reg. Quadrática	1	ns	**	ns	**	*	ns	*	*	*	ns
Frequência (F)	1	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação S x F	5	ns	**	**	ns						
Resíduo	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
CV	%	11,51	8,07	10,98	9,12	3,40	3,72	3,96	3,37	3,93	4,16

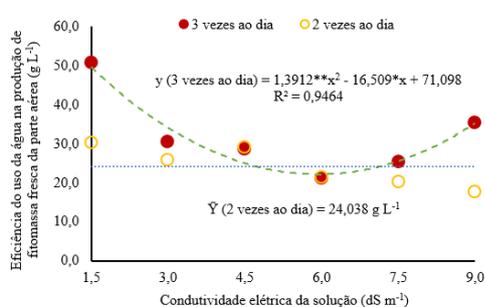
GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** = significativo a 0,01 de probabilidade; * = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. EUA – FFPA e EUA - FSPA = eficiência do uso da água na produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea, respectivamente; TAP, TAPA e TAR = teor de água na planta, na parte aérea e na raiz, respectivamente. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. Transformação em $(X + 0,5)^{0,5}$.

Em relação a EUA-FFPA, sob reposição com água salobra, verificou-se decréscimo linear à razão de $1,261 \text{ g L}^{-1}$ com o incremento unitário da CE_{sn} , independente da frequência adotada; neste cenário de redução da eficiência do uso da água estimou-se uma perda de até 74,95% no intervalo salino estudado (Figura 2A). SILVA et al. (2012), trabalhando com a cultura da rúcula em sistema NFT verificaram reduções mais acentuadas a cada dS m^{-1} incrementado em relação aos resultados ora apresentados, provavelmente em decorrência das diferentes condições climáticas e experimentais.

A.

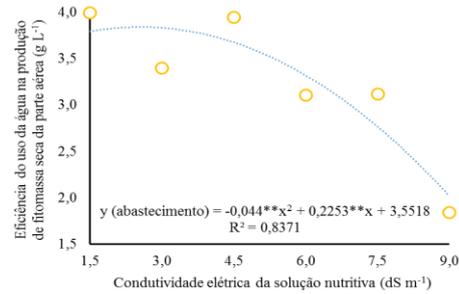
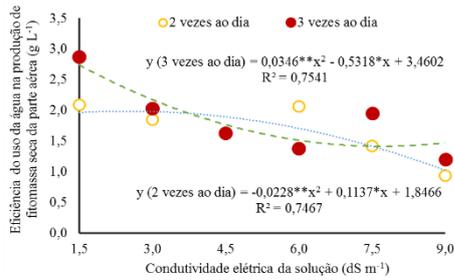


B.



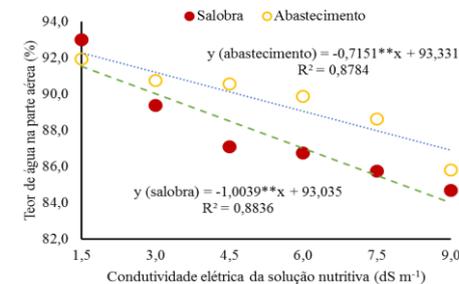
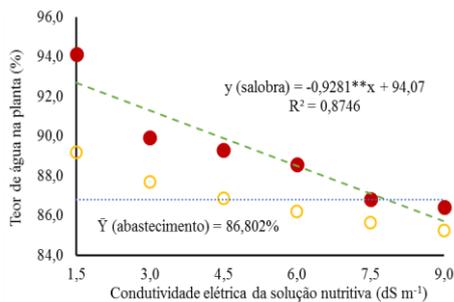
C.

D.



E.

F.



G.

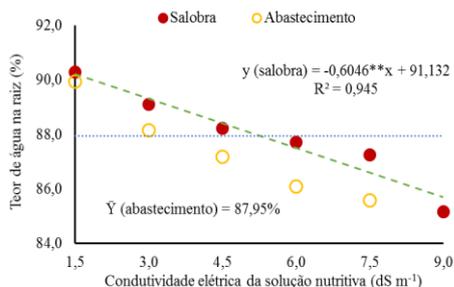


Figura 2. Resultados para plantas de rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva. Eficiência do uso da água para a fitomassa fresca da parte aérea (A) sob reposição com água salobra e (B) sob reposição com água de abastecimento. Eficiência do uso da água para a fitomassa seca da parte aérea (C) sob reposição com água salobra e (D) sob reposição com água de abastecimento. (E) Teor de água na planta, (F) na parte aérea e (G) na raiz.

Sob reposição com água de abastecimento, após análise do desdobramento da interação entre os tratamentos, não foi verificado efeito significativo ($p > 0,05$) quando adotada a frequência de 2 vezes por dia, sendo verificado uma EUA-FFPA média de 24,038 g L⁻¹; sob frequência de 3 vezes por dia, esta variável ajustou-se ao modelo

quadrático, sendo estimado ponto de máximo ($49,46 \text{ g L}^{-1}$) e mínimo ($22,12 \text{ g L}^{-1}$) sob $1,5$ e $5,93 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 2B). Vale notar que o aumento da EUA verificado a partir de 6 dS m^{-1} , é resultado da combinação entre a manutenção da biomassa produzida em fases anteriores do ciclo e a duração e/ou intensificação do estresse que, ao demandar mais energia para absorção de água, reduz o consumo hídrico.

Neste sentido, ao adotar-se duas circulações por dia, a EUA-FSPA foi máxima ($1,9883 \text{ g L}^{-1}$) para a CE_{sn} de $2,49 \text{ dS m}^{-1}$ e mínima ($1,0231 \text{ g L}^{-1}$) para 9 dS m^{-1} ; assim como para três circulações ao dia os valores de máxima ($2,74 \text{ g L}^{-1}$) e mínima ($1,41 \text{ g L}^{-1}$) foram estimados nas CE_{sn} de $1,5$ e $7,68 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 2C). Em pesquisa com coentro sob estresse salino em hidroponia, utilizando água salobra na reposição da lâmina evapotranspirada, Silva (2014) ao aumentarem a frequência de circulação, também verificaram incremento na EUA-FSPA ($3,44$ e $3,35 \text{ g L}^{-1}$); naturalmente que os valores absolutos de EUA-FSPA da rúcula são menores que os do coentro por questões de ordem fisiológica.

Sob reposição com água de abastecimento, a EUA-FSPA ajustou-se ao modelo quadrático ($p > 0,01$), de modo que a máxima eficiência ($3,8402 \text{ g L}^{-1}$) foi estimada para a CE_{sn} de $2,56 \text{ dS m}^{-1}$, sendo verificados valores sucessivamente menores até a CE_{sn} de 9 dS m^{-1} , na qual se estimou a mínima EUA-FSPA ($2,5518 \text{ g L}^{-1}$) (Figura 2D). SILVA (2014), verificou que o uso de água salobra e de abastecimento ($CE=0,32 \text{ dS m}^{-1}$) na cultura do coentro, tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para reposição do volume consumido, proporcionou redução na EUA-FSPA em $19,19\%$ e $13,13\%$, respectivamente, ou seja, valores menores do que os do presente trabalho.

O TAP, sob reposição com água salobra, diminuiu ($p > 0,01$) em até $8,12\%$ quando considerado o intervalo salino de $1,5$ a 9 dS m^{-1} (Figura 2E). Estudando o consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE, Silva et al., (2012) estimaram o TAP em $85,36\%$ para a CE da água de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$, valor este menor que o TAP verificado nas plantas sob 9 dS m^{-1} no presente trabalho. Essa redução pode ser atribuída a sucessivos processos fisiológicos e bioquímicos necessários ao ajustamento osmótico no interior da planta (Soares et al., 2010).

Quanto ao TAPA, sob reposição com água salobra, observou-se uma variação ($p > 0,01$) de $6,17\%$ no intervalo estudado e decréscimo de $0,7151\%$ com incremento unitário da CE_{sn} (Figura 2F). Quando foi adotada reposição com água de abastecimento, a perda total foi estimada em $8,96\%$. Em outra análise, PAULUS et al. (2010) também verificaram redução do teor de água nos tecidos de alface (cv. Pira Roxa e Verônica) em

hidroponia adotando-se água salobra na reposição da lâmina evapotranspirada, bem como Silva et al. (2013), estudando o cultivo hidropônico de rúcula (cv. Folha Larga) sob solução nutritiva salina até 10,5 dS m⁻¹, estimaram decréscimo de 1,88% a cada dS m⁻¹ incrementado à água utilizada no preparo da solução nutritiva.

Em relação ao TAR, quando foi usada reposição com água salobra, verificou-se um decréscimo unitário de 0,8587%, totalizando uma variação de 7,72% no intervalo salino proposto (Figura 2G).

Em linhas gerais, sob reposição com água salobra verificou-se variação de até 8,12; 6,17 e 7,72% no TAP, TAPA e TAR, respectivamente, enquanto que sob reposição com água de abastecimento, os valores médios foram 86,802% para o TAP, verificou-se uma variação de 8,96% para o TAPA e uma média de 87,95% para o TAR. Provavelmente, o acúmulo de sais solúveis nos órgãos da planta ocasionou ajuste osmótico, reduzindo, dessa forma, o teor de água nas diversas partes do vegetal, distribuindo o teor de água de maneira a manter turgescência das células (Nascimento et al., 2015)

Independente da estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada, o comportamento do IPBPA, a r R/PA, PFPa e PFR foram influenciados (p>0,01) pela salinidade da solução nutritiva, ao passo que a frequência de circulação da solução e a interação entre os tratamentos não ocasionaram o mesmo (Tabela 2).

TABELA 2. Teste F para o índice de produção de biomassa da parte aérea, relação raiz parte aérea, partição de fotoassimilados na parte aérea e na raiz da rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva.

Causa de variação	GL	Teste F							
		IPBPA		r R/PA		PFPa		PFR	
		AS	AB	AS	AB	AS	AB	AS	AB
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadrática	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Frequência (F)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Interação S x F	5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Resíduo	48	48	48	48	48	48	48	48	48
CV	%	7,55	8,18	3,63	6,28	6,60	5,8	7,97	5,87

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** = significativo a 0,01 de probabilidade; * = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. IPBPA=Índice de produção da biomassa da parte aérea; r R/PA= razão Raiz/Parte aérea; PFPa= Partição de fotoassimilados da parte aérea; PFR= Partição de fotoassimilados na raiz; AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. Transformação em $(X + 0,5)^{0,5}$.

Quanto ao IPBPA, sob reposição com água salobra, estimou-se valores de até 0,9122 em plantas sob CE_{sn} de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ($p>0,01$). No intervalo salino proposto, as perdas totalizaram 37,23%, de modo que a redução estimada por incremento unitário da CE_{sn} , foi de 0,033. Sob reposição com água de abastecimento ($p>0,01$), estimou-se decréscimo de 0,0431 por incremento unitário da CE_{sn} e perdas totais no intervalo estudado estimadas em 48,10% (Figura 3A).

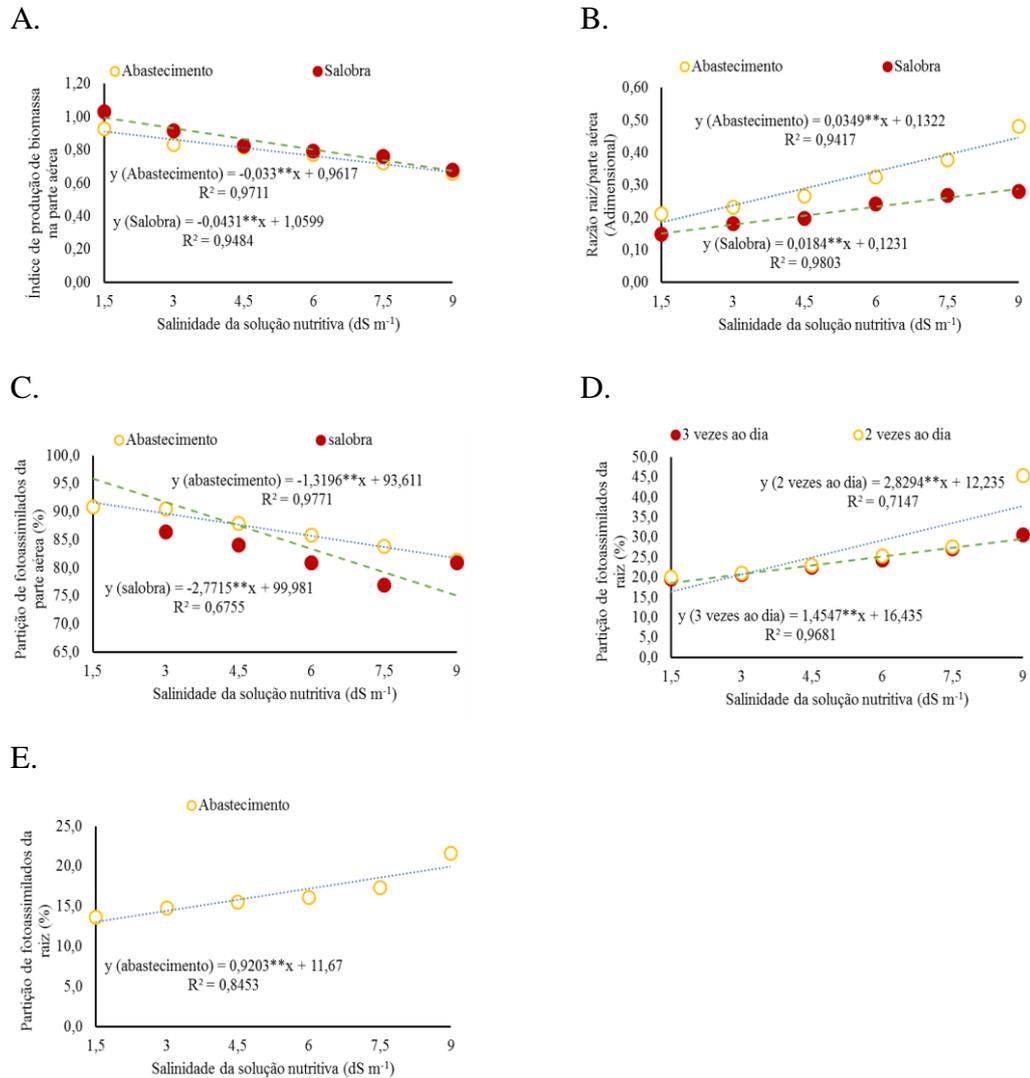


Figura 3. Resultados para plantas de rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso de água salobra e frequências de circulação da solução nutritiva. Índice de produção de biomassa da parte aérea da rúcula, cv. folha larga, (A) sob reposição com água de abastecimento e salobra; Razão raiz/parte da rúcula, cv. folha larga, (B) água abastecimento e salobra; Partição de fotoassimilados da raiz da rúcula, cv. folha larga, (C) e (D) água abastecimento e salobra, respectivamente; partição de fotoassimilados da parte aérea da rúcula, (E) e (F) água de abastecimento e salobra, respectivamente.

Em relação a r R/PA, quando se adotou reposição com água salobra, a variação da CE_{sn} ocasionou efeito significativo ($p>0,01$) com estimativa de crescimento de 47,80% dentro do intervalo salino proposto; estimou-se ainda um aumento de 0,0184 por incremento unitário da CE_{sn} . Sob reposição com água de abastecimento ($p>0,01$) o acréscimo estimado por incremento unitário da CE_{sn} foi de 0,0349 (Figura 3B), analogamente, Silva et al., (2013), estudando o uso de solução nutritiva salina no cultivo hidropônico da rúcula (cv. Folha larga), preparada em água de abastecimento, também verificou crescimento linear de 0,003 por $dS\ m^{-1}$ incrementados.

No que diz respeito a PFPA, quando frente à reposição com água salobra ($p>0,01$), estimou-se perdas de até 27,70% no comparativo entre plantas sob a maior e a menor CE_{sn} utilizada nesse estudo, com perdas de 2,77% por incremento unitário da CE_{sn} . Sob reposição com água de abastecimento ($p>0,01$) estimou-se uma redução de 12,10% na partição de fotoassimilados quando consideradas as plantas sob CE_{sn} 1,5 e 9 $dS\ m^{-1}$, com perdas de 1,32% através do incremento unitário da salinidade (Figura 3C). Possivelmente, as alterações na distribuição percentual da massa seca da parte aérea foram provocadas pelo estresse salino, o que é condizente com o fato de que o acréscimo da salinidade na solução, além de reduzir a produção de biomassa, pode também alterar a partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas.

Em análise da PFR, sob reposição com água salobra, após análise do desdobramento da interação entre os tratamentos, verificou-se que houve acréscimo de 43,71%, quando se adotou duas circulações da solução ao dia, e acréscimo de 63,05% com três circulações ao dia, sob mesma CE_{sn} (Figura 3D). Nas condições postas, fica evidente a priorização da distribuição dos fotoassimilados para as raízes, o que deve se dar provavelmente devido à necessidade do desenvolvimento do sistema radicular em busca de nutrientes em um ambiente de estresse (Taiz & Zeiger, 2013).

Quando a reposição foi efetuada com água de abastecimento ($p>0,01$) notou-se valores de PFR de 14,09; 14,22; 14,97; 16,35; 18,36 e 20,99% nas plantas sob 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9 $dS\ m^{-1}$ de CE_{sn} , respectivamente; ou seja, um aumento de até 32,86% na PFR da rúcula devido a variação da salinidade (Figura 3E).

Em estudos com a rúcula (cv. Folha larga) sob estresse salino, com solução preparada e repostada com água de abastecimento em sistema NFT, Silva et al. (2013) estimaram ser possível obter produções sem perda de rendimento relativo utilizando-se águas salinas no cultivo hidropônico da rúcula, até salinidade 2,75 $dS\ m^{-1}$. Em análise geral, no presente trabalho, verificou-se que quando se utilizou água de 3,0 $dS\ m^{-1}$ no

preparo da solução nutritiva (CE_{sn} de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$), mesmo sob reposição com água salobra, ocorreram perdas, porém, os resultados ainda foram satisfatórios.

CONCLUSÕES

1. Verificaram-se menores perdas nas relações hídricas e na produção de biomassa da parte aérea na rúcula, quando se adotou reposição com água de abastecimento;
2. O consumo e a eficiência do uso da água foram reduzidos pelo incremento salino, independentemente da estratégia de reposição da lâmina evapotranspirada;
3. Verificou-se tendências opostas quanto a produção de biomassa da parte aérea e da raiz, bem como acúmulo de fotoassimilados na raiz em detrimento da parte aérea;
4. É viável a estratégia de recirculação da solução nutritiva duas vezes ao dia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio na infraestrutura e ao CNPq (Edital Universal) pelo financiamento da pesquisa científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes J. P.; Oliveira, M. L. A.; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 491-498, 2011.
- Bione, M. A. A.; Paz, V. P. S.; Silva, F.; Ribas, R. F.; Soares, T. M. Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, p. 1228–1234, 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. Normas Climatológicas (1961-1990). Brasília: EMBRAPA, 1992. 84 p.
- Costa, A. M. B.; Melo, J. G. E.; Silva, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**. v. 20, p. 67-82, 2006.
- Dias, N. S.; Lira, R. B.; Brito, R. F.; Souza Neto, O. N.; Ferreira Neto, M.; Oliveira, A. M. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 755-761, 2010.

Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquim, V. (1999). Cultivo hidropônico de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo. 52 p. (Boletim técnico, 180).

Maciel, M. P.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Rezende, E. P. L.; Oliveira, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16, p. 165-172, 2012.

Magalhães, A. C. N. (1979). Análise quantitativa do crescimento. Em: Ferri MG (Eds.) *Fisiologia Vegetal*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, P. 331-350.

Nunes, R. L. C.; Dias, N. S.; Moura, K. K. C. F.; Sousa Neto, O. N.; Costa, J. M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**. v. 26, p. 48-53, 2013.

Oliveira, F. A.; Sousa Neta, M. L.; Silva, R. T.; Souza, A. A. T.; Oliveira, M. K. T.; Medeiros, J. F. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. **Revista Agro@mbiente On-line**. v. 7, p. 170-178, 2013.

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Revista 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.

Rebouças, J. R. L.; Ferreira Neto, M.; Dias, N. S.; Souza Neto, O. N.; Diniz, A. A.; Lira, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Revista Irriga**. v. 18, p. 624-634, 2013.

Santos, N. A.; 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.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Medeiros, S. S.; Guedes Filho, D. H. Substratos e tempo de renovação da água residuária no crescimento do girassol ornamental em sistema semi-hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, p. 790-797, 2014.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, A. R.; Dias, N. S.; Medeiros, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Revista de Engenharia Agrícola**. v. 36, p. 420-432, 2016.

Silva, A. O.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Santos, N. A; Klar, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Revista Irriga**. v.17: 114-125, 2012.

Silva, F. V.; Duarte, S. N.; 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.

Silva, M. G. (2014). Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 185p.

Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, p. 705-714, 2010.

Souza Neta, M. L.; Oliveira, F. A.; Silva, R. T.; Torres 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 Agro@mbiente On-line**. v.7, p. 154-161, 2013.

Taiz, L, & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal*. 5ª ed. Porto Alegre, Artmed. 918p.

III. 2. Produção de rúcula em hidroponia de baixo custo sob estratégias de uso da água salobra

RESUMO – A produção de hortaliças em comunidades de agricultores familiares, residentes em condições semiáridas, são limitadas por práticas e sistemas rudimentares de cultivo, escassez hídrica e problemas de salinidade, dentre outras dificuldades. Nesta direção, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a produção de rúcula (cv. Folha larga) em hidroponia de baixo custo, adotando-se estratégias de uso da água salobra no preparo e reposição da solução nutritiva evapotranspirada. Para tal, em dois experimentos, plantas de rúcula foram expostas a seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) aplicadas em duas frequências de circulação (duas vezes ao dia – às 8 e 16 horas; três vezes ao dia – às 8, 12 e 16 horas). O delineamento experimental adota foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Não obstante, no Experimento I a reposição da solução nutritiva foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução e, no Experimento II, com água de abastecimento (0,12 dS m⁻¹). Concluiu-se que a reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento resultou em menores perdas de biomassa e nas variáveis biométricas da planta e que, o aumento da frequência de circulação não influenciou as variáveis biométricas, no entanto, sob maior frequência de circulação a planta priorizou o desenvolvimento da biomassa da parte aérea em detrimento da raiz.

Palavras-chaves: *Eruca sativa* L. Salinidade. Cultivo sem solo.

Production of rocket in hydroponics of low cost under strategies of use of brackish water

ABSTRACT – Vegetables production in family farmers communities who live in semi-arid is constrained by rudimentary cultivation practices and systems, water scarcity and salinity problems, among other difficulties. Thus, the objective of this research was to analyze aspects of the production of rocket salad (cv. Folha larga) in low cost hydroponics system, by strategies of use of the brackish water in the preparation and replacement of the nutritive solution evapotranspired. Then, in two experiments, rocket crops were

exposed to six salinity levels of nutrient solution (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 dS m⁻¹) applied in two circulation frequencies (twice daily at 8am and 4pm, three times a day at 8 am, midday and 4 pm). The experimental design was completely randomized, in a 6 x 2 factorial scheme, with five replications. Nevertheless, in Experiment I, the nutrient solution was replaced with the respective brackish water used to prepare the solution and, in Experiment II, with water supply system (0.12 dS m⁻¹). We concluded that the evapotranspired depth replacement with water supply system resulted in lower biomass losses and in the crop biometric variables and that the increase of circulation frequency did not influence the biometric variables, however, under higher circulation frequency occurred larger development of biomass from aerial part in detriment of the root.

Keywords: *Eruca sativa* L. Salinity. Cultivation without soil.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro caracteriza-se, por sua baixa e irregular precipitação pluviométrica, em contraste a índices elevados de evapotranspiração, que redundam em balanços hídricos negativos. Além disso, o predomínio de rochas cristalinas confere às águas disponíveis, sobretudo no subsolo, elevados teores de sais (Santos et al., 2010; Soares et al., 2010). Destarte, estas situações acentuam as limitações de agricultores familiares de comunidades difusas, especialmente sobre a vulnerabilidade da produção agrícola a problemas de salinidade.

Estudos comprovam os efeitos deletérios causados pela salinidade sobre as plantas (Lima et al., 2014; Lima et al., 2015; Nascimento et al., 2015), cujos impactos se traduzem em diminuições ou na inviabilização da produção agrícola, especialmente quando o uso de águas salobras é empregado sem acompanhamento técnico e o nível tecnológico compatível.

Caracterizada pelo nível de descapitalização dos produtores e pela adoção de práticas rudimentares de cultivo, a agricultura familiar é base no semiárido brasileiro, que possui uma população rural de 8,6 milhões de pessoas distribuídas em 1,6 milhão de propriedades rurais, as quais em 75% delas têm, no máximo, 20 hectares (Brasil, 2014).

Em que pese limitações impostas pelas condições naturais da região, surge a necessidade do desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias compatíveis com a realidade local. Em diversos trabalhos (Santos Júnior et al., 2014; Santos Júnior et al., 2015; Silva et al., 2016), pesquisadores argumentam que uma destas alternativas é a

técnica da hidroponia, pois, dentre outras vantagens, demanda pequenas áreas, possibilita a antecipação da colheita e permite o uso de águas salobras como estratégia, no preparo da solução nutritiva (Nunes et al., 2013; Santos et al., 2016). Esse artifício utilizado produz efeito no rendimento das culturas em hidroponia; em adição a isso, estratégias de circulação podem fornecer oxigenação e solubilização dos nutrientes da solução nutritiva (Soares et al., 2010).

Esse efeito benéfico viabilizado pela hidroponia se deve ao reordenamento energético proporcionado pela minimização do potencial matricial, tornando a energia para absorção de água pela planta, função, praticamente, do potencial osmótico (Santos Júnior et al., 2016). Além disso, a aplicação da técnica com a utilização de alguns materiais, encontrados na própria propriedade, estimula a percepção da hidroponia de baixo custo pelos agricultores familiares.

Assim, a junção entre hidroponia e produção de hortaliças, atividade econômica de bastante expressividade para a agricultura familiar (Menegaes et al., 2015; Pantoja Neto et al., 2016), constitui-se em uma ferramenta para potencializar a produção e a geração de emprego e renda (Leite et al., 2016).

Dentre as hortaliças usadas por este público, menciona-se o coentro, a alface, o pimentão e, também a rúcula (Oliveira et al., 2012), que vem conquistando espaço no mercado (Costa et al., 2011) principalmente pela utilização de folhas que são apreciadas na forma de salada (Silva; Silva; Kolleska, 2016). A rúcula é classificada como moderadamente salina (Silva et al., 2013) e diversos trabalhos relacionaram o cultivo hidropônico da rúcula com uso de águas salobras (Oliveira et al., 2012; Santos et al., 2012; Silva et al., 2012), entretanto, ainda são insipientes os estudos referentes à estratégia de uso da água salobra para a rúcula em hidroponia de baixo custo.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar a produção de rúcula (cv. Folha larga) em hidroponia de baixo custo, adotando-se estratégias de uso da água salobra no preparo e reposição da solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco – DEAGRI/UFRPE, em Recife-PE (8° 01' 05" S e 35° 56' 48" O, altitude média de 6,49 m), entre setembro e dezembro de 2016. O clima dessa região foi classificado, conforme Köppen, como As,

com precipitação pluviométrica média anual de 1.501 mm, temperatura média de 26°C e umidade relativa do ar média de 76%.

Em monitoramento diário dentro da casa de vegetação, verificou-se temperatura média máxima de 37,4°C e mínima de 32,2°C, assim como umidade relativa média máxima de 61,4% e mínima de 44,5%, de modo que não se observou nenhum problema fitossanitário, ou de outra ordem, em relação à rúcula.

Os tratamentos consistiram na utilização de seis níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) e duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 horas), os quais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições.

Estes tratamentos e delineamento experimental foram replicados em dois experimentos realizados em sequência; no primeiro, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva e, no segundo experimento, com água de abastecimento (0,12 dS m⁻¹).

O sistema hidropônico utilizado constituiu-se de um suporte de madeira impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 6 x 1,40 m, projetado com capacidade para 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento e 100 mm de diâmetro, em nível. Nos tubos foram perfuradas “células” circulares de 60 mm de diâmetro, espaçadas de modo equidistante a cada 20 cm, considerando-se o eixo central de cada célula.

Foram acoplados joelhos nas extremidades dos tubos, mas para apenas um dos joelhos de cada tubo adicionou-se uma torneira a 4 cm do fundo, para saída de água e indução de um nível constante em toda a extensão do tubo, visando a uniforme de solução às plantas. Na saída dos joelhos foi colocado um CAP perfurado para viabilizar a troca gasosa com o ambiente (Santos Júnior et al., 2016).

A cultivar de rúcula utilizada foi a folha larga e o semeio ocorreu em copos plásticos de 180 ml, perfurados nas laterais e na base, os quais foram preenchidos com substrato fibra de coco; semeou-se quatro sementes e até os 15 dias após o semeio (DAS) as mudas foram irrigadas diariamente, pela manhã e à tarde, com água de abastecimento, e então, as mudas foram levadas aos tubos conforme tratamentos previamente estabelecidos.

Em relação ao preparo da solução nutritiva, inicialmente, preencheu-se doze reservatórios distintos com 90 L de água de abastecimento então, com base na equação empírica de Richards (1954) calculou-se, e depois, solubilizou-se o quantitativo de NaCl

para o estabelecimento dos níveis salinos, e por fim, solubilizou-se o quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al. (1999) em todos os tratamentos.

Respeitando-se a frequência de circulação específica para tratamento, o manejo da solução nutritiva consistiu na aplicação manual de um volume de solução correspondente a duas vezes a capacidade de cada tubo, com vistas a promover homogeneização e aeração no interior do tubo. Desse modo, a reposição da lâmina de solução nutritiva evapotranspirada no reservatório de cada tratamento foi efetuada a cada sete dias; em tempo, foi realizado o monitoramento diário da condutividade elétrica (CE_{sn}) e o pH_{sn} da solução nutritiva.

Ao final do ciclo da cultura (45 DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: fitomassa fresca (FFT) e seca (FST) total, da parte aérea (FFPA e FSPA) e da raiz (FFR e FSR) por planta, por meio de balança de precisão, em seguida, acondicionadas em uma estufa de ventilação forçada a 60°C até atingir peso constante. De posse destas variáveis, calculou-se o percentual de massa seca total (%MST), da parte aérea (%MSPA) e da raiz (%MSR).

Caracterizou-se ainda a biometria das plantas, determinando-se as seguintes variáveis: altura da planta – do colo da planta até o topo da última folha, utilizando régua milimetrada para a medição; o número de folhas – contabilizadas as folhas com nervura central maior que três centímetros e fotossinteticamente ativas; e o comprimento da raiz – medida do colo da planta até a extremidade da maior raiz.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e a análise de variância por meio do teste “F”. Quando observado significância da interação entre os tratamentos foi realizado o desdobramento estatístico e sua discussão priorizada. Nos demais casos, os níveis de salinidade da solução nutritiva foram comparados mediante análise de regressão e as frequências de circulação da solução nutritiva mediante teste de médias (Tukey). Todas as análises foram efetuadas com auxílio de um software (Ferreira, 2011) em nível de significância de 0,05 de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sob reposição da lâmina evapotranspirada com a respectiva água salobra, verificou-se incremento da CE_{sn} em todos os níveis salinos testados, exceto para a CE_{sn} de 1,5 dS m^{-1} ; em tempo, constatou-se variação máxima de 14 e 13,32%, quando adotou-se duas e três circulações da solução nutritiva ao dia, respectivamente, sob CE_{sn} de 9 dS m^{-1} ; não obstante, esta CE_{sn} representou o maior potencial osmótico testado e, conseqüentemente,

a menor taxa de absorção de água e nutrientes pelas plantas, analogamente, também correspondeu ao maior aporte e acúmulo de sais advindo da água salobra utilizada na reposição. Nesta tônica, a variação do pH não ultrapassou 15% dos valores iniciais, independente da CE_{sn} ou da frequência de circulação da solução nutritiva adotada.

A reposição com água de abastecimento implicou na redução da concentração dos sais e na diminuição da CE_{sn} nos respectivos tratamentos; naturalmente, sob CE_{sn} de 1,5 $dS\ m^{-1}$, cujo menor potencial osmótico pode representar maior taxa de absorção de água e nutrientes, verificou-se os maiores decréscimos – 15,6 e 14,4%, quando se adotou duas e três circulações da solução nutritiva ao dia, respectivamente. Esta remoção/diluição das bases, evidentemente, ocasionou tendência de decréscimo no pH da solução nutritiva, sendo verificado variação máxima de 20%.

Embora não tenha sido realizado ajustes na CE e no pH, com vistas a simular as condições reais de campo e supondo que o agricultor não disponibiliza de material para tal ajuste, em análise geral, não foram verificadas variações outras no desempenho das plantas, estranhas ao tipo de estresse imposto às plantas.

A salinidade da solução nutritiva ocasionou efeito significativo ($p>0,01$) sobre a FFT, FFPA, FFR, FST, FSPA e FSR, independentemente do tipo de água utilizada na reposição da lâmina evapotranspirada. A frequência de circulação influenciou ($p<0,05$) o comportamento da FFT sob reposição com água salobra, FFPA sob reposição com água de abastecimento, FFR e FST sob reposição com água salobra e de abastecimento. A interação entre os tratamentos influenciou o comportamento da FFPA sob reposição com água de abastecimento e FSR sob reposição com água salobra (Tabela 1).

Tabela 1. Teste F para a fitomassa fresca e seca total, da parte aérea e da raiz da rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso da água salobra na reposição da solução nutritiva.

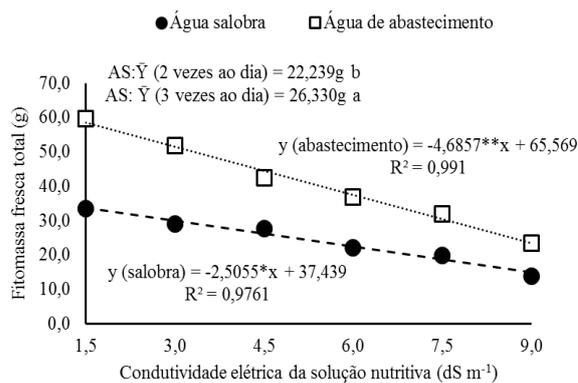
Causa de variação	GL	Teste F											
		FFT		FFPA		FFR		FST		FSPA		FSR	
		AS ¹	AB	AS ¹	AB ¹								
Salinidade (S)	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Frequência (F)	1	**	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	ns	ns	ns
Interação S x F	5	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Resíduo	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
CV	%	7,59	14,51	11,31	8,05	9,25	9,73	10,76	8,51	10,77	9,74	6,23	10,90

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** = significativo a 0,01 de probabilidade; * = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. FFT, FFPA e FFR = fitomassa fresca total, da parte aérea e da raiz; FST, FSPA e FSR = fitomassa seca total, da parte aérea e da raiz. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. ¹Transformação em $(X+0,5)^{0,5}$.

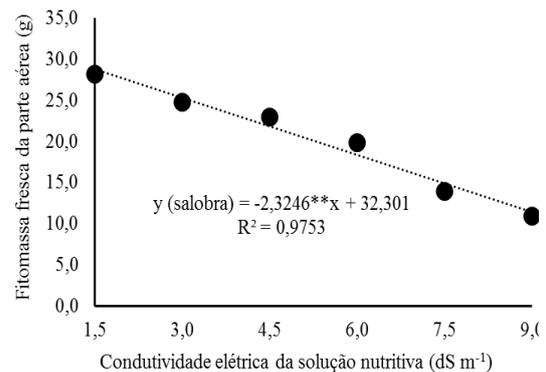
O comportamento da FFT, sob reposição com água salobra, ajustou-se ao modelo linear decrescente, com redução de 2,5055g por incremento unitário da CE_{sn} e perdas no comparativo entre plantas sob 1,5 e 9,0 $dS\ m^{-1}$ de 26,20%. Verificou-se ainda que, quando se adotou três circulações da solução ao dia, as plantas apresentaram uma FFT ($p < 0,05$) 18,39% maior do que quando se utilizou duas circulações ao dia (Figura 1A).

Sob reposição com água de abastecimento, houve decréscimo linear, com redução estimada em 4,6857 g por unidade incrementada de CE_{sn} , e perdas totais de 78,87% no intervalo salino proposto (Figura 1A). Comportamento diferente do ora apresentado, foi verificado por Souza Neta et al. (2013) que, em estudos com a mesma cultivar de rúcula sob estresse salino (no intervalo entre 0,5 e 6,5 $dS\ m^{-1}$), verificaram comportamento quadrático para a FFT, com valores máximos de 61,6 g para plantas cultivadas em fibra de coco + areia + casca de arroz sob CE_{sn} de 3,3 $dS\ m^{-1}$. Estas diferenças podem estar associadas a diferenças no manejo da solução nutritiva entre este e o experimento citado (com e sem a ciclagem de nutrientes, respectivamente), haja vista que, sob esta mesma CE_{sn} , a FFT verificada no presente trabalho sob reposição com água de abastecimento foi de 60,0 g.

A.

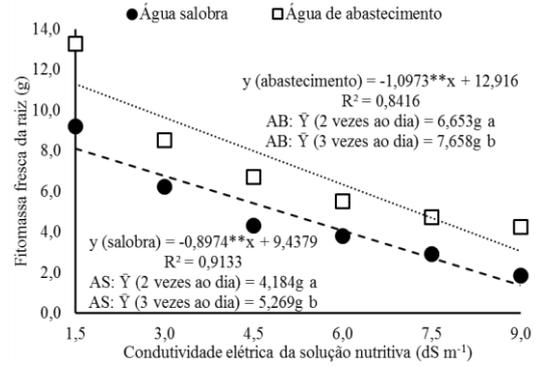
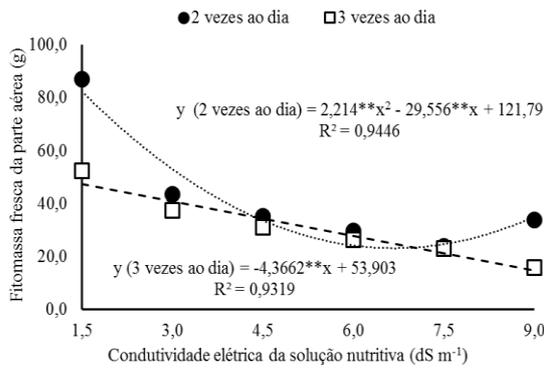


B.



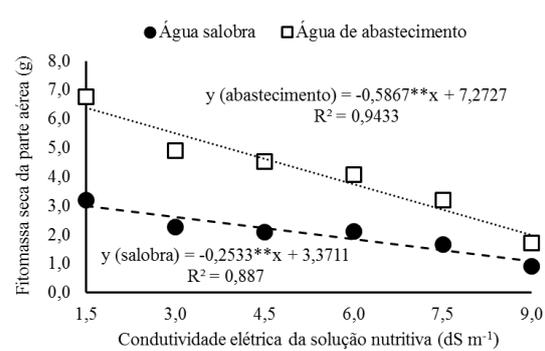
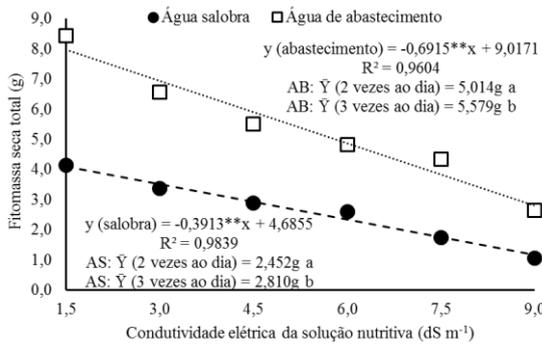
C.

D.



E.

F.



G.

H.

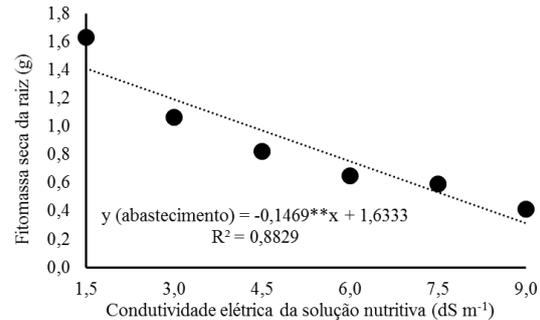
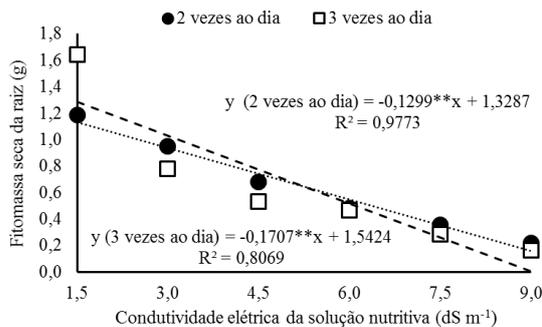


Figura 1. (A) Fitomassa fresca total sob reposição com água salobra e água de abastecimento. (B) Fitomassa fresca da parte aérea sob reposição com água salobra e (C) desdobramento da interação entre os tratamentos. (D) Fitomassa fresca da raiz sob reposição com água salobra e água de abastecimento. (E) Fitomassa seca total sob reposição com água salobra e com água de abastecimento. (F) Fitomassa seca da parte aérea sob reposição com água salobra e água de abastecimento. (G) Desdobramento da interação entre os tratamentos para a fitomassa seca da raiz e (H) Fitomassa seca da raiz sob reposição com água de abastecimento para rúcula (cv. Folha larga) em hidroponia sob estratégias de uso da água salobra.

Em relação a FFPA, sob reposição com água salobra, ocorreu decréscimo linear de 2,3246 g a cada unidade incrementada na CE_{sn} , com perdas estimadas em 53,20% no intervalo salino (1,5 e 9 dS m^{-1}) estudado (Figura 1B). Quando se adotou reposição com água de abastecimento, com três circulações da solução ao dia, estimou-se redução de até 4,3662 g por incremento unitário da salinidade, o que resultou, dentro do intervalo salino proposto, em perdas estimadas de 24,18%. Nas plantas sob circulação duas vezes ao dia, a FFPA assumiu ajuste quadrático, cujo ponto de mínimo (23,149 g) da função verificou-se sob 6,67 dS m^{-1} e ponto de máximo (82,438g) sob 1,5 dS m^{-1} (Figura 1C). Nesta direção, Oliveira et al. (2012), em condições de solo, também verificaram ajuste quadrático para a FFPA da rúcula (cv. Folha larga) no intervalo salino entre 0,5 e 5 dS m^{-1} , com ponto de máximo (33,687 g) verificado sob 2,189 dS m^{-1} e ponto de mínimo (17,1 g) sob 5 dS m^{-1} .

A FFR, sob reposição da lâmina evapotranspirada com água salobra, assumiu ajuste linear decrescente à razão de 0,8974 g a cada unidade de CE_{sn} incrementada, com perda estimada em 94,97% dentro do intervalo salino proposto. Com este tipo de estratégia de uso da água salobra, quando utilizada menor frequência de circulação da solução foi ocasionado maior decréscimo na FFR (Figura 1D).

Ainda em relação a FFR, sob reposição com água de abastecimento, estimou-se decréscimo à taxa de 1,0973 g a cada unidade incrementada na CE_{sn} , de modo que a FFR das plantas sob CE_{sn} de 1,5 dS m^{-1} foi 26,97 vezes maior que a das plantas sob 9 dS m^{-1} . Em tempo, sob maior frequência de circulação verificou-se menor FFR (Figura 2D), de modo que, observou-se, nestes casos, maior desenvolvimento da FFPA em detrimento da FFR.

Quanto a FST, em plantas sob reposição com água salobra, as perdas por incremento unitário da CE_{sn} foram à razão de 0,3913 g, sendo estimado uma diferença de 52,16% entre a FFT das plantas sob CE_{sn} de 1,5 e 9 dS m^{-1} , respectivamente. Não obstante, as plantas sob circulação da solução três vezes ao dia apresentaram FST 11,26% maior do que o verificado nas plantas sob duas circulações ao dia (Figura 1E).

Sob reposição com água de abastecimento, a FST decresceu à taxa de 0,6915 g a cada incremento unitário da CE_{sn} e a perda estimada no intervalo salino estudado foi de 86,64%. Os resultados ora verificados para a FST se assemelham aos encontrados por outros autores (Silva et al., 2008; Silva et al., 2011), em cujos respectivos resultados verificou-se redução significativa da FST em consequência do aumento da salinidade. Quanto a circulação da solução nutritiva, vale ressaltar que o aumento da frequência de

circulação de duas para três vezes ao dia, redundou em incremento de 14,60% na FST (Figura 1E).

O decréscimo por cada incremento unitário da CE_{sn} verificado para a FSPA, foi estimado em 0,2533 g e a perda dentro do intervalo salino estudado foi de 40,80%, isso quando a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada com a respectiva água salobra. Sob reposição com água de abastecimento, a razão de decréscimo foi da ordem de 0,5867 g por incremento unitário da CE_{sn} , com perda total de 20,84% (Figura 1F).

Sob reposição com água salobra, a redução estimada na FSR quando se adotou circulação duas ou três vezes ao dia foi à razão de 0,1299 e 0,1707 g, respectivamente, a cada unidade incrementada à CE_{sn} . Quanto as perdas no intervalo salino proposto, foram estimadas em 10,41% e 10,08%, para circulação duas ou três vezes ao dia, respectivamente (Figura 2G). Por ocasião da reposição com água de abastecimento, o decréscimo por incremento unitário da CE foi de 0,1469 g e a diferença entre a FSR das plantas sob 1,5 e 9 dS m⁻¹ foi de 54,01% (Figura 1H).

Exceto em relação ao %MST sob reposição com água de abastecimento, a salinidade da solução nutritiva influenciou ($p>0,01$) o comportamento %MSPA, %MSR, AP, NF e CR independentemente do tipo de água utilizada na reposição da solução nutritiva. A frequência de circulação ocasionou o efeito significativo ($p<0,05$) sobre o %MST sob reposição com água salobra, sobre o %MSPA sob ambos os tipos de reposição e, sobre o %MSR sob reposição com água de abastecimento. Verificou-se ainda efeito significativo da interação entre os tratamentos sobre o %MST sob reposição com água de abastecimento e sobre o %MSPA e o %MSR sob reposição com água salobra (Tabela 2).

Tabela 2. Teste F para o percentual de massa seca total, da parte aérea e da raiz, para a altura de planta, para o número de folhas e para o comprimento da raiz da rúcula (cv. Folha larga) sob estresse salino em função de estratégias de reposição da solução nutritiva.

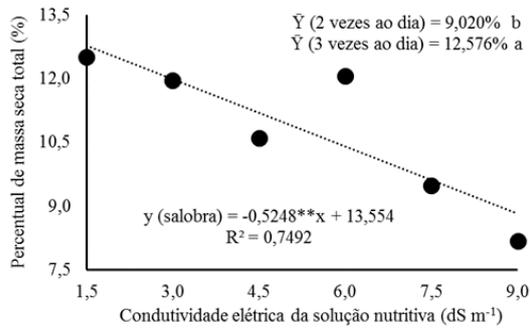
Causa de variação	GL	Teste F											
		%MST		%MSPA		%MSR		AP		NF		CR	
		AS ¹	AB ¹	AS ¹	AB ¹	AS ¹	AB ¹	AS	AB	AS ¹	AB ¹	AS ¹	AB ¹
Salinidade (S)	5	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Linear	1	**	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadrática	1	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Frequência (F)	1	**	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interação S x F	5	ns	**	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Resíduo	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
CV	%	14,77	9,67	8,64	12,04	7,98	7,73	8,35	11,92	6,79	7,47	7,03	5,93

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** = significativo a 0,01 de probabilidade; * = significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo. %MST, %MSPA e %MSR = percentual de massa seca total, da parte

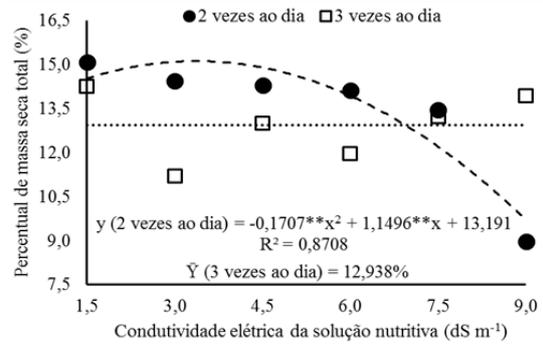
aérea e da raiz, respectivamente; AP = altura da planta; NF = número de folhas; CR = comprimento da raiz. AS = reposição com a respectiva água salobra e AB = reposição com água de abastecimento. ¹Transformação em $(X+0,5)^{0,5}$.

O %MST em plantas sob reposição com água salobra, em função do aumento unitário da CE_{sn} , reduziu à razão de 0,5248%, com perdas de até 44,57% entre as CE_{sn} de 1,5 e 9 dS m⁻¹. Em tempo, o aumento da frequência de circulação de duas para três vezes ao dia proporcionou incremento de 39,42% no %MST (Figura 2A).

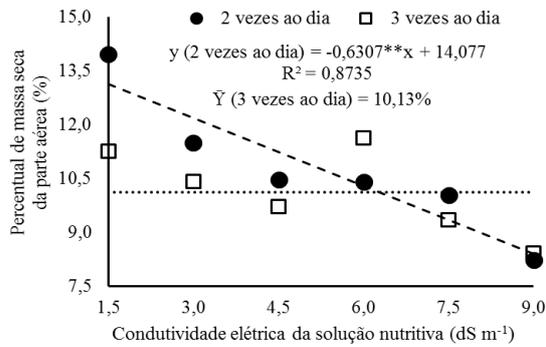
A.



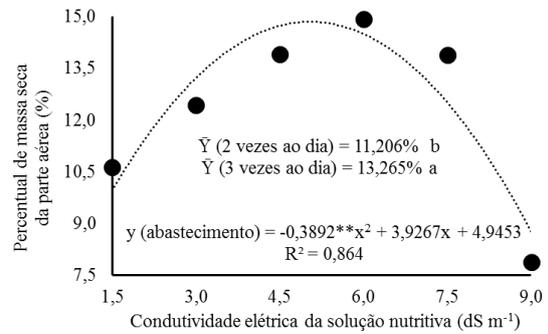
B.



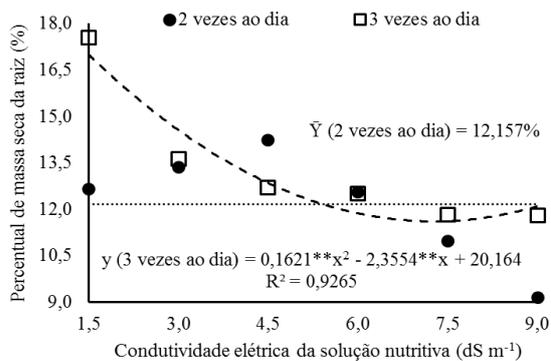
C.



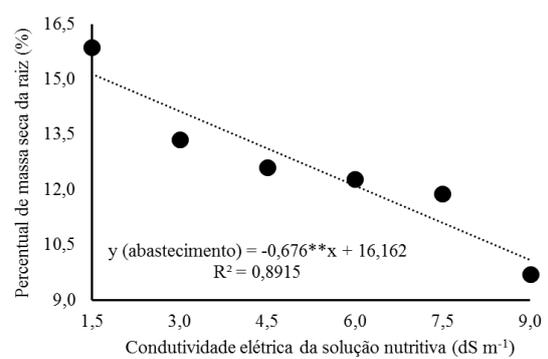
D.



E.

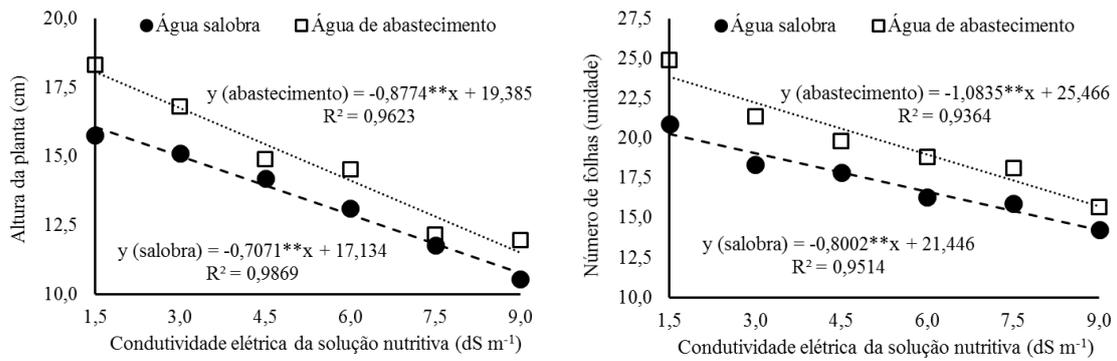


F.



G.

H.



I.

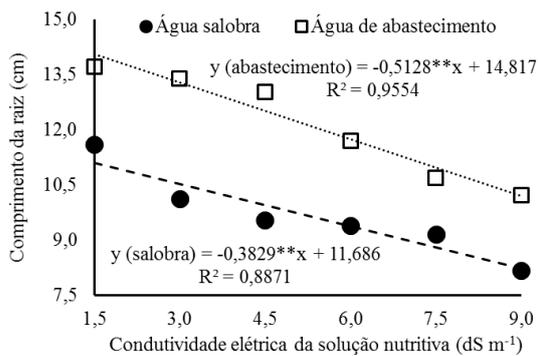


Figura 2. Percentual de massa seca total (A) sob reposição com água salobra; (B) desdobramento da interação entre os tratamentos para o percentual de massa seca total sob reposição com água de abastecimento. (C) Desdobramento da interação entre os tratamentos para o percentual de massa seca da parte aérea sob reposição com água salobra; (D) percentual de massa seca da parte aérea sob reposição com água de abastecimento. (E) Desdobramento da interação entre os tratamentos para o percentual de massa seca da raiz sob reposição com água salobra; (F) percentual de massa seca da raiz sob reposição com água de abastecimento. (G) Altura da planta, (H) número de folhas e (I) comprimento da raiz da rúcula (cv. Folha larga) em função de estratégias de uso da água salobra em hidroponia.

Sob frequência de circulação duas vezes ao dia, o %MST assumiu comportamento quadrático, em plantas sob reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento; verificou-se, portanto, o ponto de máximo (15,1257%) sob CE_{sn} de 3,36 $dS\ m^{-1}$. Quando a frequência aumentou de dois para três vezes ao dia, não foi verificado efeito significativo do incremento salino sobre o %MST, sendo observado média de 12,938% (Figura 2B). A capacidade da planta de produzir biomassa está relacionada com a fotossíntese e outros processos que são limitados em decorrência da salinidade, neste

cenário, a estratégia de uso da água salobra com base na reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento, associada a circulação da solução três vezes ao dia, não depreciou significativamente o percentual da massa seca no intervalo de 1,5 a 9,0 dS m⁻¹

Quando se adotou duas circulações da solução ao dia, o %MSPA de plantas sob reposição com água salobra decresceu à razão de 0,6307% a cada unidade de CE_{sn} adicionada, de modo que a diferença entre o %MSPA das plantas sob CE_{sn} de 1,5 a 9 ds m⁻¹, foi de 56,30%. Quando a frequência de circulação aumentou de duas para três vezes por semana, a salinidade não influenciou o comportamento do %MSPA, no qual se constatou média de 10,13% (Figura 2C).

Sob reposição com água de abastecimento, o %MSPA ajustou-se ao modelo quadrático com o valor máximo (14,8695%) estimado para a CE_{sn} de 5,04 dS m⁻¹ (Figura 2D). As alterações na distribuição percentual da massa seca, provocadas pelo estresse salino, são condizentes com o fato de que a salinidade, além de reduzir a produção de biomassa, pode também alterar a partição de fotoassimilados entre as diferentes partes das plantas, como destacado por Freitas et al. (2014) que o aumento na concentração de sais na água de irrigação estabelece uma competição pela distribuição de fotoassimilados entre a parte aérea e as raízes da planta. Nestas condições, nas plantas em que se adotou frequência de circulação de três vezes ao dia obtiveram 18,37% a mais no %MSPA em relação a plantas sob duas circulações ao dia (Figura 2D).

O %MSR de plantas sob reposição com água salobra e frequência da circulação da solução nutritiva de 2 vezes ao dia não sofreu influência do aumento sistemático da CE_{sn} (média de 12,157%). Sob frequência de 3 vezes ao dia, o %MSR apresentou ajuste quadrático com o valor mínimo (11,6077%) estimado sob CE_{sn} de 7,2 dS m⁻¹ (Figura 3E). Sob reposição com água de abastecimento, o %MSR ajustou-se ao modelo linear decrescente à razão de 0,676% a cada unidade de CE_{sn} adicionada, com perda de 50,30% no intervalo salino proposto (Figura 2F).

Quanto aos aspectos biométricos, sob reposição com água salobra e de abastecimento, verificou-se reduções de 0,7071 e 0,8774 cm na AP a cada unidade de CE_{sn} adicionada, com perdas no intervalo salino estudado estimadas em 49,24% e 57,28% (Figura 2G). Em trabalhos com rúcula (cv. Folha larga) sob estresse salino, Souza Neta et al. (2013) verificaram decréscimo de 0,75 e 0,686 cm por incremento unitário da CE_{sn}, vale ressaltar, no entanto, que, no presente trabalho, sob reposição com água de abastecimento houveram plantas com altura estimada em até 18,06 cm (1,5 dS m⁻¹),

também semelhante ao de Souza Neta et al (2013), no qual a altura alcançou até 20,4 cm encontrada sob a menor CE_{sn} ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$).

O NF, independentemente do tipo de água utilizada na reposição, assumiu comportamento linear decrescente à razão de 0,8002 e 1,0883 folhas a cada unidade de CE_{sn} adicionada à CE_{sn} , quando se adotou água salobra e de abastecimento na reposição, respectivamente (Figura 2H). Os resultados ora observados são concordantes com os de Souza Neta et al. (2013) e discordantes do verificado por Silva et al. (2011) que não verificaram efeito significativo da salinidade (no intervalo entre 0,2 e $5,2 \text{ dS m}^{-1}$) sobre o número de folhas de rúcula. Evidentemente que, questões experimentais específicas diferem os resultados, no entanto, no presente trabalho, estimou-se até 23,84 folhas em plantas sob CE_{sn} de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e reposição com água de abastecimento.

Quando levado em consideração o CR, sob reposição com água salobra, foi verificado decréscimo unitário de 0,3829 cm e perdas acumuladas de até 34,85%. De igual modo verificou-se que o CR, sob reposição com água de abastecimento, demonstrou decréscimo por incremento unitário de CE_{sn} de 0,5128 cm, seguido de perdas totais de até 37,69 % (Figura 2I). A redução no crescimento de raízes observada no presente trabalho foi causada, provavelmente, devido ao estresse hídrico, que foi provocado pelo aumento da salinidade, e resultou na redução da expansão celular, pois ao ser diminuída a pressão de turgor, esse tipo de estresse suprime a expansão e o crescimento celular, causando efeitos negativos no metabolismo, crescimento e estabelecimento das plantas (Jaleel et al., 2009).

CONCLUSÃO

Tanto para reposição com água de abastecimento e com água salobra, o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou diminuição na produção de biomassa fresca e seca, no percentual de massa seca e na biometria das plantas.

A reposição da lâmina evapotranspirada com água de abastecimento resultou em menores perdas de biomassa e nas variáveis biométricas da planta.

O aumento da frequência de circulação não influenciou as variáveis biométricas, no entanto, sob maior frequência de circulação a planta priorizou o desenvolvimento da biomassa da parte aérea em detrimento da raiz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Ministério do desenvolvimento agrário. **Plano Safra Semiárido Brasileiro 2013/2014**. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/portalmda/sites/default/files/ceazine/pdf/cartilha_plano_safra_semiarido_baixa.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2017.

Costa, C. M. F.; Seabra Júnior, S.; Arruda, G. R.; Souza, S. B. S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 93-102, 2011.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

Freitas, M. A. C.; Amorim, A. V.; Bezerra, A. M. E.; Pereira, M. S.; Bessa, M. C.; Nogueira Filho, F. P.; Lacerda, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 839-849, 2014.

Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Denizart, B.; Faquin, V. **Nutrição Mineral De Plantas, Preparo E Manejo De Soluções Nutritivas**. In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, p. 90-98, 1999.

Jaleel, C. A.; Manivannam, A.; Wahid, M; Farooq, R.; Somasundaram and Panneerselvam, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture Biology**. v. 11, p. 100-105, 2009.

Leite, D.; Migliavacca, R. A.; Moreira, L. A.; Albrecht, A. J. P.; Fausto, D. A. Viabilidade econômica da implantação do sistema hidropônico para alface com recursos do PRONAF em Matão-SP. **Revista IPecege**. v. 2, p. 57-65, 2016.

Lima, G. S.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A.; Silva, S. S. Respostas morfofisiológicas da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Irriga**. v. 19, p. 130-136, 2014.

Lima, L. A.; Oliveira, F. A.; Alves, R. C.; Linhares, P. S. F.; Medeiros, A. M. A.; Bezerra, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agro@mbiente On-line**. v. 9, p. 27-34, 2015.

Menegaes, J. F.; Filippeto, J. E.; Rodrigues, A. M.; Santos, O. S. Produção sustentável de alimentos em cultivo hidropônico. **Revista Monografias Ambientais**. v. 14, p. 102-108, 2015.

Nascimento, I. B.; Medeiros, J. F.; Alves, S. S. V.; Lima, B. L. C.; Silva, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semi- Árido**. v. 11, p. 37-43, 2015.

Nunes, R. L. C.; Dias, N. S.; Moura, K. K. C. F.; Neto, O. N. S.; Costa, J. M. Efeitos da salinidade da solução nutritiva na produção de pimentão cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**. v. 26, p. 48-53, 2013.

Oliveira, F. A.; Oliveira, M. K. T.; Neta, M. L. S.; Silva, R. T.; Souza, A. A. T.; Silva, O. M. P.; Guimarães, I. P. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 8, p. 67-73, 2012.

Panjota Neto, R. A.; Martins, B. S.; Palheta, I. C.; Paula, M. T. Viabilidade econômica da produção de hortaliças em sistema hidropônico em Cametá-PA. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v. 6, p. 75-80, 2016.

Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. USDA, Agriculture Handbook 60.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Filho, D. H. G. Crescimento do girassol em sistema semi-hidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. **Revista Irriga**. v. 20, p. 233-247, 2015.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, A. R.; Dias, N. S.; Medeiros, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 420-432, 2016.

Santos Júnior, J. A.; Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Medeiros, S. S.; Guedes Filho, D. H. Substratos e tempo de renovação da água residuária no crescimento do girassol ornamental em sistema semi-hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18, p. 790-797, 2014.

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.

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, S. T.; Oliveira, F. A.; Costa, J. P. B. M.; Neta, M. L. S.; Alves, R. C.; Costa, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. **Revista Agro@mbiente On-line**. v. 10, p. 326-333, 2016.

Silva, A. O.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Santos, A. N.; Klar, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Revista 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, S. N.; Lima, C. J. G. S.; Medeiros, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 8, p. 476-482, 2013.

Silva, J. K. M.; Oliveira, F. A.; Maracajá, P. B.; Freitas, R. S.; Mesquita, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**. v. 21, p. 30-35, 2008.

Silva, J. L.; Silva, E. S. B.; Kolleska, L. Respostas produtivas de cultivares de rúcula em sistema hidropônico. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 11, p. 16-24, 2016.

Silva, M. G.; Soares, T. M.; Gheyi, R. H.; Oliveira, I. S.; Filho, J. A. S. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Revista Irriga**. v. 21, p. 312-326, 2016.

Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, p. 705-714, 2010.

Souza Neta, M. L.; Oliveira, F. A.; Silva, R. T.; Torres 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 Agro@mbiente On-line**. v. 7, p. 154-161, 2013.

CAPÍTULO IV – Conclusão geral

1. Em linhas gerais, verificou-se resultados mais expressivos quando se adotou a reposição da lâmina de solução evapotranspirada com água de abastecimento, embora que até $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, a reposição com água salobra tenha redundado em resultados compatíveis.

2. O aumento da frequência de circulação da solução nutritiva de duas para três vezes ao dia não influenciou as variáveis relacionadas a biometria, no entanto, a variável de percentual de massa seca da parte aérea aumentou em até 13,3% com a circulação mais frequente da solução nutritiva.

3. O incremento da salinidade da solução nutritiva ocasionou a redução sistemática nas relações hídricas e na produção da rúcula, no entanto, mesmo com as perdas mencionadas, as plantas produziram sob condutividade elétrica da solução nutritiva de até $6,5 \text{ dS m}^{-1}$.