

RAPHAELA REFORÊDO BEZERRA

**CULTIVO DO COENTRO SOB DIFERENTES VAZÕES DE APLICAÇÃO DE
SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS**

**RECIFE - PE,
JULHO de 2022**

RAPHAELA REVORÊDO BEZERRA

**CULTIVO DO COENTRO SOB DIFERENTES VAZÕES DE APLICAÇÃO DE
SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS**

Tese de Doutorado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. José Amilton Santos Júnior, D.Sc.

**RECIFE - PE,
JULHO de 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B574c Bezerra, Raphaela Revorêdo Bezerra
CULTIVO DO COENTRO SOB DIFERENTES VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS
PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS / Raphaela Revorêdo Bezerra Bezerra. - 2022.
111 f. : il.
- Orientador: Jose Amilton Santos Junior.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Recife, 2022.
1. Coriandrum sativum L.. 2. cultivo sem solo. 3. salinidade. 4. relações hídricas. I. Junior, Jose Amilton Santos,
orient. II. Título

CDD 630

RAPHAELA REVORÊDO BEZERRA

**CULTIVO DO COENTRO SOB DIFERENTES VAZÕES DE APLICAÇÃO DE
SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS**

Tese aprovada em 29 de julho de 2022 pela Banca Examinadora:

Orientador

Prof. José Amilton Santos Júnior, D.Sc.

DEAGRI/UFRPE

Examinadores

Prof. Alexandre Nascimento dos Santos, D.Sc.

IFAL - Maragogi (Membro externo)

Prof. Claudio Augusto Uyeda, D.Sc.

IFPE – Vitória de Santo Antão (Membro externo)

Prof. Ênio Farias de França e Silva, D.Sc.

DEAGRI/UFRPE (Membro interno)

Prof. Manassés Mesquita da Silva, D.Sc.

DEAGRI/UFRPE (Membro interno)

“A persistência é o caminho do êxito.”

(Charles Chaplin, 1997)

Este trabalho a Deus, que sempre foi o autor da minha vida e de tudo que me empenhei em fazer. O meu maior apoio nos momentos difíceis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus, pois o Senhor é a minha força e o meu escudo; nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda. Meu coração exulta de alegria, e com o meu cântico lhe darei graças (Salmos 28:7). Sou grata a Deus, que me ajudou em cada etapa desse trabalho e não me deixou fraquejar.

A minha mãe, Josefa Betania Revoredo Bezerra, minha tia, Maria Rosália Revoredo Paz, minha irmã, Karol Revoredo Bezerra, e meu marido Carlos Donato da Silva Souza, por toda paciência, amor, carinho, apoio e entendimento ao longo da minha trajetória e busca na obtenção de um título tão difícil que requer muita dedicação e, principalmente, ausência de muitos momentos familiares.

A minha cadela Lilica, que por vezes já levei ela para fazer minha segurança nos momentos de colheita noturna. Obrigada pelo seu amor desinteressado e sua proteção, sou grata por ser sua tutora.

Aos amigos, Raguiara Primo, Martiliana Freire, Alyne Bognola, Uriel Calisto, James Andrade pela parceria, amizade e pelos dias dedicados a condução do experimento, pois sem vocês essa trajetória teria sido ainda mais árdua.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior, pela amizade e por todo ensinamento, apoio e confiança em mim depositada ao longo deste curso, pois foram momentos em que o país e a pesquisa passaram por momentos muito difíceis devido a pandemia da Covid-19. Assim muitos de nossos trabalhos foram interrompidos diante do vírus desconhecido, mas mesmo com todas as adversidades o senhor conseguiu se manter firme e nunca hesitou em me ajudar e aconselhar, além de uma eximia orientação. O senhor é um exemplo de professor a ser seguido por outros.

Ao Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Ênio Faria França da Silva e o Prof. Dr. Edivan Rodrigues pelas valiosas contribuições feitas para a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa, tornando possível sua realização.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA) por todo apoio e estrutura oferecidos.

Aos professores do PGEA, por todos os subsídios e ensinamentos transmitidos que contribuíram de forma representativa para a minha formação acadêmica. A todos os colegas de pós-graduação, que apesar de não ter conhecido ainda muitos deles pessoalmente, foram fundamentais ao longo de todo o curso, sobretudo pelo compartilhamento de experiências, informações e conhecimentos.

E finalmente, a todas as pessoas aqui não mencionadas que, de alguma forma, contribuíram para que este sonho se tornasse uma realidade.

Muito obrigado!

Sumário

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
1.1. INTRODUÇÃO.....	17
1.2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.2.1. Cultivo sem solo – Hidroponia.....	19
- <i>Histórico e Definição</i>	19
- <i>Princípio de funcionamento: vantagens e desvantagens</i>	19
- <i>Sistemas hidropônicos: NFT (Nutrient Film Technique)</i>	21
- <i>Características das soluções nutritivas</i>	22
1.2.2. Uso de águas salobras no contexto dos cultivos hidropônicos.....	24
- <i>Características das águas salobras do semiárido brasileiro: concentração e prevalência iônica</i>	24
- <i>Águas cloretadas sódicas</i>	25
- <i>Águas cálcicas</i>	26
- <i>Utilização de águas salobras no preparo de soluções nutritivas</i>	27
- <i>Salinidade vs Vazões de aplicação da solução nutritiva</i>	28
1.2.3. Efeito dos sais sobre as plantas.....	29
- <i>Componente osmótico do estresse salino</i>	29
- <i>Componente iônico do estresse salino</i>	30
- <i>Componentes oxidativos do estresse salino</i>	31
- <i>Efeitos dos sais no coentro: estudos de caso</i>	32
1.2.4. A cultura do coentro.....	32
- <i>Taxonomia, botânica e morfologia</i>	32
- <i>Aspectos fisiológicos e fenológicos</i>	34
- <i>Exigência hídrica e nutricional</i>	36

- <i>Principais usos, aplicações e composição</i>	37
- Compostos farmacológicos.....	37
- Culinária.....	38
- Óleos essenciais.....	38
- <i>Bromatologia</i>	39
- <i>Conteúdo nutricional</i>	39
1.3. HIPÓTESES.....	41
1.4. OBJETIVOS.....	41
<i>Objetivo geral</i>	41
<i>Objetivos específicos</i>	41
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPITULO II – ARTIGOS PRODUZIDOS.....	61
EFICIÊNCIA HÍDRICA DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS.....	62
RESUMO	62
ABSTRACT	62
INTRODUÇÃO	63
MATERIAL E MÉTODOS	65
RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
<i>Evolução da CE, do pH, do OD e da temperatura da solução nutritiva</i>	69
<i>Massa seca, teor de água, altura das plantas e consumo hídrico</i>	72
<i>Produtividade e eficiência de uso da água</i>	76
CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS	80
PRODUÇÃO DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS.....	87

RESUMO	87
ABSTRACT	87
INTRODUÇÃO	88
MATERIAL E MÉTODOS	89
RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
<i>Evolução da CE, do pH, do OD e da temperatura da solução nutritiva</i>	93
<i>Partição da produção da massa fresca</i>	97
<i>Partição da produção da massa seca</i>	99
<i>Análise da alocação de massa seca nas plantas</i>	101
CONCLUSÕES	104
REFERÊNCIAS	105
CAPITULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS	109

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
Figura 1- Sistema hidropônico NFT. FONTE:SOARES, 2018	21
Figura 2- Diagrama de Piper. Fonte: FUNCEME (2013).....	25
Figura 3- Morfologia do coentro: raiz (A), caule, folhas (B), inflorescência (C) e fruto de plantas de coentro (D) baseado em Diederichsen (1996).	34
Figura 4- Crescimento inicial (A), floração (B), frutificação (C) e maturação (D) de plantas de coentro. ¹ DAS – Dias após o semeio. Fonte: pt.dreamstime.com (Acesso em 07/2022).....	35
CAPITULO II – ARTIGOS PRODUZIDOS.....	63
EFICIÊNCIA HÍDRICA DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS.....	64
Figura 1. Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m ⁻²) dentro do ambiente protegido entre novembro/2019 e fevereiro/2020. Resultado para o primeiro – NaCl (A) e segundo ciclo CaCl ₂ :2H ₂ O (B).....	68
Figura 2. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.....	72
Figura 3. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de CaCl ₂ :2H ₂ O utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.....	74
Figura 4. Massa fresca (A e B) e teor de água da parte aérea (C e D), altura média dos maços (E e F) e consumo hídrico total (G e H) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl ₂ .2H ₂ O, e aplicadas em vazões crescentes.....	77
Figura 1. Produtividade da água, em base de massa fresca (A e B) e seca (C e D) da parte aérea; eficiência instantânea – A/E (E e F) e intrínseca – A/g _s (G e H) de uso da água de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl ₂ .2H ₂ O, e aplicadas em vazões crescentes.....	80

PRODUÇÃO DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS.....90

Figura 1. Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m⁻²) dentro do ambiente protegido entre novembro/2019 e fevereiro/2020. Resultado para o primeiro – NaCl (A) e segundo ciclo – CaCl₂:2H₂O (B).....93

Figura 2. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.....97

Figura 3. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de CaCl₂:2H₂O utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.....99

Figura 4. Massa fresca total (A e B), da parte aérea (C e D) e da raiz (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl₂.2H₂O, e aplicadas em vazões crescentes.....100

Figura 5. Massa seca total (A e B), da parte aérea (C e D) e da raiz (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl₂.2H₂O, e aplicadas em vazões crescentes.....104

Figura 6. Índice de produção de biomassa da parte aérea (A e B), percentual de massa seca da parte aérea (C e D) e a relação raiz – parte aérea (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl₂.2H₂O, e aplicadas em vazões crescentes.....106

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
Tabela 1. Composição média das folhas e das sementes de coentro. Valores expressos por 100g de parte comestível (Adaptado de Almeida, 2015).	40

BEZERRA, RAPHAELA REFORÊDO. **Cultivo do coentro sob diferentes vazões de aplicação de soluções nutritivas preparadas em águas salobras**, 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE.

Orientador: Prof. José Amilton Santos Júnior, D.Sc.

RESUMO

O ajuste da vazão de aplicação de solução nutritiva é fundamental para o cultivo de hortaliças em sistema “Nutrient Film Technique” - NFT, sobretudo quando se utiliza águas salobras de diferentes concentrações e prevalências catiônicas. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar as relações hídricas, a produção e a partição da biomassa de maços de plantas de coentro, cv. verdão expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras (1,5; 3,0; 4,5; 6,0 dS m⁻¹) e aplicadas em diferentes vazões (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min⁻¹), em sistema hidropônico NFT. Estes tratamentos foram alocados em um delineamento experimental inteiramente casualizado, organizados num esquema fatorial 4x4, com quatro repetições, totalizando sessenta e quatro unidades experimentais. Um após o outro, no período de novembro/2019 a fevereiro/2020, foram realizados dois ensaios em ambiente protegido, DEAGRI/UFRPE, em que as plantas foram expostas aos mesmos tratamentos e delineamento experimental, no entanto, no primeiro experimento, solubilizou-se NaCl e, no segundo ensaio, CaCl₂:2H₂O para se obter as águas salobras utilizadas no preparo da solução nutritiva. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância mediante teste F em 0,05 de probabilidade e, em caso de significância, comparados mediante análise de regressão. Dentre as principais conclusões obtidas, cita-se que o consumo hídrico foi comprometido pelo aumento da concentração de sais na solução nutritiva sob as vazões de 2,0 e 4,0 L min⁻¹ mas esteve estável sob as vazões de 1,0 e 3,0 L min⁻¹ dentro da faixa de salinidade testada sob predominância de CaCl₂:2H₂O. Verificou-se também que o uso de vazões mais baixas, até 2 L min⁻¹, mesmo em maiores níveis de salinidade, implicam em maior produção de massa fresca da parte aérea e, por outro lado, vazões superiores a 2 L min⁻¹ proporcionaram maior massa fresca e seca da raiz.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; cultivo sem solo; salinidade; relações hídricas.

BEZERRA, RAPHAELA REVORÊDO. **Cultivation of coriander under different flow rates of application of nutrient solutions prepared in brackish waters**, 2022. THESIS (Doctorate in Agricultural Engineering) – Rural Federal University of Pernambuco, Postgraduate Program of Agricultural Engineering, Recife-PE.

Advisor: Prof. José Amilton Santos Júnior, D.Sc.

ABSTRACT

The adjustment of the flow rate of application of nutrient solution is essential for the cultivation of vegetables in “Nutrient Film Technique” - NFT system, especially when using brackish water of different concentrations and cationic prevalence. In this sense, the present work was developed with the objective of analyzing the water relations, the production and the partition of the biomass of bunches of coriander plants, cv. verdão exposed to nutrient solutions prepared in brackish water (1.5; 3.0; 4.5; 6.0 dS m⁻¹) and applied at different flow rates (1.0; 2.0; 3.0 and 4, 0 L min⁻¹), in a NFT hydroponic system. These treatments were allocated in an experimental design in entirely randomized, organized in a 4x4 factorial scheme, with four replications, totaling sixty-four experimental units. One after the other, from November/2019 to March/2020, two trials were carried out in a protected environment, DEAGRI/UFRPE, in which the plants were exposed to the same treatments and experimental design, however, in the first experiment, it was solubilized. NaCl and, in the second test, CaCl₂:2H₂O to obtain the brackish water used in the preparation of the nutrient solution. The data obtained were submitted to analysis of variance using the F test at 0.05 probability and, in case of significance, compared using regression analysis. Among the main conclusions obtained, it is mentioned that the water consumption was compromised by the increase in the concentration of salts in the nutrient solution under the flows of 2.0 and 4.0 L min⁻¹, but it was stable under the flows of 1.0 and 3.0 L min⁻¹ within the tested salinity range under predominance of CaCl₂:2H₂O. It was also verified that the use of lower flow rates, up to 2 L min⁻¹, even at higher salinity levels, implies a higher production of fresh mass of the aerial part and, on the other hand, flows higher than 2 L min⁻¹ provided greater fresh and dry mass of the root.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; cultivation without soil; salinity; water relations.

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas, historicamente, são caracterizadas por variabilidade climática e escassez hídrica. Diante desse cenário para mitigar a falta de água em comunidades rurais, a abertura de poços profundos tem se tornado uma prática cada vez mais recorrente. Em janeiro de 2008, haviam cadastrados aproximadamente 145 mil fontes de abastecimento de água subterrânea, sendo quase toda sua totalidade de poços tubulares. Em 2016 os poços cadastrados somavam mais de 278 mil. Uma nova projeção da quantidade de poços indica um aumento anual de mais de 22% em relação a estimativa de 2008, totalizando 1,2 milhão de poços (ANA, 2017).

No entanto, nos poços alocados no recorte semiárido brasileiro, essas águas extraídas dos poços se caracterizam por apresentarem elevadas concentrações de sais e, em decorrência disto, são subutilizadas na agricultura, uma vez que podem afetar o rendimento das culturas e, quando não são manejadas adequadamente, podem acarretar em problemas de salinização dos solos, tornando as áreas improdutivas e até inicializar processos de desertificação (LIMA et al., 2014).

Essas águas, em geral, apresentam elevada concentração de sais e apresentam prevalências de íons de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^{+}) e potássio (K^{+}), assim como se verifica presença de carbonato (CO_3), bicarbonato (HCO_3^{-}), sulfato (SO_4^{-2}) e cloreto (Cl^{-}). Neste sentido, apesar de ser uma fonte alternativa de água importante (SANTOS et al., 2017), o uso dessas águas no preparo de soluções nutritivas demanda a utilização de técnicas adequadas de manejo, uma vez que pode implicar em alterações no equilíbrio iônico da solução nutritiva, que podem promover reações de precipitação de sais, interações antagônicas entre íons no processo de absorção radicular e alterações no pH (BAATH et al., 2017; SANTOS et al., 2017).

Pesquisas que relacionam as águas salobras aos cultivos hidropônicos têm sido cada vez mais recorrentes, e o uso de águas salobras no cultivo de diversas hortaliças folhosas já foi testado em diversas culturas, a exemplo do coentro (SILVA et al., 2015), salsa (MARTINS et al., 2019), rúcula (DA SILVA SANTOS et al., 2018), cebolinha (ARAÚJO et al., 2016), alface (GUIMARÃES et al., 2017), manjeriço (BIONE et al., 2014), entre outras. Apesar dessas vantagens já conhecidas, diversas técnicas têm sido testadas visando mitigar ainda mais o dano salino, a exemplo do aumento da densidade de cultivo (PINHEIRO et al., 2019), manejo de águas de diferentes níveis de salinidade (CONDOR NAVARRO et al., 2022), o uso de maiores

frequências (VIANA et al., 2018) e vazões (SOARES et al., 2020) de aplicação e, também, o controle da temperatura da solução nutritiva aplicada (SILVA et al., 2017).

Especificamente quanto ao ajuste da vazão de aplicação da solução nutritiva, sobretudo nos cultivos em sistema hidropônico NFT, verifica-se necessariamente a adequação a cada cultura, uma vez que a vazão influencia na condução de nutrientes, água e oxigênio a cultura, sendo também importante no cálculo do consumo de energia elétrica (DALASTRA, 2017). Para hortaliças folhosas, a vazão média de aplicação recomendada é na faixa de 1,5 e 4,0 L.min⁻¹ (FURLANI et al., 2009a), no entanto, quando se arrola águas salobras no processo de preparo da solução nutritiva, a relação vazão de aplicação e condutividade elétrica da solução nutritiva, necessita ser ajustada.

Neste sentido, ainda são insipientes os resultados sobre a necessidade de ajuste da vazão em função do aumento da concentração da solução nutritiva, ou se a variação da vazão afeta as plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de Na⁺ e Ca⁺² em um dado intervalo de concentração, ou ainda, se a variação da vazão impacta na temperatura da calha hidropônica e, conseqüentemente, no desempenho de culturas sensíveis, como as hortaliças folhosas (DALASTRA et al., 2020).

As hortaliças, de um modo geral, são sensíveis à salinidade e a altas temperaturas da solução nutritiva, ou seja, são situações que provocam distúrbios fisiológicos na planta como murcha excessiva nas horas mais quentes do dia, queima das bordas das folhas e perda na produtividade, assim a compreensão das respostas hídricas e de produção dos genótipos às condições salinas pode subsidiar decisões que preconizem a obtenção de maiores índices de produção de hortaliças como o coentro, por exemplo (DE PASCALE et al., 2013).

Quando se analisa o uso de águas salobras no cultivo hidropônico do coentro, por exemplo, verifica-se que já foram trabalhadas diversas técnicas de manejo da solução nutritiva em sistema NFT, a exemplo do controle da temperatura (SILVA et al., 2019) e da mistura de águas de diferentes condutividades elétrica no preparo e reposição da solução nutritiva (CAZUZA NETO et al., 2014; REBOUÇAS et al., 2013); entretanto, é fundamental que trabalhos que discutam o ajuste da vazão em um dado intervalo de concentração sejam realizados, e que se considere também, a prevalência catiônica da água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1. Cultivo sem solo - Hidroponia

- Histórico e Definição

A hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo de plantas sem o uso de solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas, com uma concentração apropriada, via solução nutritiva, através de irrigação, na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais. A técnica tem mostrado grande expansão devido ao seu potencial aumento de produtividade agrícola (PUTRA; YULIANDO, 2015; LI et al., 2015).

A primeira referência em literatura sobre o cultivo de plantas sem uso do solo é do pesquisador inglês John Woodward (1665–1728); além disso, o pesquisador William Frederick Gericke foi quem primeiro empregou o termo “hidroponia”, em 1937, para indicar a produção de plantas sem o uso do solo, e foi também quem primeiro utilizou a hidroponia para fins comerciais (NETO & BARRETO, 2011). Já nos anos de 1940, a força aérea dos EUA utilizou sistemas hidropônicos para produzir vegetais frescos para as tropas estacionadas em pequenas ilhas no Pacífico. Atualmente existem sistemas hidropônicos em todo o mundo, incluindo áreas sem solo arável como no México e no Médio Oriente (NETO & BARRETO, 2011).

- Princípio de funcionamento: vantagens e desvantagens

Quando se compara o cultivo em meio hidropônico e em solo, se verifica que a ordem de relevância dos componentes do potencial total não é a mesma. Em decorrência da minimização do potencial mátrico pela ausência do solo, a influência osmótica é mais perceptível nos cultivos hidropônicos, desse modo, em condições de solo, as plantas estão expostas a níveis de potencial hídrico que, teoricamente, demandam mais energia para a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, comprometem o desenvolvimento das plantas (SANTOS JÚNIOR et al., 2016).

Nos cultivos hidropônicos, sobretudo nos casos em que se usa águas salobras no preparo da solução nutritiva, a relevância do potencial osmótico é ainda mais proeminente, sendo importante destacar o papel da prevalência iônica da água sobre o balanço iônico da solução nutritiva e seus

impactos sobre as culturas, pois a diminuição do potencial osmótico está associada a dificuldade das plantas absorverem água e nutrientes e ao acúmulo de íons tóxicos nos tecidos (Cl^- e Na^+) provocando redução na absorção de potássio, cálcio e magnésio (SOARES et al., 2016; COVA et al., 2017).

No sistema hidropônico tem-se melhor controle fitossanitário, pois a produção em ambiente protegido diminui acentuadamente a ocorrência de pragas e doenças devido a barreira física criada pela tela que faz parte da estrutura da estufa. Altas temperaturas, excesso de chuvas ou secas, granizo e geadas são preocupações constantes do produtor. As intempéries climáticas prejudicam tanto a qualidade quanto o rendimento da produção, podendo diminuir drasticamente a rentabilidade do negócio, assim como o sistema é protegido essas intempéries não se tornam fator decisivo para produção (FERNANDES, 2018).

Neto & Barreto (2011) acrescentam que a hidroponia permite um melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas, redução no ciclo da cultura e maior produtividade, redução em alguns tratamentos culturais, redução de riscos climáticos, produção fora de época, produção próxima ao consumo e rápido retorno do capital. Segundo dos Santos Brião et al. (2015) os sistemas mais modernos de hidroponia automatizados podem apresentar uma economia de 70% de uso de água em relação a cultivos convencionais.

Quanto às desvantagens, Afonso (2013) e Silva; Melo, 2014 citam as seguintes: custo inicial de implantação é elevado, necessidade de mão de obra especializada, com conhecimento acerca dos equipamentos; uma boa fonte de água; energia elétrica para o funcionamento segura, tendo em certas situações, que adquirir geradores; os equipamentos necessários para trabalhar as culturas hidropônicas devem ser mais precisos e sofisticados que para o solo, portanto, mais caros de aquisição, instalação e manutenção. A falta de inércia dos sistemas hidropônicos torna-os vulneráveis perante qualquer falha ou erro de manejo. Também alguns sistemas que possuem alto nível de automação qualquer avaria no sistema teria consequência muito mais grave em comparação com a agricultura tradicional.

- *Sistemas hidropônicos: NFT (Nutrient Film Technique)*

O Nutrient Film Technique - NFT é um sistema de circulação fechado, que consiste na passagem de uma lâmina intermitente de solução nutritiva por um leito, estabelecendo um “filme” de solução nutritiva, ao qual as plantas são expostas ao longo do ciclo. Funciona como sistema de irrigação e drenagem simultânea, de modo que o volume aplicado é reconduzido ao reservatório estoque por tubulações, ou seja, a aplicação da solução nutritiva demanda o uso de bombas e a drenagem ocorre por gravidade (Figura 1).

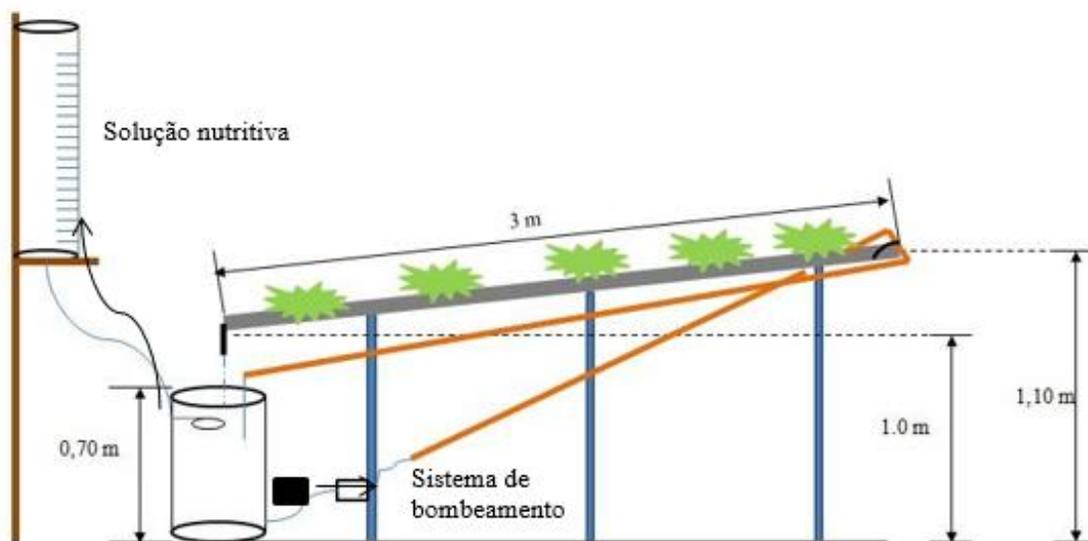


Figura 1. Sistema hidropônico NFT. FONTE: SOARES, 2018

O uso deste designer favorece naturalmente o aproveitamento de águas salobras no preparo e reposição da solução nutritiva, uma vez que ao compor o sistema, a “massa de sais” apenas circula pelo sistema, sem riscos de contaminação para o solo (ALVES et al., 2011). Nesse sistema um terço do sistema radicular fica descoberto pela solução nutritiva, permitindo que as raízes sejam oxigenadas (DALASTRA et al., 2020).

Este sistema proporciona aos produtores uma série de benefícios, a exemplo da maior eficiência no uso de água e fertilizantes, redução do uso de defensivos, redução dos tratos culturais durante o ciclo da cultura, antecipação da colheita, melhor qualidade e preços dos produtos obtidos, produção fora de época (sazonalidade), redução dos riscos provenientes de adversidades climáticas e menor necessidade de mão de obra (PURQUERIO et al., 2018).

Além do já mencionado, evita a exposição das plantas às bactérias do solo, reduzindo a incidência de doenças, a necessidade de pulverização com pesticidas, e proporcionando produtos de melhor qualidade (CHANG et al., 2013).

O Brasil é um dos grandes destaques mundiais nos estudos e na expansão das áreas com cultivos nesse sistema, dos quais 90% optam pelo cultivo de hortaliças na técnica NFT (MELLO, 2016).

- Características das soluções nutritivas

A cultura de plantas em solução nutritiva permitiu identificar os elementos essenciais para as plantas. Um dos princípios básicos para produção vegetal, tanto no solo como sobre sistemas hidropônicos é o fornecimento de todos os nutrientes de que a planta necessita. Assim as soluções nutritivas devem fornecer os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas atendendo as suas necessidades de crescer e produzir adequadamente (OLIVEIRA, 2015).

Diferentes formulações de soluções nutritivas são mencionadas na literatura, porém alguns cuidados devem ser tomados, principalmente quando o preparo é destinado a produção comercial: conhecer a qualidade química e microbiológica da água, verificar a solubilidade dos sais fertilizantes; o nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+) não deve ultrapassar mais do que 20% da quantidade total de N da formulação; evitar a mistura de solução concentrada de nitrato de cálcio com sulfatos e fosfatos, pois podem ocorrer a formação de compostos insolúveis (precipitados) como sulfato de cálcio e fosfato de cálcio; dar preferência ao uso de molibdato de amônio ou ácido molíbdico em vez do molibdato de sódio, pois este é muito alcalino e quando adicionado ao coquetel dos demais sais de micronutrientes pode ocasionar precipitações de alguns deles (FURLANI et al., 2009).

Em cultivos hidropônicos alguns parâmetros devem ser monitorados com frequência, pois a absorção dos nutrientes é influenciada por tais fatores ambientais: condutividade elétrica (valores de 1,5 a 2,5 dS m^{-1}); oxigenação (sistema tipo venturi com intervalos entre 10 – 15 minutos ligados e desligados); temperatura (de acordo com Bremenkamp et al (2012), dentro do intervalo entre 24 e 27 °C não há alteração do crescimento das plantas); pH da solução nutritiva (mantido na faixa de 5,5 e 6,5); fotoperíodo, temperatura e umidade do ar (DE PASCALE et al., 2013; FURLANI, 2008; MARTINEZ et al., 2016; MARTINEZ & SILVA FILHO, 2004).

Assim dentre as formulações as mais citadas são: Carrasco & Izquierdo (1996) - hortaliças diversas; Resh (1993) – tomate; Papadopoulos (1991) – Tomate; Papadopoulos (1994) – pepino; Furlani (1998) – para diversas hortaliças de folhas; Hoagland & Arnon (1938) e solução nutritiva modificada de Hoagland, conforme citação de Resh (1996) (FURLANI et al., 2009).

Não existe uma solução nutritiva universal que atenda a todas as culturas, pois vários fatores influenciam o cultivo incluindo o tipo ou o sistema hidropônico, os fatores ambientais, a época do ano (duração do período da luz), estágio fenológico, a espécie vegetal e a cultivar em produção. A composição química ou a formulação ideal da solução nutritiva é aquela que atende às exigências das plantas (FURLANI et al., 1999b). Sua absorção pelas plantas é influenciada principalmente pelos valores do pH, condutividade elétrica, oxigênio e temperatura (COMETTI et al., 2006).

A oxigenação da solução nutritiva é importante para a respiração das raízes e absorção de nutrientes. A quantidade de oxigênio da solução nutritiva está diretamente ligada a temperatura da solução ou das características físicas do substrato (porosidade). A falta de oxigenação nas raízes prejudica a absorção de nutrientes, pela falta de energia gerada (ATP) no processo de respiração radicular. Sendo a concentração adequada de O_2 dissolvido considerada como adequada entre 5 a 10 ppm ($mg L^{-1}$) (HIDROGOOD, 2017).

No contexto da agricultura, sabe-se que as mudanças nos níveis de pH ocorrem dependendo da diferença na magnitude de nutrientes absorvidos pelas plantas em termos do equilíbrio entre ânions e cátions (ASAO, 2012).

O efeito do pH sobre as plantas pode ser direto ou indireto. O efeito direto refere-se a competição entre o H^+ e os outros cátions, quando o pH é baixo, e do OH^- com os outros ânions, quando o pH é alto (DE MELLO PRADO, 2021). O H^+ também afeta adversamente o mecanismo de transporte de íons, e a permeabilidade das membranas celulares (TAIZ & ZEIGER, 2017). Indiretamente o pH altera a disponibilidade dos nutrientes da solução nutritiva para as plantas e conseqüentemente a absorção dos mesmos. A absorção de manganês, cobre, zinco e especialmente ferro é reduzido a valores altos de pH. Por outro lado, valores baixos de pH acarretam a diminuição na absorção de fósforo, cálcio e magnésio (DE MELLO PRADO, 2021).

Para o coentro utiliza-se fertilizantes de acordo com a recomendação de Furlani (1998) para folhosas, a saber: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de

magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13%, para o preparo de 1000 L de solução nutritiva.

1.2.2. Uso de águas salobras no contexto dos cultivos hidropônicos

- Características das águas salobras do semiárido brasileiro: concentração e prevalência iônica

No Brasil, os recursos hídricos subterrâneos são responsáveis por cerca de 50% do abastecimento de água potável. No recorte semiárido brasileiro, muito embora as águas subterrâneas de poços tubulares se apresentem como uma alternativa viável para suprimento das comunidades rurais, elas são restritas para a dessedentação humana, devido as altas taxas de condutividade elétrica, oriundas dos níveis de salinidade encontrados (NEVES et al., 2017). Além disso os altos índices de sais dissolvidos ultrapassam os limites máximos permitidos para água de consumo humano, de acordo com a portaria do Ministério da Saúde Nº 5 de 2017 (PINHEIRO et al., 2018).

Dentre os principais íons encontrados nas águas salobras do semiárido brasileiro, os ânions HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} e Cl^- e os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ são apontados como os principais responsáveis pelo aumento da salinidade das reservas hídricas, isso a depender das etapas do ciclo hidrológico (HOLANDA et al., 1997).

Estudos realizados nas décadas de 80 e 90 no Nordeste Brasileiro mostram a existência de correlações altamente significativas entre diversas características químicas das águas, especialmente entre a concentração e a presença de certos íons. De acordo com Silva et. al., (2009) em situações de baixas concentrações salinas ($\text{CE} < 750 \mu\text{S cm}^{-1}$) os teores percentuais dos íons de Ca^{+2} encontram-se nos seus níveis mais elevados nas águas oriundas de diversos lugares do cristalino nordestino, próximo aos teores do Na^+ ; no entanto, à medida em que as concentrações salinas das águas se elevam ($\text{CE} > 750 \mu\text{S cm}^{-1}$) os níveis percentuais do Na^+ tendem a crescer, enquanto os íons de Ca^{+2} decrescem, tornando as águas cada vez mais sódicas e menos cálcicas.

Além disso o local de ocorrência, dinâmica hidrogeológica e, também, o período de coleta da amostra - chuvoso ou seco são fatores que afetam a concentração e a prevalência iônica da água. Prova disso, em um estudo realizado por Costa & Gheyi, (1984) no estado da Paraíba

evidenciaram que no período seco e chuvoso, de modo geral, o Na^+ predomina sobre o Ca^{+2} e Mg^{+2} . No período chuvoso, no entanto, os autores mencionam que houve predominância do Ca^{+2} e Mg^{+2} sobre o Na^+ , principalmente quando as concentrações de HCO_3^- eram maiores que as de Cl^- , fato ocorrido apenas em águas com salinidade baixa ($\text{CE} < 750 \mu\text{S cm}^{-1}$).

Dentre os critérios de classificação da água pode-se citar o Diagrama de Piper (Figura 2), que compara e classifica distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes (FUNCEME, 2018).

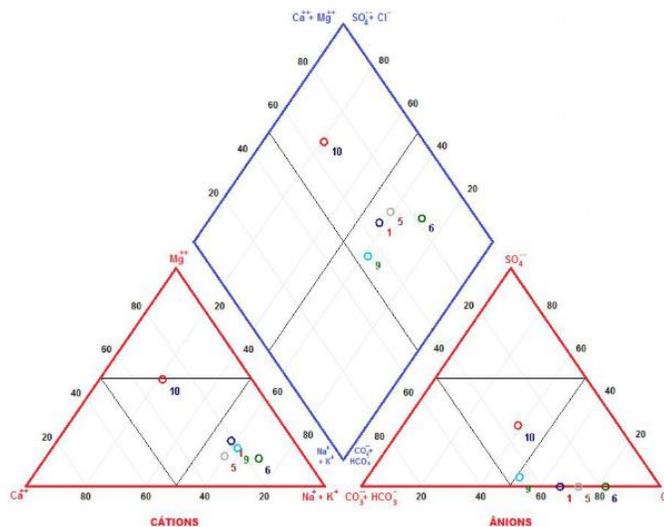


Figura 2. Diagrama de Piper. Fonte: FUNCEME

- Águas cloretadas sódicas

São águas que tem maior predominância do cátion Na^+ (sódio) e ânion Cl^- (cloreto). No contexto geológico essas águas são armazenadas em rochas cristalinas e apresentam, em grande parte, elevados teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 2.000 mg L^{-1} em 75% dos casos (FEITOSA; DINIZ, 2011). Os íons cloreto são altamente móveis e não são retidos em rochas permeáveis, assim a presença de cloreto em águas subterrâneas pode ser atribuída à dissolução de depósitos salinos, descargas de efluentes de indústrias químicas, intrusões salinas, etc. Altas concentrações podem indicar poluição antrópica. O cloreto de sódio tem solubilidade elevada e dificilmente formam precipitados (FREITAS et al., 2016).

Em plantas cultivadas com águas salobras podem ocorrer efeitos prejudiciais em decorrência do estresse salino, como desordens metabólicas causadas pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- nas células das plantas (GEILFUS et al., 2015). A acumulação do Na^+ normalmente interfere nos

processos fisiológicos e bioquímicos dependentes do K^+ , resultando em alterações metabólicas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta (ALVES et al., 2012; MEKAWY et al., 2015).

A presença de sais em excesso inibe a habilidade da planta em absorver água, conduzindo à redução do crescimento vegetal. A absorção excessiva de íons como Na^+ e Cl^- promove a redução do crescimento e este é o efeito iônico da salinidade sobre as plantas (MANSOUR, 2014). O íon Na^+ tem um efeito adverso sobre o crescimento das plantas, quando presente em grandes concentrações, devido sua ação inibir a atividade de várias enzimas do metabolismo respiratório e fotossintético (CRUZ, 2015).

Uma satisfatória razão entre K:Na é vital para ativar reações bioquímicas catalisadas por enzimas no citosol e manter o crescimento das plantas (WAKEEL, 2013). Entretanto, esta razão pode ser desfeita pela presença excessiva de Na no solo o qual dificulta a absorção de K e desencadeia a deficiência deste, além de desordens fisiológicas e metabólicas. Este problema acontece pelo fato do íon tóxico Na competir com o K por meio de um mecanismo que envolve transportadores de membranas de baixa afinidade (SALISBURY; ROSS, 2012).

Ainda levando em consideração a prevalência de NaCl, verifica-se que as concentrações altas desse composto reduzem a fotossíntese diminuindo absorção de CO_2 através dos estômatos, desequilíbrio dentro dos cloroplastos resultando em baixa eficiência de reações de luz e escuridão e causando danos oxidativos aos fotossistemas (PERCEY et al., 2016; BOSE et al., 2017; BOSE et al., 2014).

Muitos pesquisadores relatam que sob prevalência de NaCl na água, se verifica uma alteração na composição nutricional das folhas e escurecimento nas raízes, assim Scagel et al. (2019) verificaram que com o aumento dos níveis de NaCl houve uma diminuição de P, S, Mg, B e Cu nas folhas.

- Águas cálcicas

São águas que tem maior predominância do cátion Ca^{+2} (cálcio) quando em situações de baixas concentrações salinas ($CE < 750 \mu S \text{ cm}^{-1}$). Quanto ao local de ocorrência, teriam origem em ambiente sedimentar em diversos lugares do cristalino nordestino (FEITOSA; DINIZ, 2011; SILVA et al., 1999). O $CaCl_2$ é muito solúvel em água e quando dissolvido gera um processo exotérmico; além disso absorve umidade a ponto de se dissolver na mesma água que umedece seus cristais e essa propriedade é conhecida como deliquescência (OXYCHEM, 2022).

O cálcio é um macronutriente particularmente importante em plantas expostas à salinidade por NaCl devido ao seu papel na redução da absorção de Na^+ e aumento da absorção de K^+ e Ca^{2+} , resultando em um aumento no crescimento e germinação das plantas. (RENGEL, 1992; SALAHSHOOR & KAZEMI 2016). Além disso, também induz a atividade da enzima antioxidante e reduz a peroxidação lipídica das membranas celulares sob estresse abiótico (JIANG & HUANG, 2001). A disponibilidade de cálcio é fundamental para manutenção de teores adequados de íons em tecidos vegetais e para minimizar os efeitos da salinidade (TAIZ & ZEIGER, 2017).

- Utilização de águas salobras no preparo de soluções nutritivas

O aproveitamento de águas salobras em hidroponia tem se mostrado uma técnica satisfatória para o uso eficiente das águas do semiárido, pois com a recirculação da solução nutritiva a salinidade do efluente pode ser mais facilmente administrada, evitando-se a salinização de áreas adjacentes (SOARES et al., 2016).

A utilização dessas águas no preparo de solução nutritiva altera o equilíbrio iônico desse meio, podendo promover reações de precipitação de sais, interações antagônicas entre íons no processo de absorção radicular e alterações no pH da solução (MARSCHNER, 2011). A interação entre nutrientes em cultivo de plantas envolve o conhecimento de processos físicos, químicos e biológicos, os quais estão interligados e são dependentes direta ou indiretamente. As plantas são excelentes indicadoras do seu estado nutricional pois se a disponibilidade de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cultura estiver baixa e/ou há presença de elementos tóxicos, as plantas expressam sintomas visíveis (FAGERIA, 2016).

Interações antagônicas foram observadas por Maggio et al. (2007) cultivando tomate cereja em hidroponia submetido a níveis crescentes de salinidade, produzidos a partir da aplicação de NaCl e CaCl_2 à água do preparo da solução nutritiva, os autores constataram que tanto em folhas novas como em folhas maduras a concentração de Cl^- e de Na^+ aumentaram com o aumento da salinidade, ao contrário do Ca^{2+} e do K^+ que diminuiram suas concentrações nos tecidos foliares. Outra interação foi observada por de Oliveira Bosco et al. (2009) estudando a cultura da berinjela cultivada em hidroponia sob condição salina. Neste estudo, os autores registraram que a salinidade provocou a redução dos teores de N total, tendo sido essa redução atribuída,

provavelmente, ao efeito antagônico do Cl^- sobre a absorção de NO_3^- , e como em solução nutritiva a maior quantidade do N encontra-se na forma nítrica (RODRIGUES, 2002) a diminuição da absorção desse ânion tem forte influência sobre a concentração do N total no tecido foliar.

O aumento da salinidade na água utilizada pode influenciar na absorção de alguns nutrientes. Soares et al., (2015) verificaram que com o aumento da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva reduziu os teores de fósforo e potássio e aumentou os teores de cloreto e sódio nas folhas; além disso o uso de salobra para a preparação da solução nutritiva não teve efeito sobre a absorção dos nutrientes nitrogênio, cálcio, magnésio e enxofre. Além disso esses verificaram que variáveis como área foliar, matéria fresca e matéria seca da parte aérea tiveram um decréscimo com o aumento dos níveis de salinidade da água.

Diversas pesquisas comprovam viabilidade para o uso de águas salobras em condições hidropônicas do tipo NFT, entretanto devido ao alto custo de implantação e dependência energética, pesquisas que utilizam estruturas hidropônicas com os canais de cultivo, de tubos de PVC, em nível, permanecendo uma lâmina de solução nutritiva nos canais, tem se mostrado promissoras. Nesse caso, a solução nutritiva constante permanentemente nos canais hidropônicos mantém as plantas sem restrição hídrica por um período prolongado até o próximo acionamento da eletrobomba, pressupondo-se recirculações menos frequentes. Esses sistemas são conhecidos como hidroponia de baixo custo (SOARES et al., 2015; SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SILVA et al., 2016; COVA et al., 2017).

- Salinidade vs Vazões de aplicação da solução nutritiva

A grande diversidade de cultivares e clima em ambiente produtivo demandam um constante ajuste em vários aspectos do sistema NFT. Um desses aspectos, de fundamental importância é a vazão da solução nutritiva, que é responsável pela condução de nutrientes, água e oxigênio a cultura, que via de regra não apresenta adaptação aquática (RODRIGUES, 2002).

No sistema hidropônico a circulação constante da solução nutritiva é um fator altamente dependente de energia elétrica, assim alternativamente estudos têm sido realizados com canais de cultivo com solução nutritiva permanente mantendo as raízes sem restrição hídrica por um período prolongado até o próximo acionamento da eletrobomba, tendo assim circulações menos frequentes (SANTOS JÚNIOR et al., 2015). Porém intervalos muito amplos podem ser um

problema devido a quantidade de oxigênio dissolvido (OD). A manutenção do OD na solução nutritiva torna-se ainda mais importante quando as temperaturas no ambiente de cultivo são elevadas, pois a concentração de OD é reduzida com o aumento da temperatura na solução nutritiva (ALVES et al., 2019).

Em trabalhos com o coentro utilizaram-se diferentes intervalos para recirculações da solução nutritiva; Santos Júnior et al. (2015) em hidroponia DFT (em tubos de PVC de 100 mm e com lâmina de solução nutritiva de 40 mm) realizaram a recirculação manualmente apenas duas vezes por dia, já Silva et al. (2016) também em hidroponia DFT (em tubos de PVC de 75 mm e com lâmina de solução nutritiva de 45 mm) promoveram a recirculação da solução nutritiva por meio de eletrobombas a cada oito horas.

A vazão ótima da solução nutritiva é atingida quando as plantas estiverem mais bem nutridas, possibilitando maior e mais rápido crescimento das culturas. Todavia, a vazão também interfere no consumo de energia elétrica do sistema hidropônico, variando, na maioria dos sistemas em uso, entre 1,5 e 2,0 L min⁻¹ (DALASTRA, 2017).

A solução nutritiva tende a aquecer quando está percorrendo o perfil hidropônico, pois parte da radiação solar que incide nos perfis é transformada em calor e posteriormente é absorvida pela solução. Assim, quanto maior o volume fluindo ou mais rápido o retorno da solução ao reservatório, menor a possibilidade de superaquecimento (DALASTRA, 2017).

Entretanto, Soares (2018), ao avaliar duas vazões (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹), observou que com a utilização de água salobra no seu maior nível (5,5 dS m⁻¹) e vazão de 1,5 L min⁻¹ a couve-flor teve maior acúmulo de matéria fresca e seca da parte aérea.

1.2.3. Efeito dos sais sobre as plantas

- Componente osmótico do estresse salino

De forma geral, a salinidade dificulta o desenvolvimento das plantas por provocar um efeito osmótico na planta. Esse efeito diz respeito à elevada concentração de sais na solução de qualquer ambiente de cultivo, acarretando em déficit hídrico devido à redução do potencial osmótico (WILLADINO & CAMARA, 2010).

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais poderá acarretar na seca fisiológica, que é um fenômeno pelo qual, a absorção de água pela planta torna-se impossível,

podendo ocorrer a perda de água para o meio de cultivo (DIAS & BLANCO, 2010). O efeito osmótico em torno das raízes tem por consequência a diminuição da taxa de crescimento foliar ao longo dos dias, por meio das reduções no alongamento celular e também a divisão celular. As proporções das células mudam, com mais redução na área do que a profundidade, portanto as folhas tornam-se menores e mais espessas. Estas respostas são semelhantes ao estresse hídrico (MUNNS; TESTER, 2008)

Estes processos causam redução do potencial hídrico da célula, e consequente diminuição da pressão de turgor, afetando negativamente a expansão e o crescimento celular, o metabolismo, crescimento e estabelecimento das plântulas (JALEEL et al. 2009). Soares et al. (2015) afirmam que a germinação das sementes pode ser severamente afetada pela baixa disponibilidade de água e consequente baixo potencial hídrico. O déficit hídrico pode afetar as concentrações de carboidratos, por alterar, basicamente, a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas na planta (DE MOURA et al., 2016).

Algumas plantas criam mecanismos de crescer raízes em condições de déficit hídrico conseguindo manter os tecidos mais hidratados que o meio circundante através do ajustamento osmótico (ECHER et al., 2010). O ajustamento osmótico realizado pelas plantas é um meio de manter o potencial hídrico e a turgescência de suas células próxima ao nível adequado. Isso é realizado através da produção em altas concentrações de componentes que funcionam como osmorreguladores, dentre os quais pode-se destacar açúcares solúveis, prolina, glicina betaína, entre outros. Este processo evita a perda de água por aumentar o potencial osmótico da célula, promovendo assim, a homeostase osmótica (SAMI et al., 2016).

- Componente iônico do estresse salino

O efeito iônico é decorrente dos elevados níveis dos íons Na^+ e Cl^- e da alteração da relação K^+/Na^+ e demais nutrientes (WILLADINNO & CAMARA, 2010).

Como resultado da salinidade ocorre um desbalanceamento nutricional devido ao acúmulo de íons. O acúmulo de íons tóxicos ocorre quando os sais são transportados para a folha pelo fluxo de transpiração e promovem mudanças na absorção e transporte de íons nutrientes, afetam o crescimento, causam desequilíbrio iônico que resulta da inativação de enzimas, deficiência nutricional e estresse oxidativo (IQBAL et al., 2014). O desequilíbrio nutricional, é causado pela redução na absorção e transporte de elementos essenciais ao desenvolvimento das

plantas, por meio do aumento nas concentrações dos íons de Na^+ e Cl^- no interior da planta. Por exemplo, a diminuição das concentrações nos níveis de K^+ e Ca^{2+} (SHANNON et al., 1998).

Em condições salinas, as plantas estão submetidas a quantidades elevadas de sais trocáveis do solo como Na^+ , K^+ e Ca^{2+} . Nestas condições as plantas absorvem preferencialmente o Na^+ e reduz a absorção de K^+ e Ca^{2+} (MARSCHNER, 2011).

Frente à salinidade algumas espécies desenvolvem ajustamento iônico destacando-se a extrusão e/ou retenção de íons nas raízes, evitando níveis tóxicos no aparato fotossintético que se encontra principalmente na folha (MUNNS; TESTER, 2008), a alocação de íons nos vacúolos e a regulação da concentração de íons pelo aumento da suculência nos tecidos (LARCHER, 2006).

- Componentes oxidativos do estresse salino

Alterações no metabolismo em virtude do acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nos tecidos vegetais, ocasionam uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), podendo acarretar estresse oxidativo nas plantas (PARVAIZ; SATYAWATI, 2008). As reações produtoras de EROs ocorrem nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos, durante a fotossíntese, respiração e fotorrespiração, respectivamente (KARUPPANAPANDIAN et al., 2011).

As EROs são moléculas quimicamente reativas, contendo oxigênio, e são formadas como subproduto natural do metabolismo do oxigênio. Têm papel importante na sinalização celular e homeostase, e participam de uma sofisticada rede de vias de sinalização em plantas, em resposta à situações de estresse (BARBOSA, et al., 2014). Por outro lado, durante períodos de estresse ambiental, os níveis de EROs podem acumular, e reagir com moléculas biológicas, podendo resultar em danos irreversíveis para as estruturas celulares, causando estresse oxidativo que pode levar à morte celular (PRISCO & FILHO, 2010). A fotossíntese é o processo metabólico que mais produz EROS nas células vegetais (MILLER et al., 2010).

As EROs por serem altamente reativas e tóxicas, modificam ou bloqueiam outras vias metabólicas, causando danos aos componentes celulares tais como peroxidação lipídica de membranas, inativação de enzimas devido a desnaturação, oxidação de carboidratos, danos na conformação dos ácidos nucléicos e do complexo do fotossistema II (PS II) (GILL & TUTEJA, 2010).

As EROS podem ser produzidas em qualquer compartimento celular e são controladas por um complexo sistema antioxidante, que as plantas evoluíram para atuar de forma coordenada, a

fim de conter os efeitos deletérios desta produção (El-SHABRAWI et al., 2010). Os antioxidantes são quaisquer substâncias que atrasam, removem ou previnam os danos oxidativos, ou seja, um fator de tolerância. Os antioxidantes moleculares principais em vegetais são ascorbato (AA), tocoferol, carotenoides, glutathione (GSH); os enzimáticos são superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), monodehidroascorbato redutase (MDAR), glutathione peroxidase (GPX), glutathione redutase (GR) entre outros. (MITTLER et al. 2004, GILL & TUTEJA 2010).

Os sistemas antioxidantes não enzimáticos exercem um papel protetor contra o estresse oxidativo evitando a formação de radicais livres. Já o sistema antioxidante enzimático é composto por enzimas capazes de sinalizar o estresse. Esses sistemas juntos atuam na eliminação das espécies reativas de oxigênio (EROS) e na redução do dano oxidativo (KHAN & PANDA, 2008).

- Efeitos dos sais no coentro: estudos de caso

Os efeitos do excesso de sais solúveis se manifestam através da pressão osmótica elevada e ação tóxica de alguns elementos, como o Na⁺ e o Cl⁻, que promovem distúrbios fisiológicos à planta (MELLO et al., 1983), afeta negativamente a germinação, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causa morte das plântulas (TAIZ & ZEIGER, 2017). Quando se utiliza água de irrigação com concentração elevada de sais, é necessário se conhecer a salinidade acima da qual a planta começa a ser afetada (MEDEIROS et al., 1998). Segundo Brady (1989), a capacidade de adaptação dos vegetais superiores a solos salinos depende de certos fatores, destacando-se a constituição fisiológica da planta e o estágio de crescimento. As hortaliças, de maneira geral, são as culturas mais sensíveis à salinidade (MAAS & HOFFMAN, 1977).

1.2.4. A cultura do coentro

- Taxonomia, botânica e morfologia

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertencente à família Apiaceae é nativo do Mediterrâneo, mas atualmente é cultivado e consumido em muitos países (GHAMARNIA et al. 2013). É uma espécie olerícola de ciclo anual, de clima quente, intolerante a baixas temperaturas, sendo semeado na primavera-verão; ou ao longo do ano, em localidades baixas. Nas regiões

Norte e Nordeste as condições climáticas permitem o cultivo do coentro durante todo o ano (FILGUEIRA, 2003).

Essa planta apresenta raiz pivotante do tipo fusiforme (Figura 3A), pouco profunda, que explora os 15 a 20 cm superficiais de solo (LEDO & SOUSA, 1997); caule cilíndrico, ereto, estriado e pouco ramificado atingindo em média de 25 a 60 cm. Pode atingir até 1 metro de altura. Possui as folhas da base aladas (Figura 3B), semelhantes às folhas da salsa, porém mais escuras e mais recortadas, sendo alternas, pinadas e de coloração verde brilhante (LEDO & SOUSA, 1997).

As flores são hermafroditas, protândricas, brancas ou róseas, pequenas, sendo as da circunferência radiadas e com pétalas maiores, dispostas em umbelas pouco pedunculadas e com 5-10 raios (DIAS, 2011).

Quando florada, sua haste cresce verticalmente com poucas ramificações, terminando por uma inflorescência tipo umbela, com flores brancas ligeiramente purpúreas (Figura 3C). É uma planta alógama com polinização entomófila (PIMENTEL, 1985).

O fruto do coentro é um diaquênio (duas sementes) elipsoide ou globoso, constituído por dois mericarpos fortemente unidos e de cor amarelo-acastanhada quando maduros (EPPINGER & HOFMANN, 2008), com dimensões que variam entre os 1,5 a 5 mm de diâmetro e com aroma e sabor aromático (Figura 3D). O aroma faz lembrar o gengibre, os cítricos e a sálvia (EMBRAPA, 2013).

A.



B.



C.



D.

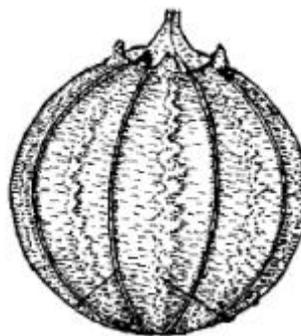


Figura 3. Morfologia do coentro: raiz (A), caule, folhas (B), inflorescência (C) e fruto de plantas de coentro (D) baseado em Diederichsen (1996).

- Aspectos fisiológicos e fenológicos

O coentro é uma planta C_4 e do ponto de vista do metabolismo fotossintético, as plantas de coentro possuem características fisiológicas favoráveis referentes à eficiência de conversão de gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos, como os carboidratos. Esse processo fotossintético ocorre por causa do CO_2 ser continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e posteriormente redistribuído para sua utilização (TAIZ; ZEIGER, 2017). A fotossíntese C_4 confere vantagens competitivas em ambientes com temperatura alta e alta luminosidade. Estas plantas estão adaptadas a luz e altas temperaturas, superando em muito a produção das plantas C_3 sob estas condições, além de utilizam mais eficientemente a água (MACEDO, 2015).

O desenvolvimento do coentro (Figura 4), em seus estádios fenológicos (estádio inicial, estágio vegetativo, estágio reprodutivo e estágio de maturação), também está relacionado a aspectos externos como temperatura, qualidade sanitária das sementes e do ambiente, disposição de água e outros (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O processo de germinação do coentro é epidermal e geralmente ocorre entre cinco a sete dias. A faixa ideal de temperatura para a germinação pode variar com a cultivar, tendo-se verificado bons resultados entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (PEREIRA et al., 2011). O processo de germinação é influenciado pela salinidade, que afeta a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes (SIVRITEPE et al., 2003).

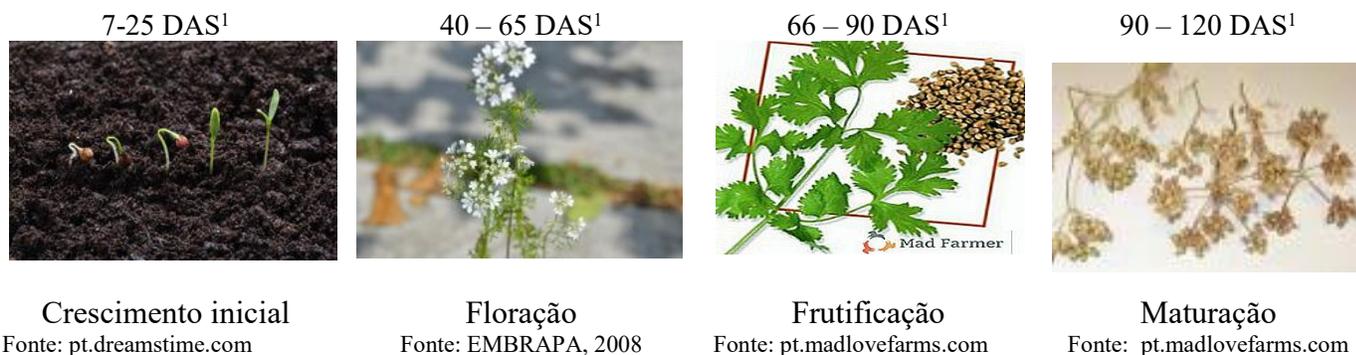


Figura 5- Crescimento inicial (A), floração (B), frutificação (C) e maturação (D) de plantas de coentro. 1DAS – Dias após o semeio. Fonte: pt.dreamstime.com

O estágio inicial compreende o período que vai do semeio até o estabelecimento inicial das plantas, com duração entre uma e três semanas. O fornecimento de água deve ser frequente nos três primeiros dias. A partir daí, com o desenvolvimento do sistema radicular, as regas podem ser um pouco mais espaçadas (EMBRAPA, 2007).

Na primeira fase do seu desenvolvimento, temperaturas amenas (18 °C a 25°C) favorecem a emissão de folhas e talos, proporcionando um desenvolvimento satisfatório das partes vegetativas da planta. Passados mais 40 dias as plantas atingem o máximo do seu desenvolvimento vegetativo, onde deve ser realizado o corte das folhas. Após essa fase as plantas iniciam o período reprodutivo, quando as folhas se tornam mais finas, as plantas mais fibrosas, dando início à floração (GUSMÃO & GUSMÃO, 2007).

Durante o período de floração o caule e as folhas podem ficar na cor vermelho ou violeta, e essas murcham antes dos primeiros frutos estarem maduros (DIEDERICHSEN, 1996). É destacadamente o estágio mais crítico ao déficit hídrico (EMBRAPA, 2007). O aumento da temperatura, assim como do fotoperíodo, são fatores que favorecem a floração, iniciando assim a segunda fase do desenvolvimento da planta: frutificação e maturação, para posterior colheita dos frutos (JUNIOR & NASCIMENTO, 2009). Climas quentes levam a que a planta floresça muito rapidamente, com um desenvolvimento da folhagem reduzido, sendo a produção de biomassa nestas condições praticamente nula (JUNIOR & NASCIMENTO, 2009).

Na frutificação ocorre o desenvolvimento dos frutos, que é de onde se extrai o óleo essencial. As propriedades aromáticas do coentro mudam drasticamente durante o amadurecimento dos frutos, e o cheiro dos frutos maduros é muito diferente dos frutos verdes (DIEDERICHSEN, 1996).

Durante este estágio, compreendido entre o início da maturação e a colheita das sementes, há uma brusca redução do requerimento de água pelas plantas, permitindo que as irrigações sejam mais espaçadas que no estágio reprodutivo (EMBRAPA, 2007). As hortaliças folhosas são consideradas exigentes em nutrientes, quando comparadas com outras culturas, em função de seus ciclos curtos (OLIVEIRA et al., 2004), essa exigência torna-se cada vez maior à medida que se aproxima o final do ciclo (PEREIRA & NASCIMENTO, 2003).

A senescência foliar tem como principal característica a perda de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2017). Durante a senescência das folhas, os nutrientes, principalmente o nitrogênio (N), são degradados e mobilizados das folhas para outros tecidos da planta que apresentam capacidade de armazenamento (WOO et al., 2013).

- Exigência hídrica e nutricional

Em virtude das condições climáticas da região Nordeste, o coentro sempre é cultivado com o uso da irrigação e, em pequenas áreas, sendo utilizada água proveniente de fontes menores, como pequenos açudes e poços (PEREIRA et al., 2015).

No estudo da demanda hídrica das culturas se procura identificar as exigências das plantas em seus diferentes estágios de desenvolvimento (DA SILVA et al., 2012), no entanto, informações sobre a demanda hídrica do coentro são praticamente ausentes. Destaca-se, todavia, o trabalho de Silva et al., (2017), que estudando a cultivar Verdão, em condições hidropônicas, avaliando disponibilidades de 5,50 e 2,75 L maço⁻¹ de solução nutritiva, comentam que o consumo hídrico do coentro para produzir 1 kg de massa fresca da parte aérea são gastos os volumes de solução de 43,78 e 44,99 L, respectivamente, mostrando assim que a menor disponibilidade foi mais vantajosa, pois o volume de água e os nutrientes utilizados para o preparo da solução são reduzido pela vazão.

O cultivo de hortaliças folhosas caracteriza-se por ser uma atividade agroeconômica altamente intensiva e nutricionalmente exigente, visto que seus ciclos são relativamente curtos e a falta de qualquer elemento essencial à planta afeta seu crescimento, produtividade e qualidade (DAFLON et al., 2014)

As hortaliças necessitam de macronutrientes e micronutrientes durante o seu desenvolvimento. Os macronutrientes são: nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); enxofre (S). Os micronutrientes essenciais são: manganês (Mn); zinco (Zn),

cobre (Cu), ferro (Fe), molibdênio (Mo), boro (B); cloro (Cl); níquel e sódio (Na), cobalto (Co), silício (Si) e níquel (Ni) são considerados benéficos (REGINALDO DE CAMARGO et al. (2013).

Estes nutrientes minerais desempenham funções essenciais e específicas, portanto sua deficiência ou toxidez é observada através de quadros sintomatológicos e visuais. A manifestação visual das deficiências nutricionais do coentro foi observada na seguinte ordem $Ca < B < N < S < Mg$ (DAFLON et al., 2014). Avaliando a aplicação de fertirrigação pulsada e contínua na cultura do coentro, de Menezes (2018) verificou que acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação decresceu na seguinte ordem: $K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu$.

A deficiência de Ca pode provocar escurecimento radicular, morte da gema apical, clorose e necrose nas bordas das folhas novas; a deficiência em B pode provocar folhas encarquilhadas, com manchas cloróticas e esbranquiçadas; a deficiência de N causa folhas com coloração verde-clara, devido a menor produção de clorofila; para a ausência de S têm-se os sintomas de coloração verde-clara e posterior clorose nas folhas jovens, influenciando apenas a produção de massa verde não afetando o sistema radicular devido sua pouca mobilidade; sob deficiência do Mg ocorre clorose e posterior necrose marginal em folhas mais velhas; os sintomas de deficiência de P descritos são manchas cloróticas que avançaram para necrose nas folhas inferiores e intermediárias e as raízes exibiram coloração acastanhada; A deficiência de K não evidencia sintomas visuais, porém, o potássio na planta atua como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos e turgor celular (MARSCHNER, 2011; DAFLON et al., 2014).

- Principais usos, aplicações e composição

- Compostos farmacológicos

Todas as hortaliças são compostas majoritariamente por água. As hortaliças verdes apresentam uma série de nutrientes: pró-vitamina A, luteína, vitamina B2, vitamina B5, vitamina B9, vitamina C, vitamina K, cálcio, ferro, magnésio e potássio. No geral, elas auxiliam no crescimento e na manutenção da pele, ossos, cabelos e visão; contribuem para os sistemas digestório, nervoso, imunológico e sexual; e reduzem o colesterol e o risco de doenças cardiovasculares (EMBRAPA, 2012).

O uso de plantas ou de medicamentos à base de plantas para tratar ou prevenir doenças designa-se por fitoterapia, e isso leva a uma maior investigação destas plantas e das atividades biológicas dos seus compostos bioativos (LARIBI et al., 2015).

Os principais responsáveis pelos efeitos benéficos das plantas aromáticas são substâncias que contém fitoquímicos, que são um grande grupo que inclui compostos fenólicos, nomeadamente, flavonoides, carotenoides, esteróis, glucosinolatos e outros compostos com enxofre, e com elevada atividade biológica e potencial para a proteção contra doenças (EMBUSCADO, 2015).

As folhas dos coentros apresentam inúmeros componentes, tais como: lípidios, com predominância de ácidos gordos polinsaturados, como o ácido linoleico; polifenóis, como flavonoides, cumarinas e ácidos fenolcarboxílicos; e óleos essenciais, ricos em ácidos aromáticos (LARIBI et al., 2015).

Os benefícios dessa planta vão além do seu sabor e características aromáticas, sendo há muito aplicada na medicina tradicional, auxiliando o tratamento de diversas patologias, como distúrbios gastrointestinais, ansiedade, perda de apetite, reumatismo, entre outras. Em ensaios em laboratório os extratos preparados com diversas partes desta planta têm demonstrado atividades antioxidante, antidiabética, anticancerígena, e de inibição da peroxidação lipídica (ZHANG et al., 2014). Segundo Laribi et al. (2015), vários estudos em animais foram realizados com o intuito de demonstrar as referidas propriedades, que poderão estar relacionadas com o teor em polifenóis e outros fitoquímicos presentes nos coentros (BARROS et al., 2011).

- Culinária

As folhas frescas e sementes desta planta são usadas na alimentação, como condimento em variados pratos, devido às suas propriedades organolépticas e flavour característico. Enquanto as sementes são usadas em pó, como uma especiaria, as folhas são principalmente usadas frescas, para aromatizar os alimentos (BARROS et al., 2011); os frutos são usados na indústria de condimentos, na fabricação de pães, doces e licores finos (PEREIRA et al., 2011).

- Óleos essenciais

Os óleos essenciais são misturas complexas com efeitos medicinais devido à presença de antioxidantes e antimicrobianos em seus tecidos, além de comprovada ação anti-inflamatórias

(GHAIMA et al. 2013; KHAN et al. 2011). Os principais componentes químicos dos óleos essenciais são: coriandrol, pineno, gerânio, cimeno, d-linalol, limoneno e terpinol (ZHOU et al., 2011). Priyadarshi e Borse (2014), em estudos sobre o efeito do aumento dos níveis de NaCl no coentro, verificaram aumento no rendimento do óleo essencial, na salinidade de 50 e 75 mM de NaCl em 0,53% e 0,55%, respectivamente, sendo constatado também aumento de d-linalol.

O óleo extraído de sementes inteiramente maduras e secas é um líquido incolor ou amarelo pálido com um odor característico e um sabor suave, doce, quente e aromático. Seu principal componente é o linalol (70%), que tem grande potencial como antibacteriano, inseticida, nematocida, antibiótico e antimicrobiano, e como componentes minoritários têm-se α -pineno, β -pineno, dipenteno, p-cimeno, dodecanal, dodecanol, n-tetradecanol, decanal, geraniol e cânfora (SILVA et al., 2012).

O óleo essencial obtido das sementes possui alto rendimento, de 2 a 7% (AZAMBUJA 2015). A respeito de atividades biológicas relatadas, o óleo de coentro mostrou-se eficiente contra algumas bactérias patogênicas humanas a saber: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* (DELAQUIS et al. 2002). Silva et al. (2011a) avaliaram a ação antibacteriana do coentro essencial óleo contra bactérias Gram positivas e Gram negativas usando fluxo citometria e chegaram à conclusão que o principal mecanismo de ação do óleo essencial de coentro é dano na membrana da bactéria.

- Bromatologia

A análise nutricional em 100 g de coentro encontra-se: 0,52 g gordura, 2,13 g proteína, 0,87 g de hidrato de carbono, 92,21 g de água, 2,8 g de fibra dietética, 0,014 g de ácidos gordos saturados, 0,87 g de mono e dissacáridos, beta-caroteno, piridoxina, ácido fólico, vitamina B1, B2, E, K, colina, ácido ascórbico, niacina, pectina, koriandrol, fitosterol, acético, ácido fórmico, oxálico, rutina, 521 mg de potássio, 67 mg de cálcio, 46 mg de sódio, 26 mg de magnésio, 1,77 de ferro, 48 mg de fósforo (MAD FARMER 2018).

- Conteúdo nutricional

A popularidade dos coentros deve-se à fragrância peculiar das suas folhas e frutos, sendo também reconhecido como uma boa fonte de Ca (188 mg/100g), Fe (3mg/100g), Vitamina C

(75mg/100g), Pró-vitamina A e minerais (Tabela 2) (WANDERLEY JUNIOR & NASCIMENTO, 2010).

Tabela 1. Composição média das folhas e das sementes de coentro. Valores expressos por 100g de parte comestível (Adaptado de Almeida, 2015).

Macronutrientes e energia	Folha	Semente	Vitaminas	Folha	Semente	Minerais	Folha	Semente
Água (%)	92,2	8,9	Vitamina A (UI)	6748	0	Potássio (mg)	521	1267
Energia (kcal)	23	298	Tiamina (mg)	0,067	0,239	Cálcio (mg)	67	709
Proteína (%)	2,1	12,4	Riboflavina (mg)	0,162	0,29	Fósforo (mg)	48	409
Gordura (%)	0,5	17,8	Niacina (mg)	1,114	2,13	Magnésio (mg)	26	330
Hidratos de carbono (%)	3,7	55	Ácido ascórbico (mg)	27	21	Sódio (mg)	46	35
Fibra (%)	2,8	41,9	Vitamina B6 (mg)	0,149	-	Ferro (mg)	1,77	16,3

1.3. HIPÓTESES

- A relação vazão de aplicação vs condutividade elétrica da solução nutritiva varia com a natureza catiônica das águas;
- O aumento da vazão da solução nutritiva reduz o efeito deletério da salinidade sobre parâmetros de relações hídricas e aspectos produtivos do coentro.
- O aumento da vazão favorece a produtividade hídrica e fotossintética das plantas sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras;
- Nas condições salinas postas, o incremento da vazão influenciará a partição de matéria seca favorecendo a parte aérea em detrimento da raiz.

1.4. OBJETIVOS

Objetivo geral

Analisar as relações hídricas, a produção e a partição da biomassa de maços de plantas de coentro, cv. verdão expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras de diferentes concentrações e prevalências catiônicas e aplicadas em diferentes vazões, em sistema hidropônico NFT - Nutrient Film Technique.

Objetivos específicos

- a) Quantificar a demanda e estimar a eficiência hídrica e a influência da vazão de aplicação na otimização do uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva;
- b) Identificar eventuais diferenças no teor de água dos maços de plantas em função da vazão de aplicação e do aumento da condutividade elétrica, inclusive, identificar diferenças nos danos proporcionadas pela preponderância de diferentes cátions;
- c) Estudar a produção e o teor de matéria seca das plantas e o papel mitigador da vazão sobre os danos decorrentes do aumento da condutividade elétrica;
- d) Avaliar o impacto do aumento da concentração dos diferentes sais e da vazão de aplicação sobre a partição de matéria seca dos maços das plantas;

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Fernando Henrique. Alface hidropônica na Chácara dos Ypês–DF: uma estratégia para comercializar a produção e uma proposta de ferramenta auxiliadora na gestão da propriedade. 2013.

ALMEIDA, D. Manuseamento de produtos hortofrutícolas. Volume I, 3ª edição. Editora Presença, Lisboa. p. 119-122, 2015.

ALVES, Francisco Abel Lemos et al. Cinética de absorção de K⁺ na ausência e presença de Na⁺ em raízes de cajueiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 439-445, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300004>

ALVES, Lucylia Suzart et al. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, n. 4, p. 758-769, 2019.

<https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n4p758-769>

ALVES, Márcio S. et al. 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.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500009>

ANA (2017) **CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL RELATÓRIO 2017**. Relatório Pleno 2017. SPR. MMA. Brasília.

ARAUJO, Josinaldo Lopes et al. Crescimento e nutrição mineral de cebolinha verde cultivada hidroponicamente sob diferentes concentrações de N, P e K. **Revista Ceres**, v. 63, p. 232-240, 2016.

<https://doi.org/10.1590/0034-737X201663020015>

ASAO, Toshiki (Ed.). **Hydroponics: A standard methodology for plant biological researches**. BoD–Books on Demand, 2012.

BAATH, Gurjinder S. et al. Irrigation water salinity influences at various growth stages of *Capsicum annuum*. **Agricultural water management**, v. 179, p. 246-253, 2017.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377416301901>

BARBOSA, Marta Ribeiro et al. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000300011>

BARROS, Lillian et al. Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**, v. 132, n. 2, p. 841-848, 2012.

DOI:[10.1016/j.foodchem.2011.11.048](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.048)

BIONE, Maria AA et al. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1228-1234, 2014.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1228-1234>

BOSE, Jayakumar et al. Chloroplast function and ion regulation in plants growing on saline soils: lessons from halophytes. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 12, p. 3129-3143, 2017.

<https://doi.org/10.1093/jxb/erx142>

BOSE, Jayakumar; RODRIGO-MORENO, Ana; SHABALA, Sergey. ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 5, p. 1241-1257, 2014.

<https://doi.org/10.1093/jxb/ert430>

BRADY, Nyle C. **Natureza e propriedades dos solos**. F. Bastos, 1989.

BREMENKAMP, D. M. et al. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 596-604, 2012.

DOS SANTOS BRIÃO, Fabiano. Monitoramento de um cultivo hidropônico através de um circuito de automação e controle. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 1, p. 105-116, 2015.

<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/2644>

REGINALDO DE CAMARGO, Alirio CD et al. Diagnose foliar em mudas de pinhão-manso (*Jatropha Curcas L.*) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 283-290, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000300006>

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. 5. ed. Campinas: Fundação Cargill, 590p, 2012.

CAZUZA NETO, A. et al. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: **Brazilian Symposium on Salinity**. 2014. p. 3678-3684.

DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a493>

CHANG, Audrey Chingzu; YANG, Tsz Yi; RISKOWSKI, Gerald L. Changes in nitrate and nitrite concentrations over 24 h for sweet basil and scallions. **Food chemistry**, v. 136, n. 2, p. 955-960, 2013.

DOI: [10.1016/j.foodchem.2012.08.084](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.084)

COMETTI, Nilton Nélio et al. IV-Soluções nutritivas: formulação e aplicações. **Nutrição mineral de plantas**, p. 90-112, 2006.

CÓNDOR NAVARRO, Franz Edwin. Cultivo do coentro sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes predominâncias catiônicas.

COSTA, RUBENS GERMANO; GHEVI, HANS RAJ. VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO DA MICRORREGIÃO HOMOGÊNEA DECATOLE DO ROCHA, PB. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 19, n. 8, p. 1021-1025, 1984.

COVA, Alide MW et al. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 150-155, 2017.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p150-155>

CRUZ, Flávio José Rodrigues. Respostas bioquímicas e fisiológicas de plantas jovens de cana-de-açúcar sob diferentes concentrações de NaCl no solo. 2015.

DA SILVA SANTOS, Rafaelly Suzanye et al. Cultivo da rúcula em substrato de fibra de coco sob solução nutritiva salina. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 1, p. 12-21, 2018.

<https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n1p12-21>

DAFLON, Dâmaris SG et al. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura brasileira**, v. 32, p. 28-34, 2014.

<https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100005>

DALASTRA, Cleiton. Nutrição e produção de alface americana em função da vazão, periodicidade de exposição e condutividade elétrica da solução nutritiva em sistema hidropônico. 2017.

DALASTRA, Cleiton et al. Produção e nutrição da alface americana em função da vazão da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 21-26, 2020.

<https://doi.org/10.1590/s0102-053620200103>.

DE MELLO PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo; Editora Unesp, 2008. 407p.

DE MENEZES, SIRLEIDE MARIA. Estado nutricional e acúmulo de nutrientes em coentro fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado. 2018.

DE OLIVEIRA BOSCO, Maria Regilia et al. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 157-164, 2009.

DE PASCALE, Stefania; ORSINI, Francesco; PARDOSSI, Alberto. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. **Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops**, v. 169, 2013.

DELAQUIS, Pascal J. et al. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. **International journal of food microbiology**, v. 74, n. 1-2, p. 101-109, 2002.

DOI: [10.1016/s0168-1605\(01\)00734-6](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(01)00734-6)

DIAS, Maria Inês Moreira Figueiredo. **Caracterização química e molecular de amostras de *Coriandrum sativum* L. obtidas in vivo e in vitro**. 2011. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico de Braganca (Portugal).

DIAS, N. da S.; BLANCO, Flávio F. Efeitos dos sais no solo e na planta. 2010.

DIEDERICHSEN, Axel. **Coriander: *Coriandrum Sativum* L**. Bioersivity International, 1996.

ECHER, Fábio Rafael et al. Water stress induced by mannitol in cotton cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 638, 2010.

<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902010000400018>

EL-SHABRAWI, Hattem et al. Redox homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification as markers for salt tolerance in Pokkali rice. **Protoplasma**, v. 245, n. 1, p. 85-96, 2010.

DOI: [10.1007/s00709-010-0144-6](https://doi.org/10.1007/s00709-010-0144-6)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Circular técnica: Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica**. Brasília, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortalças em revista**. Brasília, Ano I - Número 2 Março/Abril de 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Irrigação em Campos de Produção de Sementes de Hortalça**. Brasília, 2007.

EMBUSCADO, M. E. Spices and herbs: natural sources of antioxidants—a mini review. *J Funct Foods* 18: 811–819. 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.005>

EPPINGER, M.; HOFMANN, H. Plantas medicinais. **Guia claro e simples para a sua identificação**. Everest Editora. Portugal, 2008.

FAGERIA, N. K. **O uso de nutrientes em plantas agrícolas**. Imprensa CRC, 2016.

FARMACOPEIA BRASILEIRA, vol. 2., 5th ed. 2010. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, http://www.anvisa.gov.br/hotsite/cd_farmacopeia/index.htm> acesso em: 7 de julho de 2018.

FEITOSA, Fernando AC; DINIZ, João Alberto Oliveira. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. **Águas Subterrâneas**, 2011.

FERNANDES, Igor Lamark Araújo et al. A importância da hidroponia para o semiárido brasileiro. 2018.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: Viçosa: UFV, p. 289-90, 2003.

FREITAS, Marcos Alexandre de; ROISENBERG, Ari; ANDRIOTTI, José Leonardo Silva. Análise exploratória de dados da condutividade elétrica nas águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2016.

DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v30i1.28518>

FUNCEME. **Qualigraf**. Disponível em: <http://www3.funceme.br/qualigraf/app/pagina/show/3>. Acesso em: 09 out. 2018.

FURLANI, P. R. **Cultivo protegido de hortaliças com ênfase na hidroponia**. Instituto Frutal, 2008.

FURLANI, Pedro Roberto. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT. 1998.

FURLANI, P. R. et al. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1999.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 1 - Conjunto hidráulico**. 2009a. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm. Acesso em: 3/11/2018.

FURLANI, Pedro Roberto et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.

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: 15/6/2022.

GEILFUS, Christoph-Martin et al. Fast responses of metabolites in *Vicia faba* L. to moderate NaCl stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 92, p. 19-29, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.04.008>

GHAIMA, Kais Kassim; HASHIM, Noor Makie; ALI, Safaa Abdalrasool. Antibacterial and antioxidant activities of ethyl acetate extract of nettle (*Urtica dioica*) and dandelion (*Taraxacum officinale*). **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n. 5, p. 096-099, 2013.

DOI:[10.7324/JAPS.2013.3518](https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3518)

GHAMARNIA, Houshang et al. Effect of different water stress regimes on different coriander (*Coriander sativum* L.) parameters in a semi-arid climate. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 4, p. 822-832, 2013.

GILL, Sarvajeet Singh; TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

DOI: [10.1016/j.plaphy.2010.08.016](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016)

GUIMARÃES, Rafaela Felix Basilio et al. Acúmulo de fitomassa de cultivares de alface hidropônica submetidas à salinidade. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2141, 2017.

GUSMÃO, SAL; GUSMÃO, MTA. Produção de hortaliças com princípios orgânicos. **Belém: UFRA**, 2007.

HOLANDA, JS de et al. Qualidade da água para irrigação. **Gheyi, HR; Dias, N. da S.; Lacerda, CF de**, p. 35-50, 1997.

IQBAL, Noushina et al. A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: regulation of proline metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, v. 100, p. 34-42, 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.12.006>

JALEEL, Cheruth Abdul et al. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **Int. J. Agric. Biol**, v. 11, n. 1, p. 100-105, 2009.

JIANG, Yiwei; HUANG, Bingru. Effects of calcium on antioxidant activities and water relations associated with heat tolerance in two cool-season grasses. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 355, p. 341-349, 2001.

<https://doi.org/10.1093/jexbot/52.355.341>

JUNIOR, L. J. G. W.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de Coentro. **Hortivale**. [Online]. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Luiz%20Jorge2_Prod_%20Sem_coentro.pdf [Acedido: 29-03-2022], 2009.

KARUPPANAPANDIAN, Thirupathi et al. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 709-725, 2011.

KHAN, Ikhlas A.; ABOURASHED, Ehab A. **Leung's encyclopedia of common natural ingredients: used in food, drugs and cosmetics**. John Wiley & Sons, 2011.

KHAN, M. H.; PANDA, S. K. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, n. 1, p. 81-89, 2008.

DOI: [10.1007/s11738-007-0093-7](https://doi.org/10.1007/s11738-007-0093-7)

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Paulo: Ed. **Rima**, 2006.

LARIBI, Bochra et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia**, v. 103, p. 9-26, 2015.

DOI: [10.1016/j.fitote.2015.03.012](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012)

LÉDO, FJ da S.; SOUSA, JA de. Coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Hortaliças não convencionais da Amazônia**, 1997.

LEPRUN, Jean-Claude. **Relatorio de fim de convenio de manejo e conservacao do solo no Nordeste brasileiro (1982-1983)**. SUDENE/ORSTOM, 1983.

LI, Chunjie et al. Removal of low concentration nutrients in hydroponic wetlands integrated with zeolite and calcium silicate hydrate functional substrates. **Ecological Engineering**, v. 82, p. 442-450, 2015.

DOI:[10.1016/j.ecoleng.2015.05.003](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.003)

DE LIMA, José OG; FRANÇA, Antonia Mayza M.; LOIOLA, Helena G. Implicações hidroquímicas da condutividade elétrica e do íon cloreto na qualidade das águas subterrâneas do semiárido cearense. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 279-292, 2014.

MAAS, Eugene V.; HOFFMAN, Glenn J. Crop salt tolerance—current assessment. **Journal of the irrigation and drainage division**, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.

MACEDO, Rodrigo Campos. AVALIAÇÃO DE CONTINUIDADE ESPACIAL PARA COLONIZAÇÃO DE PLANTAS C4. **Revista Presença Geográfica**, v. 2, n. 2, p. 46-54, 2015.

MAD FARMER, 2018. Disponível em: <https://pt.madlovefarms.com/2893-cilantro-composition-useful-properties-and-contraindications>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.

MAGGIO, Albino et al. Salt stress response in tomato beyond the salinity tolerance threshold. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, n. 3, p. 276-282, 2007.

DOI:[10.1016/j.envexpbot.2006.02.002](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.02.002)

MANSOUR, Mohamed Magdy F. The plasma membrane transport systems and adaptation to salinity. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 18, p. 1787-1800, 2014.

DOI: [10.1016/j.jplph.2014.08.016](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.08.016)

MARSCHNER, Horst (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, 2011.

MARTINEZ, Daiana Gotardo; MARTINS, BHS; FEIDEN, Armin. Valor nutricional do cultivo de alface hidropônico. **Revista Brasileira de Energias Renováveis, Cascavel**, v. 5, n. 4, p. 481-489, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v5i4.45633>

MARTINEZ, Herminia Emilia Prieto; DA SILVA FILHO, Jaime Barros. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. UFV, 2004.

MARTINS, Juliana Bezerra et al. Produção da salsa em condições hidropônicas sob soluções nutritivas salobras isosmóticas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019.

<https://doi.org/10.1590/1413-7054201943023418>

MEDEIROS, José Francismar de et al. Efeitos da qualidade e quantidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 22-26, 1998.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v02n01p22-26>

MEKAWY, Ahmad Mohammad M. et al. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 87, p. 17-25, 2015.

DOI: [10.1016/j.plaphy.2014.12.007](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.12.007)

MELLO, FAF de et al. Fertilidade do solo. **São Paulo: Nobel**, p. 45-72, 1983.

MELLO, Simone da Costa. Cultivo hidropônico de hortaliças. 2016.

MILLER, G. A. D. et al. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, cell & environment**, v. 33, n. 4, p. 453-467, 2010.

DOI: [10.1111/j.1365-3040.2009.02041.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02041.x)

MITTLER, Ron et al. Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in plant science**, v. 9, n. 10, p. 490-498, 2004.

DOI: [10.1016/j.tplants.2004.08.009](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.08.009)

MONITORAMENTO DO PH E OXIGENAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA. **HIDROGOOD**, São Paulo, 04 de abr. de 2020. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/noticias/hidroponia/monitoramento-do-ph-e-oxigenao-da-solucao-nutritiva>. Acesso em: 04 de abr. de 2020.

DE MOURA, Adenilda Ribeiro et al. Water relations and organic solutes in young plants of *Jatropha curcas* L. under different water regimes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 345-354, 2016.

DOI:[10.5902/1980509822735](https://doi.org/10.5902/1980509822735)

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 651, 2008.

EGÍDIO, Neto Bezerra; LEVY, Barreto Paes. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, p. 107-137, 2011.

NEVES, Antônia Leila Rocha et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 124-135, 2017.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1722>

OLIVEIRA, Ademar P. de et al. Resposta do coentro à adubação fosfatada em solo com baixo nível de fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 87-89, 2004.

<https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100017>

OLIVEIRA, Luiz Edson Mota de. Temas em fisiologia vegetal. Setor Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, 2015. Disponível em:

<http://www.ledson.ufla.br/nutricao-e-metabolismo-mineral/solucoes->

[nutritivas/#:~:text=As%20solu%C3%A7%C3%B5es%20nutritivas%20fornecem%20os,adequada%2C%20dependendo%20da%20exig%C3%Aancia%20nutricional](#). Acesso em: 27 abr. 2022.

OXYCHEM. Cloreto de cálcio: um guia de propriedades físicas. Obtido em 2 de Julho de 2020, em: oxy.com

PARVAIZ, A. et al. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. **Plant Soil and Environment**, v. 54, n. 3, p. 89, 2008.

DOI:[10.17221/2774-PSE](#)

PERCEY, William J. et al. Salinity effects on chloroplast PSII performance in glycophytes and halophytes1. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 11, p. 1003-1015, 2016.

DOI: [10.1071/FP16135](#)

PEREIRA, Joan Carlos Alves et al. Desempenho de cultivares de coentro em função do manejo da irrigação na região semiárida. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia-Contecc**. Fortaleza-CE, 2015.

PEREIRA, Maria Francisca Soares et al. Desempenho agrônômico de cultivares de coentro, *Coriandrum sativum* L., fertilizado com composto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 41, 2011.

PEREIRA, Roseane S.; NASCIMENTO, Warley M. Avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 21, 2003.

PIMENTEL, Alvaro Augusto Moussallem Pantoja. **Olericultura no tropico umido; hortalias na Amazonia**. Agronômica Ceres, 1985.

PINHEIRO, Francisco Wesley Alves et al. Saline water and potassium fertilization in cultivation of grafted West Indian cherry'BRS 366 Jaburu'. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 1, p. 187-198, 2019.

PINHEIRO, Lidiane Gomes et al. Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade Caatinga Grande. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 1, p. 132-157, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-6>

PRISCO, José T.; GOMES FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**, p. 143-58, 2010.

PRIYADARSHI, Siddharth; BORSE, Babasaheb Bhaskarrao. Effect of the environment on content and composition of essential oil in coriander. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 5, n. 2, p. 57-65, 2014.

<http://ir.cftri.res.in/id/eprint/12320>

PURQUERIO, LFV et al. Bioeconomia: promoção da horticultura urbana do século XXI. **O Agrônômico**, v. 70, p. 6-19, 2018.

PUTRA, P. Agung; YULIANDO, Henry. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: a review. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 3, p. 283-288, 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.054>

REBOUÇAS, Jonatas Rafael Lacerda et al. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p624>

RENGEL, Z. The role of calcium in salt toxicity. **Plant, Cell & Environment**, v. 15, n. 6, p. 625-632, 1992.

DOI: [10.1111/j.1365-3040.1992.tb01004.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01004.x)

RODRIGUES, Luís Roberto Franco. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Funep, 2002.

SALAHSHOOR, Farzane; KAZEMI, Fatemeh. Effect of calcium on reducing salt stress in seed germination and early growth stage of *Festuca ovina* L. **Plant, Soil and Environment**, v. 62, n. 10, p. 460-466, 2016.

<https://doi.org/10.17221/319/2016-PSE>

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. Fisiologia das plantas Cengage Learning. **Wadsworth, Belmont**, 2012.

SAMI, Fareen et al. Role of sugars under abiotic stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 109, p. 54-61, 2016.

DOI: [10.1016/j.plaphy.2016.09.005](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.09.005)

SANTOS JÚNIOR, José A. et al. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1152-1158, 2015.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1152-1158>

SANTOS JÚNIOR, José A. et al. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia agrícola**, v. 36, p. 420-432, 2016.

<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p420-432/2016>

SANTOS, Alexandre Nascimento dos et al. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 576-585, 2017.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170067>

SANTOS, Alexandre Nascimento dos et al. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 319-326, 2011.

DOI:[10.1590/S1806-66902011000200009](https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200009)

SCAGE SCAGEL, Carolyn F.; LEE, Jungmin; MITCHELL, Jesse N. Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 119-128, 2019.

SHANNON, M. C. et al. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. **Crop Science**, v. 38, n. 2, p. 394-398, 1998.

<https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800020021x>

SILVA, A. P. P.; MELO, B. Hidroponia. Núcleo de Estudo em Fruticultura no Cerrado, 06 Junho 2014. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/hidropo.htm>. Acesso em 11 de abr. 2022.

DA SILVA, Eduardo Teixeira; SCHWONKA, Fabiano. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agraria**, v. 2, n. 1, p. 111-116, 2001.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v2i1.1007>

SILVA, Filomena et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: its antibacterial activity and mode of action evaluated by flow cytometry. **Journal of medical microbiology**, v. 60, n. 10, p. 1479-1486, 2011.

DOI: [10.1099/jmm.0.034157-0](https://doi.org/10.1099/jmm.0.034157-0)

SILVA, Filomena et al. Antifungal activity of *Coriandrum sativum* essential oil, its mode of action against *Candida* species and potential synergism with amphotericin B. **Phytomedicine**, v. 19, n. 1, p. 42-47, 2011.

DOI: [10.1016/j.phymed.2011.06.033](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.06.033)

SILVA, Filomena et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: its antibacterial activity and mode of action evaluated by flow cytometry. **Journal of medical microbiology**, v. 60, n. 10, p. 1479-1486, 2011.

DOI: [10.1099/jmm.0.034157-0](https://doi.org/10.1099/jmm.0.034157-0)

SILVA, J. S. **Produção de hortaliças folhosas com uso de águas salobras do Semiárido e do Recôncavo Baiano utilizando sistema hidropônico NFT. 2012. 78 f.** 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado Ciências Agrárias: Área de concentração em Agricultura Irrigada e Sistemas Hidroagrícolas)-Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Brasil.

SILVA, M. A. D.; COELHO JÚNIOR, L. F.; SANTOS, A. P. Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 192-196, 2012.

<https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000500012>

SILVA, MG da et al. Consumo hídrico do coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. In: **Proceedings of the 4th Inovagri International Meeting. Fortaleza, Brazil.** 2017.

SILVA, Mairton G. da et al. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 447-454, 2016.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p447-454>

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

DOI:[10.7127/rbai.v9n400319](https://doi.org/10.7127/rbai.v9n400319)

DA SILVA, Vicente de PR et al. Water requirements and single and dual crop coefficients of sugarcane grown in a tropical region, Brazil. 2012.

DOI: [10.4236/as.2012.32032](https://doi.org/10.4236/as.2012.32032)

DA SILVA, Vicente de PR; TAVARES, Alexandra L.; SOUSA, Inajá Francisco de. Evapotranspiration and simple and dual crop coefficients of coriander. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 255-259, 2013.

<https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200013>.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H. O.; ERIS, A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. **Scientia horticultrae**, v. 97, n. 3-4, p. 229-237, 2003.

DOI:[10.1016/S0304-4238\(02\)00198-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00198-X)

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

SOARES, Hammady R. et al. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 258-265, 2020.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p258-265>

SOARES, HAMMADY RAMALHO E. et al. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 656-664, 2016.

<https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n316rc>

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

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p636-642>

SOARES, T. M. et al. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. **Gheyi, HR; Dias, N. da S.; Lacerda, CF de**, p. 373-390, 2016.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

VIANA, Paula Carneiro et al. Estatística multivariada como ferramenta descritiva na análise sensorial de alface hidropônica produzida com águas salobras. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2725-2730, 2018.

WAKEEL, Abdul. Potassium–sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, n. 3, p. 344-354, 2013.

<https://doi.org/10.1002/jpln.201200417>

WANDERLEY JUNIOR, L. J. G.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de coentro. **Circular técnica da Embrapa Hortaliças: Brasília**, 2010.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

WOO, Hye Ryun et al. Plant leaf senescence and death–regulation by multiple layers of control and implications for aging in general. **Journal of cell science**, v. 126, n. 21, p. 4823-4833, 2013.

DOI: [10.1242/jcs.109116](https://doi.org/10.1242/jcs.109116)

ZHANG, Chuan-Rui et al. Evaluation of coriander spice as a functional food by using in vitro bioassays. **Food chemistry**, v. 167, p. 24-29, 2015.

DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.06.120](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.120)

ZHOU, Zhi-Feng et al. Analysis of the essential oils of *Coriandrum sativum* using GC-MS coupled with chemometric resolution methods. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v. 59, n. 1, p. 28-34, 2011.

DOI: [10.1248/cpb.59.28](https://doi.org/10.1248/cpb.59.28)

CAPITULO II – ARTIGOS PRODUZIDOS

EFICIÊNCIA HÍDRICA DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: O impacto da salinidade da solução nutritiva sobre a eficiência hídrica pode ser alterado com a vazão de aplicação proposta. Partindo desta premissa, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a eficiência hídrica e componentes de produção de plantas de coentro, cultivar Verdão, expostas a soluções nutritivas (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aplicadas com diferentes vazões (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min⁻¹) em sistema hidropônico NFT. Um após o outro, foram realizados dois ensaios, com a única diferença de que, no primeiro, a condutividade elétrica da solução nutritiva foi estabelecida mediante a solubilização de quantitativos de NaCl e, no segundo ensaio, de CaCl₂.2H₂O. Os trabalhos foram desenvolvidos em casa de vegetação, nas dependências do Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE (8° 01' 05'' de latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste, com latitude média de 6,5 m) no período de novembro/2019 a fevereiro/2020. Analisou-se variáveis relacionadas aos componentes de produção e também ao consumo e eficiência de uso da água, de modo que esses dados foram submetidos a análise de variância em nível de 0,05 de probabilidade. Verificou-se que a eficiência hídrica e os componentes de produção de plantas de coentro foram mais afetadas pelo aumento da condutividade elétrica na solução nutritiva. O CaCl₂.2H₂O promove uma menor produção de massa seca, altura de planta, consumo hídrico, eficiência instantânea no uso da água e eficiência intrínseca no uso da água. As relações hídricas do coentro foram inibidas pelo aumento da concentração de sais da solução nutritiva, enquanto o aumento da vazão da solução nutritiva da solução nutritiva afetou os parâmetros produtivos das plantas de coentro.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; salinidade; cultivo sem solo.

WATER EFFICIENCY OF CORIANDER UNDER FLOWS OF APPLICATION OF NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN BRACKISH WATERS

ABSTRACT: The impact of nutrient solution salinity on water efficiency can be altered with the proposed application flow. Based on this premise, the present work was developed with the objective of analyzing the water efficiency and production components of coriander plants,

cultivar Verdão, exposed to nutrient solutions (1.7; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) applied with different flow rates (1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 L min⁻¹) in NFT hydroponic system. One after the other, two tests were carried out, with the only difference being that, in the first, the electrical conductivity of the nutrient solution was established through the solubilization of amounts of NaCl and, in the second, of CaCl₂.2H₂O. The works were carried out in a greenhouse, on the premises of the Agricultural Engineering Department at UFRPE (8° 01' 05" south latitude and 34° 56' 48" west longitude, with an average latitude of 6.5 m) from November/2019 to March/2020. Variables related to production components and also to consumption and water use efficiency were analyzed, so that these data were subjected to analysis of variance at a probability level of 0.05. It was found that the water efficiency and production components of coriander plants were more affected by the increase in electrical conductivity in the nutrient solution. CaCl₂.2H₂O promotes lower production of dry mass, plant height, water consumption, instantaneous efficiency in water use and intrinsic efficiency in water use. The water relations of coriander were inhibited by increasing the concentration of salts in the nutrient solution, while the increase in the flow rate of the nutrient solution affected the productive parameters of coriander plants.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; salinity; soilless cultivation.

INTRODUÇÃO

O coentro, *Coriandrum sativum* L., é uma hortaliça herbácea anual, pertencente à família Apiaceae, sendo hoje amplamente cultivado em todo o mundo (MACHADO et al., 2022). No Brasil, é uma espécie bastante consumida e cultivada em diversas regiões do país, incluindo o semiárido brasileiro, no entanto, ainda são utilizadas técnicas rústicas de produção, com baixo nível tecnológico e aplicação desordenada de insumos (CAVALCANTE et al., 2016).

No contexto hidropônico, especialmente no semiárido brasileiro, o uso de águas salobras no preparo e reposição da solução nutritiva tem sido alvo de diversos estudos, em que se verifica resultados técnicos viáveis para culturas como a couve-flor (SOARES et al., 2020), a alface (SILVA et al., 2021), a salsa (MUCHECUA et al., 2022), a cebolinha (SANTOS et al., 2021) e, também, o coentro (SILVA et al., 2022).

Está bem documentado que o acúmulo de sal na zona radicular, especialmente em sistemas hidropônicos de ciclo fechado onde a solução nutritiva recircula mais de uma vez nas linhas de cultivo, é inevitável (AVDOULI et al., 2021). O aumento da concentração de íons em nível celular nas plantas induz desequilíbrios nutricionais e osmóticos, bem como o acúmulo de espécies reativas de oxigênio, que afetam negativamente o metabolismo e a função celular das plantas (CARBAJAL-VÁZQUEZ et al., 2022) e, portanto, comprometem o crescimento e a produtividade das culturas.

Entretanto, a depender do local de extração da água, época do ano para coleta, dentre outros aspectos, além de se verificar variações de concentração, conforme relatado por Holanda et al. (2016), que estima uma predominância na faixa de 0,1 a 3,0 dS m⁻¹, em média, também se verifica diferentes prevalências catiônicas nas águas, com registros de maior presença do Na⁺ e Ca⁺² em regiões do semiárido brasileiro.

Outro aspecto a ser relacionado a esta discussão, é o ajuste da vazão de aplicação da solução nutritiva, cuja relevância se verifica no maior fluxo de massa na região da rizosfera, possibilitando maior disponibilidade de nutrientes e oxigênio às plantas (GENUNCIO et al., 2011). A importância deste ajuste é mencionada por Soares et al. (2020), sobretudo, por ocasião do uso de águas salobras no preparo da solução, indicando como ideal a vazão de 1,5 L min⁻¹ para a cultura da couve-flor.

Em contrapartida, o aumento da vazão solução diminui a capacidade de absorção de nutrientes, visto que o menor tempo de exposição do sistema radicular aos íons impossibilita a ligação desses nutrientes a todos os sítios de adsorção disponíveis nas raízes (MENDONÇA et al., 2017). Por outro lado, maiores vazões podem favorecer a redução da temperatura da solução nutritiva, em virtude do maior volume e menor tempo de exposição durante o percurso no canal, havendo menor efeito da troca de calor sobre as plantas (GENUNCIO et al., 2011). Posto isso, em regiões sob limitação hídrica, além do uso de águas salobras como fonte alternativa de água, a otimização de parâmetros de eficiência hídrica mediante a adequação do manejo da solução nutritiva é primordial para o sucesso do negócio no contexto hidropônico (CRUZ et al., 2018; SOARES et al., 2020).

Por outro lado, embora a análise de parâmetros como a produção de massa seca e altura da parte aérea dos maços de planta tendo como referência o desempenho da produtividade e da eficiência de uso da água já tenha sido estudado em algumas culturas (CAMPOS JÚNIOR et al.,

2018; SILVA et al., 2018b; SILVA et al., 2020a), ainda são poucas as informações sobre o ganho potencial, eventualmente proporcionado pelo ajuste da vazão, considerando diferentes prevalências catiônicas da água salobra, dentro de um dado intervalo de concentração.

Partindo desta premissa, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a eficiência hídrica e componentes de produção de plantas de coentro, cultivar Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas com águas salobras – NaCl e CaCl₂:2H₂O, dispostas em concentrações crescentes e aplicadas em diferentes vazões.

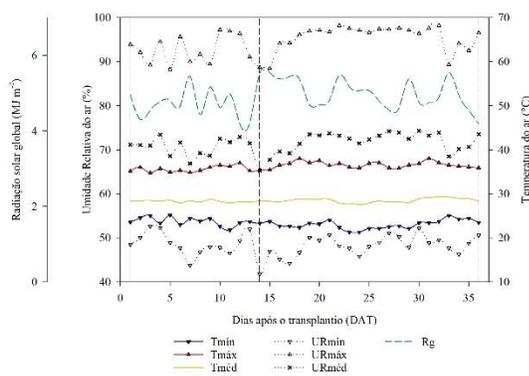
MATERIAL E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas em casa de vegetação situada nas dependências do Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em Recife, PE (8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m) entre novembro/2019 e fevereiro/2020.

A casa de vegetação utilizada possui 7 x 21 m, com pé-direito de 3 m e altura máxima do arco de 4,5 m, com telas laterais em nylon e filme de 150 micras no telhado.

Dentro da casa de vegetação, monitorou-se a temperatura (°C), a umidade relativa do ar (%), e a radiação solar global (MJ m⁻²) com o auxílio de um psicrômetro, em cada uma das etapas experimentais. Durante o período experimental, a umidade relativa do ar variou entre 41,8 e 98,2% (Experimento I) e 45,4 e 98,7% (Experimento II), a temperatura do ar esteve na faixa entre 21,3 e 38 °C (Experimento I) e 22,3 e 38,4°C (Experimento II), bem como a radiação solar global média foi de 4,90 MJ m⁻² (Experimento I) e 4,41 MJ m⁻² (Experimento II) (Figura 1).

A.



B.

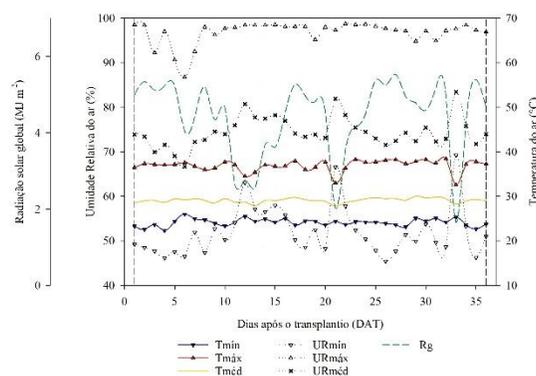


Figura 1. Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m⁻²) dentro do ambiente protegido entre novembro/2019 e fevereiro/2020. Resultado para o primeiro – NaCl (A) e segundo ciclo – CaCl₂:2H₂O (B).

A organização da estrutura hidropônica (*Nutrient Film Technique*) dentro da casa de vegetação consistiu na instalação de trinta e duas parcelas experimentais de cada lado, com uma rua central de um metro de largura. Cada parcela experimental foi constituída de um perfil hidropônico com formato trapezoidal – 75 mm, de 3 m de comprimento e espaçamento de 0,20 m entre as plantas.

As bancadas, instaladas para dar suporte físico aos perfis, foram construídas em tubo PVC – 50 mm e projetadas para oferecer três pontos de apoio às calhas, o que proporcionava aos perfis, uma inclinação de 3,33%. Em cada bancada, foram colocados quatro perfis hidropônicos, sendo as bancadas espaçadas em 0,60 m entre si.

Cada perfil hidropônico foi trabalhado de forma individual e independente, e a cada um deles foi associado (i) uma eletrobomba de circulação de 220 V - 34 W de potência, (ii) um reservatório-estoque para solução nutritiva - 50 L e (iii) um segundo reservatório-estoque, que continha a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva – 15 L. O reservatório-estoque de água salobra foi interconectado com o reservatório-estoque de solução nutritiva e, com auxílio de um dispositivo automático e por gravidade, realizava de forma automática a reposição do nível do reservatório-estoque de solução nutritiva, que diminuía em decorrência do consumo hídrico das plantas.

Um após o outro, foram realizados dois ensaios com o mesmo delineamento experimental, inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 4, com repetições, totalizando sessenta e quatro parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram no uso de quatro soluções nutritivas (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aplicadas com diferentes vazões (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min⁻¹) em sistema NFT. Em cada um dos dois ciclos se utilizou um sal diferente no preparo das águas salobras (NaCl e CaCl₂:2H₂O).

Em um reservatório de 1000 L cheio com água de abastecimento local (CE≈0,12 dS m⁻¹), preparou-se, uma única vez, solução nutritiva para todo o experimento, ou seja, solubilizou-se o quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al., (1999) para hortaliças folhosas, em que foram adicionados: 750,0 g de nitrato de cálcio, 500,0 g de nitrato de potássio, 400,0 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 150,0 g de fosfato monoamônico. Esse aporte de fertilizantes correspondeu às seguintes concentrações de nutrientes em mmol L⁻¹: 13,59 N; 2,37 Ca; 5,50 K;

2,61 P; 1,37 S; 1,48 Mg; e em $\mu\text{mol L}^{-1}$: 180,0 B; 30,0 Cu; 180,0 Fe; 140,0 Mn; 8,0 Mo; 90,0 Zn, correspondente a condutividade elétrica de $1,58 \text{ dSm}^{-1}$.

Após o preparo e posterior distribuição da solução nutritiva nos reservatórios, conforme tratamento, com auxílio da equação de Richards (1954), estimou-se o quantitativo de sais, NaCl (0; 14,24; 30,66 e $47,09 \text{ mmol L}^{-1}$) no primeiro e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0; 5,66; 12,19 e $18,72 \text{ mmol L}^{-1}$) no segundo ciclo e, deste modo, obteve-se as mesmas condutividades elétricas iniciais da solução nutritiva (CEsn) 1,7; 3,0; 4,5 e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ nos dois ensaios.

Quanto ao manejo da solução nutritiva, com auxílio de registros de gaveta, as vazões de aplicação da solução nutritiva desejadas ($1,0$; $2,0$; $3,0$ e $4,0 \text{ L min}^{-1}$) foram calibradas e periodicamente revisadas. Quanto aos eventos de aplicação de solução nutritiva, com auxílio de um temporizador elétrico, aconteciam entre 06:00 e 18:00 horas, adotando-se intervalos de 15 min de funcionamento e 15 min de descanso; no horário noturno, o temporizador elétrico era programado para injetar a solução a cada 2 horas durante 15 min.

A reposição do nível do reservatório-estoque de solução nutritiva era efetuada automaticamente, com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Monitorou-se diariamente a condutividade elétrica (CEsn), o potencial hidrogeniônico (pHsn), o oxigênio dissolvido (ODsn) e a temperatura (Tsn) da solução nutritiva. Para caso de eventual necessidade de se elevar ou reduzir o pHsn estava previsto o uso de NaOH ou KCl, respectivamente, assim como a substituição da solução nutritiva nos casos em que a $\text{CEsn} < 1,0 \text{ dS m}^{-1}$.

A cultivar de coentro utilizada foi a Verdão. O semeio foi realizado em copos descartáveis de 100 ml, de cor branca, devidamente perfurados, da parte mediana até a base do copo, simulando uma malha copo para hidroponia. Foi utilizado a fibra de coco como substrato, devidamente lavada, na qual foi feito o semeio de 10 frutos por copo.

Até o sexto dia após o semeio (DAS), duas vezes por dia, as plântulas foram irrigadas de manhã e à tarde com 50 mL água de abastecimento local ($\text{CE} \approx 0,12 \text{ dS m}^{-1}$) por copo. Entre o 6º e 13º DAS, com igual frequência de aplicação e volume, procedeu-se a rega com solução nutritiva (Furlani et al., 1999) diluída em 50%.

No 13º DAS fez-se o desbaste, deixando-se dez plantas por copo. No 14º DAS realizou-se o transplântio para o sistema hidropônico e teve início a aplicação dos tratamentos. Em cada parcela experimental, foram distribuídos dez copos, sendo os oito centrais, considerados área útil

e, os dois das extremidades da calha, considerados bordaduras, de modo que na estufa tínhamos um total de 640 copos, cada uma com dez plantas.

Quanto a questão fitossanitária, no primeiro ensaio (NaCl) procedeu-se o do pulgão (*Toxoptera* spp) e da mosca branca (*Bemisia tabaci* G.), pelo uso do ingrediente ativo Deltametrina, na dosagem de 30 ml 100 L⁻¹ água, em aplicação única, sem ocasionar, portanto, dano à cultura. No segundo ensaio, não foi necessária a intervenção quanto a questão fitossanitária.

Ao final de cada colheita, foi determinada a massa fresca da parte aérea, em balança de precisão e, imediatamente após a pesagem, o material foi acondicionado em sacos de papel e seca em estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C até peso constante, para quantificação da massa seca da parte aérea (MSPA). Em seguida, foi calculado o teor de água na parte aérea (TAPA), conforme metodologia de Benincasa (2003). A altura de planta (AP) foi medida com auxílio de trena, considerando-se da base do substrato até o ápice da folha mais alta.

O consumo hídrico (CH) foi determinado aos 30 DAS, conforme equação a seguir:

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

Em que: V_{ETC} – volume evapotranspirado, ml planta⁻¹ dia⁻¹; Lf – leitura final do nível de água no depósito de abastecimento automático, cm; Li – leitura inicial do nível de água no depósito de abastecimento automático, cm; D – diâmetro interno do depósito de abastecimento automático, m; Δt – intervalo de tempo entre as leituras, dias; n – número de plantas no perfil no intervalo de tempo, Δt .

A produtividade da água foi estimada considerando-se a relação entre a produção de MFPA/MSPA e o volume evapotranspirado (L⁻¹). A eficiência instantânea (A/E) e intrínseca (A/g_s) de uso da água também foi mensurada com o auxílio do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (IRGA, modelo ADC – LCpro – SD da ADC/England).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 de probabilidade e, em caso de efeito significativo, comparou-se mediante análise de regressão. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA et al., 2019).

Via de regra, as reduções verificadas dentro da CEs_n de 1,7 dS m⁻¹ em relação ao valor inicial, podem ser atribuídas ao natural consumo de nutrientes pelas plantas (ROPOKIS et al., 2018) e a reposição do nível do reservatório estoque ter sido feita com a água utilizada no preparo da solução nutritiva deste tratamento (CE_a≈0,12 dS m⁻¹). Por outro lado, nos demais casos, o aumento da CEs_n em relação ao valor inicial pode ser associado a concentração da água utilizada na reposição do reservatório estoque, conforme tratamentos.

Ainda no primeiro ciclo, os valores de pH_{sn} (Figura 2A, 2B, 2C e 2D) também oscilaram em relação ao valor inicial, todavia, foram verificados valores na faixa de entre 5,42 e 6,75, considerada adequada para o crescimento dos vegetais em sistemas hidropônicos, visto que a maioria dos nutrientes se encontram disponíveis para serem absorvidos pelo vegetal (SILVA et al., 2018a; MUCHECUA et al., 2022).

Em trabalhos realizados com hortaliças folhosas (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2018a; SOARES et al., 2019) considerando a prevalência do NaCl na água utilizada no preparo da solução nutritiva, verificou-se tendências similares as ora apresentadas, quanto a variação do pH_{sn}. Em geral, essa tendência pode ser atribuída a estabilidade do NaCl em diferentes condições e, também, as suas relações de troca iônica com os demais íons presentes na solução nutritiva.

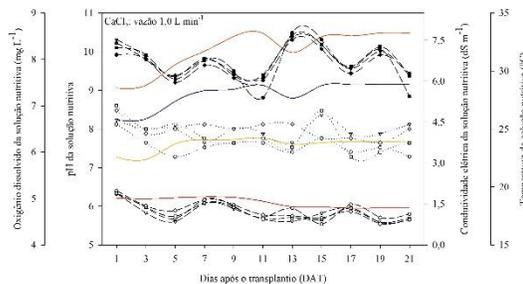
Todavia, é importante destacar que o aumento da concentração de Na⁺ na solução nutritiva pode influenciar a absorção de outros íons que são deslocados das células pelo sódio (PRISCO et al., 2016). Com isso, ocorre o desbalanço nutricional das relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca⁺² e Na⁺/Mg⁺² (MUCHECUA et al., 2022), podendo causar problemas de toxidez às plantas em decorrências da capacidade de induzir a deficiência dos demais cátions (BUTCHER et al., 2016).

No segundo ciclo, em que houve prevalência de CaCl₂:2H₂O na água utilizada no preparo e reposição da solução nutritiva, verificou-se tendência análoga, quando se compara os valores iniciais e finais da CEs_n (Figura 3A, 3B, 3C, 3D), ou seja, verifica-se uma redução de 21,25; 28,78; 18,36 e 15,74% dentro da CEs_n de 1,7 dS m⁻¹ e um aumento de 35,13; 29,70; 14,73 e 38,97% dentro da CEs_n de 6,0 dS m⁻¹ para as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹. O pH_{sn} também seguiu a mesma tendência, mantendo-se na faixa de 5,54 a 6,50 (Figura 3A, 3B, 3C e 3D).

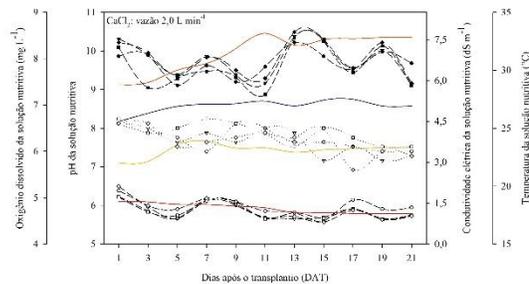
O cálcio é um importante constituinte das membranas plasmáticas, entretanto, a deficiência deste cátion na planta afeta diretamente a absorção de outros íons, como o K⁺. A integridade das membranas é afetada em condições em que há excesso de íons H⁺ e, por isso, é

importante o manejo do pH da solução dentro da faixa recomendada. Por outro lado, maiores concentrações de Ca^{+2} na solução nutritiva reduzem a absorção de K^{+} e de Mg^{+2} , assim como o excesso destes íons prejudica de igual modo a absorção de cálcio pela planta (ABRAHÃO et al., 2014; SILVA & TREVIZAM, 2015; GHATAK; CHATURVEDI; WECKERTH, 2018).

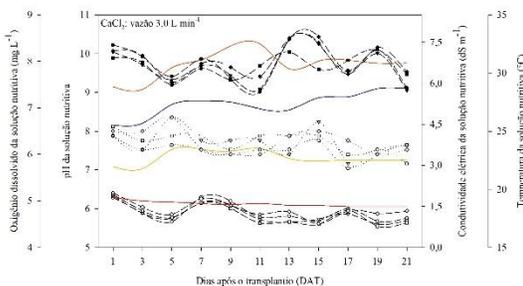
A.



B.



C.



D.

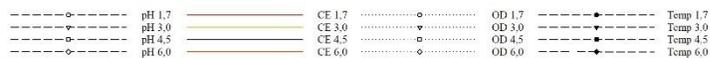
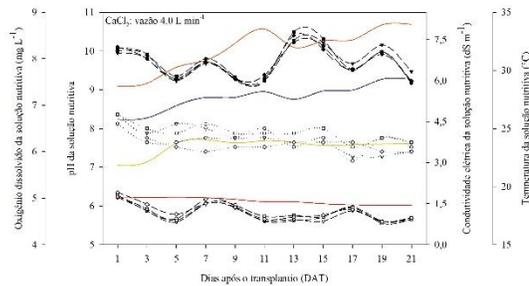


Figura 3. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.

A concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva (ODsn) esteve na faixa de 5,3 a 7,0 mg L⁻¹ para todos os tratamentos, com valores médios de 6,10 e 6,26 mg L⁻¹ nos cultivos com predominância catiônica de NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, respectivamente (Figuras 2A-D e 3A-D). Estes valores de ODsn corroboram com os valores médios (6,11 e 6,03 mg L⁻¹) relatados por Silva et al. (2015) no cultivo do coentro no sistema DFT convencional, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente.

É fundamental manter os níveis de oxigênio acima do limite mínimo de 5 mg L⁻¹ recomendado para a maioria das culturas (JENSEN, 1997), pois a falta deste elemento reduz a

absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que pode, conseqüentemente, afetar o desenvolvimento da parte aérea e, portanto, a rendimento das culturas (LENZI et al., 2011).

Ao final do ciclo da cultura, é possível observar que quando o coentro foi cultivado sob águas salobras com prevalência de cálcio houve reduções nos níveis de ODSn de até 12,45% em todos os tratamentos quando comparado ao oxigênio dissolvido medido no início do ciclo, diferentemente do comportamento verificado quando se utilizou o cloreto de sódio onde pouco se modificou. Essas reduções se devem a maior demanda de oxigênio ocorrida com o aumento do volume de raízes das plantas em função do crescimento da cultura (MOBINI et al., 2015), como observado por Niñirola et al. (2014) e Silva et al. (2020a) no final do ciclo da cultura do coentro.

Em geral, as temperaturas das soluções nutritivas foram semelhantes nos dois experimentos, independente da predominância catiônica, da condutividade elétrica da solução nutritiva ou da vazão de aplicação da solução. No primeiro ciclo em que as soluções nutritivas foram preparadas em águas salinizadas com NaCl, verificou-se que as temperaturas das soluções variaram entre 28,8 e 32,7 °C com média de 30,8 °C, enquanto no segundo ciclo, sob salinização de CaCl₂:2H₂O, a temperatura média foi de 30,7 °C variando na faixa entre 27,7 e 33,3 °C (Figuras 2A-D e 3A-D).

A temperatura da solução nutritiva afeta diretamente a absorção de nutrientes pelas plantas (SILVA et al., 2020b) e, de acordo com He et al. (2019), a faixa de temperatura das soluções nutritivas considerada adequada para o crescimento das plantas situa-se entre 20 e 30 °C. Todavia, a temperatura das soluções pode ultrapassar 30 °C nas horas mais quentes do dia em algumas regiões, conforme relatado por diferentes autores no cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (COMMETI et al., 2013; SILVA et al., 2018b; SILVA et al., 2020b).

Por outro lado, apesar de não ter sido verificado no presente estudo, vale destacar que o aumento da vazão da solução pode diminuir a temperatura da solução nutritiva durante as horas mais quentes do dia, uma vez que há maior volume e menor tempo de exposição durante o percurso no canal havendo menor efeito da troca de calor sobre as plantas (GENUNCIO et al., 2011).

Massa seca, teor de água, altura das plantas e consumo hídrico

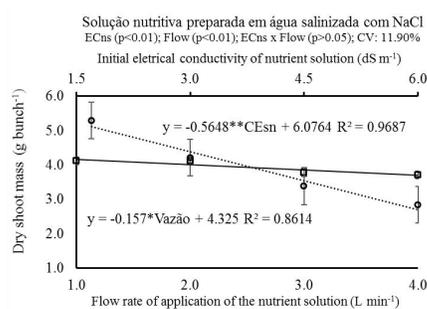
A MSPA foi influenciada ($p < 0,01$) pelos fatores isolados e não foi ($p > 0,05$) pela sua interação, em ambos os ciclos. Quando houve prevalência de NaCl (Figura 4A), foi estimado perdas de 0,565 g maço⁻¹ para cada dS m⁻¹ incrementado e de 0,157 g maço⁻¹ por unidade de

vazão adicionada. Sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, (Figura 4B) a redução foi estimada em $0,557 \text{ g maço}^{-1}$ enquanto se verificou uma MSPA média de $3,31 \text{ g maço}^{-1}$.

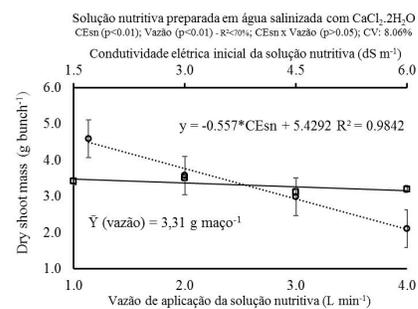
Em diversos trabalhos (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2018b; SILVA JÚNIOR et al., 2019) que discutem o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas com águas salobras, também se verifica perdas por cada dS m^{-1} incrementado na CESn, o que pode ser atribuído a implicações fisiológicas que resultam em redução na fixação de biomassa seca. De acordo com Munns e Tester (2008), a redução da massa seca das plantas, sobretudo está associada ao efeito osmótico da salinidade, ao efeito tóxico dos íons Na^+ e Cl^- e ao desequilíbrio iônico causado pelo excesso desses íons.

Por outro lado, a redução na MSPA, sobretudo sob prevalência de NaCl na água, decorrente do aumento da vazão pode ser atribuída a diminuição da capacidade de absorção de solutos, visto que o tempo em que o soluto permanece na solução não é longo o suficiente para que o íon ocupe todos os sítios de adsorção disponíveis (MENDONÇA et al., 2017).

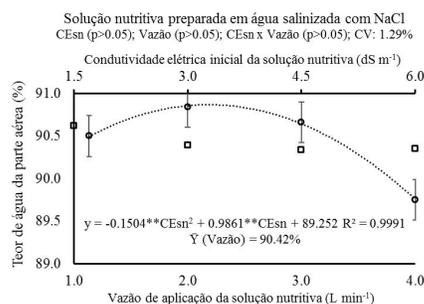
A.



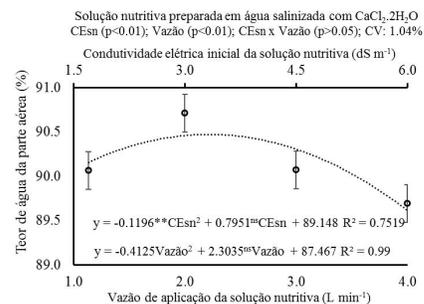
B.



C.

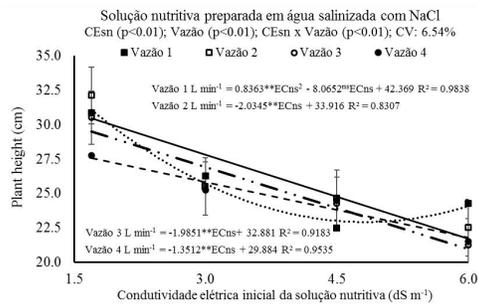


D.

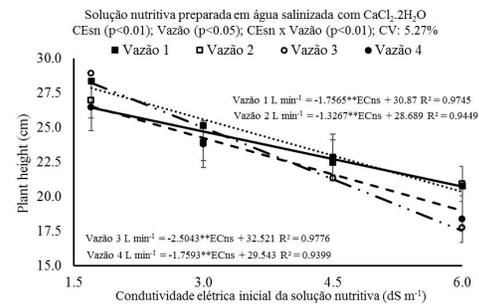


E.

F.



G.



H.

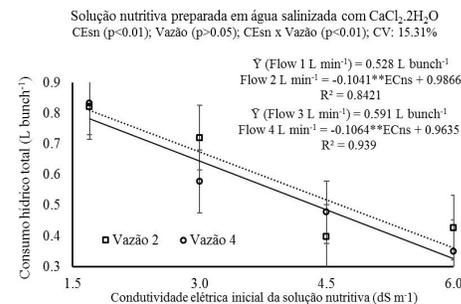
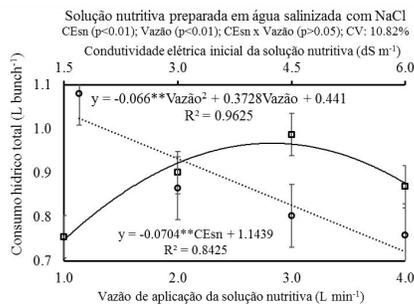


Figura 4. Massa fresca (A e B) e teor de água da parte aérea (C e D), altura média dos maços (E e F) e consumo hídrico total (G e H) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, e aplicadas em vazões crescentes.

A interação entre os tratamentos não influenciou ($p > 0,05$) o TAPA. Sob prevalência de NaCl na água, o TAPA foi máximo (90,87%) na CEsn estimada em $3,28 \text{ dS m}^{-1}$, por outro lado, o aumento da vazão não afetou o TAPA, sendo verificado um valor médio de 90,42% (Figura 4C). Em contrapartida, sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, o TAPA foi máximo (90,47 e 90,68%) na CEsn e vazão estimada em $3,32 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,79 \text{ L min}^{-1}$, respectivamente (Figura 4D).

O teor de água na parte aérea é um parâmetro fundamental para a comercialização de hortaliças folhosas, sendo recomendado um teor mínimo de 83,3% (TBCA, 2020) e, dessa forma, todos os TAPA obtidos no presente trabalho foram superiores ao valor de referência.

Quanto à altura da parte aérea das plantas, ou seja, do maço, verificou-se significância ($p < 0,01$) da interação entre os tratamentos, em ambos os ciclos. Quando a água foi salinizada com NaCl, sob vazão de 1 L min^{-1} a altura do maço foi mínima (22,92 cm) sob a CEsn estimada em $4,82 \text{ dS m}^{-1}$ e, por outro lado, sob as vazões de 2, 3 e 4 L min^{-1} , estimou-se reduções de 2,03, 1,98 e 1,35 cm por cada dS m^{-1} incrementado, respectivamente (Figura 4E). A prevalência de

CaCl₂.2H₂O implicou em reduções de 1,76, 1,33, 2,50 e 1,76 cm na altura do maço por dS m⁻¹ incrementado, sob as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente (Figura 4F).

As maiores AP estimadas foram verificadas nas plantas sob CEsn de 1,7 dS m⁻¹, independente da predominância catiônica, com destaque para os valores médios máximos de 31,08 e 28,26 cm obtidos no primeiro e segundo ciclo sob as vazões de 1,0 e 3,0 L min⁻¹, respectivamente. Por outro lado, com exceção do tratamento sob prevalência de NaCl na vazão de 1,0 L min⁻¹, em todas as avaliações a CEsn de 6,0 dS m⁻¹ produziu as menores plantas, com redução máxima de 28,93% (Experimento I) e 38,10% (Experimento II) em relação ao tratamento controle quando se aplicou 3,0 L min⁻¹ de solução nutritiva. Esses resultados evidenciam que o estresse salino limita o acúmulo de nutrientes essenciais às plantas, ao passo que aumenta, sobretudo, a concentração de Na⁺ na maioria das espécies de cultivo, resultando em redução do crescimento e produtividade (ABBASI et al., 2016).

A altura do maço é um importante parâmetro comercial, sobretudo nos casos em que o comércio é feito em unidades. Em cultivos hidropônicos com a cultivar Verdão, sobretudo com plantas expostas a faixa de CEsn de 2,28 a 5,51 dS m⁻¹, Silva et al. (2016) verificaram altura de 36,0 cm; Silva et al., (2018b) e Silva et al., (2020a) verificaram altura de 37,08 e 45,18 cm, respectivamente, ou seja, no presente trabalho, os valores mais expressivos em comparação com a literatura, foram verificados sobre a CEsn e vazão de 1,7 dS m⁻¹ e 1,0 L min⁻¹ sob prevalência de NaCl, respectivamente; e, quando houve prevalência de CaCl₂.2H₂O, sob CEsn e vazão de 1,7 dS m⁻¹ e 3,0 L min⁻¹, respectivamente.

Quando as águas foram salinizadas com NaCl, a interação entre os tratamentos não influenciou ($p>0,05$) o consumo hídrico. Por cada dS m⁻¹ incrementado na CEsn, as plantas reduziram o consumo hídrico em 0,0704 L maço⁻¹; por outro lado, o consumo hídrico foi máximo (0,97 L maço⁻¹) na vazão estimada em 2,82 L min⁻¹ (Figura 4G).

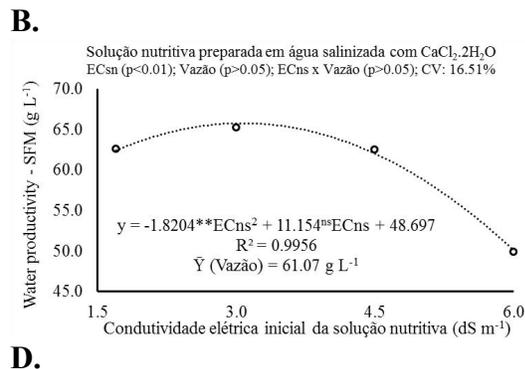
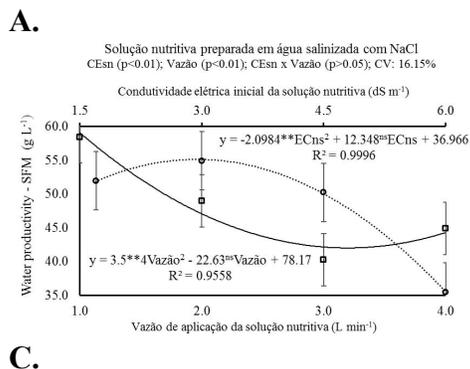
O consumo hídrico das plantas, quando houve prevalência de CaCl₂.2H₂O, foi influenciado ($p<0,01$) pela interação entre os tratamentos. Destaca-se que sob as vazões de 2 e 4 L min⁻¹, a redução no consumo hídrico foi estimada em 0,1041 e 0,1064 L maço⁻¹ por dS m⁻¹ incrementado na CEsn. Quando a solução nutritiva foi aplicada com vazão de 1 e 3 L min⁻¹, o consumo hídrico médio para um CEsn relativa, dentro do intervalo trabalhado, foi de 0,528 e 0,591 L maço⁻¹ (Figura 4H).

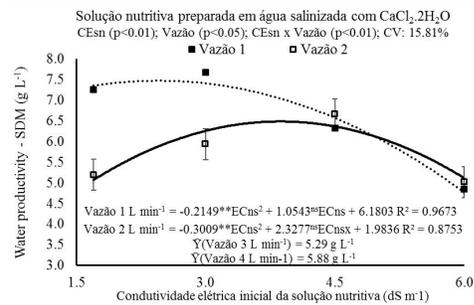
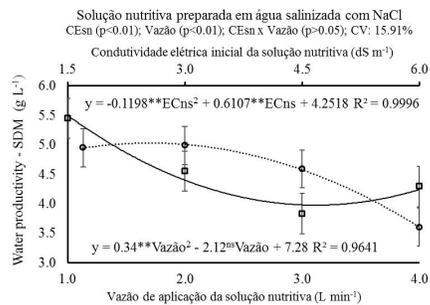
O tipo de sal utilizado no preparo das águas salobras influenciou no consumo hídrico das plantas de coentro, assim, foi possível verificar que o $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ promove o menor consumo hídrico em relação as soluções preparadas com NaCl , o que pode estar relacionado à maior velocidade de absorção de cátions monovalentes em comparação com cátions bivalentes (ABRAHÃO et al., 2014).

A redução do consumo hídrico em hortaliças folhosas expostas a soluções nutritivas com condutividades elétricas crescente, já foi verificada para a salsa (MARTINS et al. 2019), para a rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018), para o agrião (LIRA et al., 2018), para a cebolinha (SILVA JÚNIOR et al., 2019) e, também para o coentro, inclusive, dentro da faixa de CEsn de 2,05 a 8,26 dS m^{-1} , verifica-se para a cultivar Verdão, níveis de consumo de 1,45 L maço^{-1} (SILVA et al., 2016) e 0,89 L maço^{-1} (SILVA et al., 2018b), resultados análogos aos ora apresentados.

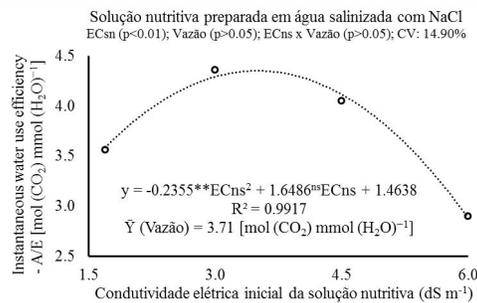
Produtividade e eficiência de uso da água

A quantidade de massa fresca produzida por cada litro de solução nutritiva consumido pelas plantas foi máxima (55,13 g L^{-1}) na CEsn estimada em 2,94 dS m^{-1} e, por outro lado, foi mínima (41,59 g L^{-1}) na vazão estimada em 3,23 L min^{-1} , em resultados obtidos sob prevalência de NaCl na água (Figura 5A). Sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o aumento da vazão não afetou ($p > 0,05$) a produtividade da água, sendo estimado uma média de 61,07 g de MFPA produzida para cada litro de água consumido e, por outro lado, foi máxima (65,78 g L^{-1}) na CEsn estimada em 3,06 dS m^{-1} (Figura 5B).

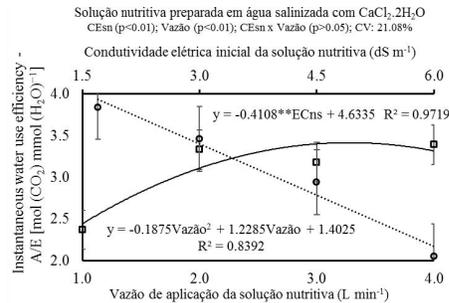




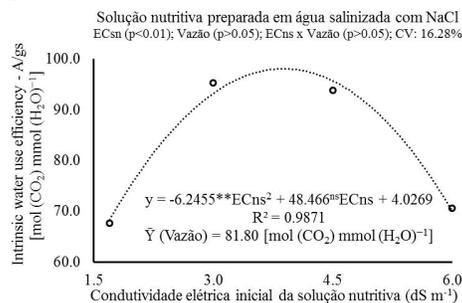
E.



F.



G.



H.

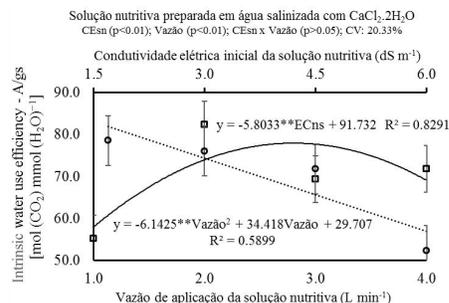


Figura 6. Produtividade da água, em base de massa fresca (A e B) e seca (C e D) da parte aérea; eficiência instantânea – A/E (E e F) e intrínseca – A/gs (G e H) de uso da água de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl₂·2H₂O, e aplicadas em vazões crescentes.

A redução da produtividade da água em condições de estresse salino pode ser atribuída à redução da evapotranspiração e fixação de carbono pelas plantas com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Entretanto, a tendência de melhor relação entre a massa fresca e o consumo hídrico das plantas sob prevalência de CaCl₂·2H₂O pode estar associada às eficiências metabólicas no uso desse nutriente, enquanto sob NaCl, os efeitos tóxicos do excesso de sódio na solução podem causar reduções no rendimento da cultura (MARTINS et al., 2019).

Por outro lado, dentro da faixa de CEsn estudada, já se verificou níveis de produtividade da água de 67,57 g L⁻¹ para a chicória (ALVES et al., 2019), de 42,6 g L⁻¹ para a alface (SOARES et al., 2019) e de 56,88 g L⁻¹ para a salsa (MARTINS et al., 2019) corroborando com os valores de

produtividade da água verificados no presente trabalho para a vazão de 1,0 L min⁻¹ e para os níveis de CEs_n de 1,7; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, respectivamente.

Quando a discussão da produtividade da água tem por base a produção de massa seca da parte aérea, verifica-se significância ($p < 0,01$) dos tratamentos de forma isolada, no ciclo em que as águas utilizadas no preparo da solução nutritiva foram salinizadas com NaCl. Com o aumento da CEs_n, a produtividade da água foi máxima (5,03 g L⁻¹) na CEs_n estimada em 2,55 dS m⁻¹ e, com o aumento da vazão, verificou-se valores mínimos (3,98 g L⁻¹) na vazão estimada em 3,12 L min⁻¹ (Figura 5C).

Por ocasião da prevalência de CaCl₂.2H₂O na água, após análise do desdobramento da interação, verificou-se que a produtividade da água – MSPA foi máxima (7,47 e 6,49 g L⁻¹) dentro das vazões 1 e 2 L min⁻¹ para as CEs_n estimadas em 2,45 e 3,87 dS m⁻¹. Nos maiores níveis de vazão, o valor relativo da produtividade da água – MSPA foi de 5,29 e 5,88 g L⁻¹ para as vazões 3 e 4 L min⁻¹ (Figura 5D).

Em análise geral, sob prevalência de NaCl, a produtividade da água, em base de massa fresca e seca, não sofreu influência do aumento da CEs_n, tendo sido máxima na menor vazão trabalhada. Por outro lado, quando houve prevalência de CaCl₂.2H₂O na água, sobretudo para a produtividade – MSPA, que foram máximas (7,47 e 6,49 g L⁻¹) sob a vazão de 1,0 e 2,0 L min⁻¹ nas CEs_n estimadas em 2,45 e 3,87 dS m⁻¹, respectivamente e, foi igual (6,13 g L⁻¹) sob a CEs_n estimada de 4,95 dS m⁻¹.

Os melhores resultados de produtividade da água obtidas sob as menores vazões provavelmente ocorreu devido ao menor estresse hídrico nestes tratamentos, uma vez que maiores vazões promovem um maior fluxo de sais na rizosfera das plantas (CRUZ et al., 2018). Portanto, a vazão pode ser regulada a fim de melhorar o rendimento da cultura, assim, volumes ideais aplicados aumentam a frequência de colisão entre íons nutriente e raízes das plantas, promovendo a absorção de nutrientes, o que posteriormente melhora o crescimento do vegetal (BAIYIN et al., 2021b).

Em geral, nos sistemas hidropônicos, as diferentes vazões da solução nutritiva influenciam no crescimento das plantas e altera a disponibilidade de nutrientes. Dessa forma, o volume de solução nutritiva aplicada não apenas afeta a difusão de íons nutrientes, como também pode aumentar a energia com que este fica disponível para as raízes das plantas, causando perdas de produtividade (BAIYIN et al., 2021a).

Sob prevalência de NaCl na água, a eficiência instantânea (A/E) (Figura 5E) e intrínseca (A/g_s) (Figura 5G) de uso da água foi máxima ($p < 0,01$) 4,35 e 98,05 [$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mmol}(\text{H}_2\text{O})^{-1}$] na CE_{sn} estimada em 3,50 e 3,88 dS m^{-1} , respectivamente, porém, não foram influenciadas ($p > 0,05$) pelo aumento da vazão, sendo verificado uma A/E e A/g_s média de 3,71 e 81,80 [$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mmol}(\text{H}_2\text{O})^{-1}$], respectivamente. A prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na água implicou em uma redução na A/E (Figura 5F) e A/g_s (Figura 5H) estimada em 0,4108 e 5,8033 [$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mmol}(\text{H}_2\text{O})^{-1}$] por cada dS m^{-1} incrementado a CE_{sn} , respectivamente, por outro lado, o valor de A/E e A/g_s foi máximo 3,41 e 77,92 [$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mmol}(\text{H}_2\text{O})^{-1}$] na vazão estimada em 3,28 e 2,80 L min^{-1} , respectivamente.

Em termos gerais, dentro da faixa de CE_{sn} estudada, em cultivos hidropônicos com prevalência de NaCl na água, verificou-se maior valor de A/E na ordem de 1,86 [$\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{mmol}(\text{H}_2\text{O})^{-1}$] para a alface (GUIMARÃES et al., 2019), ou seja valor compatível com os ora apresentados.

O ajuste da quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ & ZEIGER, 2009), descrita pela relação A/E , foi influenciado pelo aumento da vazão, apenas sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na água. De acordo com Larcher (2004) a obtenção de maiores valores na A/E , como ora verificado, acontece quando os estômatos estão parcialmente fechados, ou seja, no momento os dois processos de difusão estão prontamente reduzidos.

Não obstante, verificou-se sob prevalência de NaCl os maiores valores de A/E e A/g_s , assim como sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na água verificou-se os menores valores, dentro do intervalo de CE_{sn} testado. Por outro lado, a rápida aclimação a salinidade, principalmente, nas concentrações iniciais, explica os melhores ajustes em ambas as prevalências catiônicas, e justifica as perdas na A/E e A/g_s sob as CE_{sn} mais elevadas, uma vez que há uma diminuição da condutância estomática e na transpiração em decorrência do estresse hídrico induzido, ocasionado pelo efeito osmótico e a consequente redução da taxa fotossintética (GUIMARÃES et al., 2019).

No geral, o conceito da eficiência no uso da água é relativo, considerando que nem sempre no tratamento que obtém a maior eficiência é aquele que apresenta a maior produtividade, sendo assim, os valores obtidos estão geralmente atrelados aos tipos de tratamentos adotados e a forma de manejo da cultura, inviabilizando a comparação direta entre resultados (CARVALHO et al., 2020).

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou as relações hídricas do coentro, independente da natureza catiônica da água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva.

Sob maiores concentrações salinas, o aumento da vazão não afetou a altura de planta. O consumo hídrico foi comprometido pelo aumento da concentração de sais na solução nutritiva sob as vazões de 2,0 e 4,0 L min⁻¹ e estável sob as vazões de 1,0 e 3,0 L min⁻¹ dentro da faixa de salinidade testada sob predominância de CaCl₂:2H₂O.

O aumento da concentração salina limitou a produtividade da água – em base de massa fresca e seca, em contrapartida o aumento da vazão apenas não afetou a produtividade da água em base de massa fresca quando houve prevalência de CaCl₂:2H₂O na água.

O aumento da vazão influenciou a eficiência intrínseca de uso da água das plantas cultivadas sob predominância catiônica de CaCl₂.H₂O.

REFERÊNCIAS

ABBASI, Hassan et al. Salt stress manifestation on plants, mechanism of salt tolerance and potassium role in alleviating it: A review. **Zemdirbyste-Agriculture**, v.103, n.2, p.229-238, 2016. <https://doi.org/10.13080/z-a.2016.103.030>

ABRAHÃO, Camila et al. Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para a produção de minitomate cultivado em substrato. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 214- 224, 2014. <http://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n2p214>

ALVES, Lucylia Suzart et al. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, n. 4, p. 758-769, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n4p758-769>

AVDOULI, Denisa, et al. Basil as Secondary Crop in Cascade Hydroponics: Exploring Salinity Tolerance Limits in Terms of Growth, Amino Acid Profile, and Nutrient Composition. **Horticulturae**, v. 7, n. 8, p. 203, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080203>

BAIYIN, Bateer et al. Effect of nutrient solution flow rate on hydroponic plant growth and root morphology. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1840, 2021a. <https://doi.org/10.3390/plants10091840>

BAIYIN, Bateer et al. Effect of the flow rate on plant growth and flow visualization of nutrient solution in hydroponics. **Horticulturae**, v. 7, n. 8, p. 225, 2021b. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080225>

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BUTCHER, Kirsten et al. Soil salinity: A threat to global food security. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 2189-2200, 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0368>

CAMPOS JÚNIOR, José Eustáquio et al. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 1008-1016, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n424rc>

CARBAJAL-VÁZQUEZ, Víctor Hugo, et al. Titanium Increases the Antioxidant Activity and Macronutrient Concentration in Tomato Seedlings Exposed to Salinity in Hydroponics. **Plants**, v. 11, n. 8, p. 1036, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11081036>

CARVALHO, Renata Cuba de et al. Lisímetro para medida da evapotranspiração na cultura do pimentão em sistema hidropônico com substrato1. **IRRIGA**, v. 25, n. 2, p. 361-376, 2020. <http://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n2p361-376>

CAVALCANTE, Antônio Ramos et al. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n4p685-696>

COMETTI, Nilton N. et al. Cooling and concentration of nutrient solution in hydroponic lettuce crop. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 287-292, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200018>

CRUZ, Adiel F. da S. et al. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622-627, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p622-627>.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista brasileira de biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FURLANI, Pedro Roberto et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.

GENUNCIO, Gláucio da C. et al. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 605-608, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400027>

GHATAK, Arindam et al. Metabolomics in Plant Stress Physiology. **Plant Genetics and Molecular Biology**, v. 50, n. 1, p.187-236, 2018. https://doi.org/10.1007/10_2017_55

GUIMARÃES, Rafaela Félix Basílio et al. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 4, p. 3599, 2019. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V13N4001091>

HE, F. et al. Effects of root cooling on plant growth and fruit quality of cocktail tomato during two consecutive seasons. **Journal of Food Quality**, v. 2019 p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3598172>

HOLANDA, José S. de et al. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, Hans R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.4, p.35-50.

JENSEN, Merle H. Hydroponics. **HortScience**, v. 32, n. 6, p. 1018-1021, 1997. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.6.1018>

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LENZI, A. et al. Growing spinach in a floating system with different volumes of aerated or non aerated nutrient solution. **Advances in Horticultural Science**, v. 25, n. 1, p. 21-25, 2011. <https://doi.org/10.13128/ahs-12780>

LIRA, Raquele M. et al. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 13-19, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180103>

MACHADO, Rui et al. Influence of Nitrogen Sources Applied by Fertigation to an Enriched Soil with Organic Compost on Growth, Mineral Nutrition, and Phytochemicals Content of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) in Two Successive Harvests. **Plants**, v. 11, n. 1, p. 22, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11010022>

MARTINS, Juliana B. et al. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 662-668, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p662-668>

MENDONÇA, Marília Assunção et al. Remoção de íons Cu^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa utilizando lodo biológico de reatores anaeróbios de alta taxa. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 38, n. 2, p. 17-27, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0375.2017v38n2p17>

MOBINI, Saeid Hassanzadeh et al. The impact of aeration on potato (*Solanum tuberosum* L.) minituber production under soilless conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 11, p. 910-921, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJB09.111>

MUCHECUA, Salimo M. H. et al. Ionic relationships between macronutrients and sodium in parsley under nutrient solutions prepared with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 11-20, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p11-20>

MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

NIÑIROLA, Diana et al. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality, and shelf life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. **HortScience**, v. 49, n. 5, p. 567-573, 2014. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.5.567>

PRISCO, José T. et al. Physiology and biochemistry of plants growing under salt stress. In: GHEYI, Hans R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.10, p.163-180.

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

ROPOKIS, Andreas et al. Impact of cultivar and grafting on nutrient and water uptake by sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grown hydroponically under Mediterranean climatic conditions. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1244, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01244>

SANTOS, Bárbara D. B. dos et al. Induction of Salt Stress Tolerance in Chives by Priming with H₂O₂ in Hydroponic Cultivation. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 81, n. 3, p. 317-325, 2021. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000300317>

SILVA JÚNIOR, Fernando José et al. Green onion production under strategies of replacement and frequencies of circulation of brackish nutritive solutions. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.14393/BJ-v35n3a2019-41956>

SILVA, Anna C. R. A. da et al. Accumulation of cations in lettuce cultivars under low-cost hydroponic system with brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 833-839, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n12p833-839>

SILVA, Jucicléia Soares et al. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 947-961, 2018a. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p947>

SILVA, Laura et al. Evaluation of biomass yield and water treatment in two aquaponic systems using the dynamic root floating technique (DRF). **Sustainability**, v. 7, n. 11, p. 15384-15399, 2015. <https://doi.org/10.3390/su71115384>

SILVA, Maria Ligia de S.; TREVIZAM, Anderson Ricardo. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agronômicas**, v. 49, p. 16, 2015.

SILVA, Mairton Gomes da et al. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 447-454, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p447-454>

SILVA, Mairton Gomes da et al. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 32, n. 4, p. 281-294, 2020a. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i4.2094>

SILVA, Mairton Gomes da et al. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v. 22, p. 547-552, 2018b. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

SILVA, Mairton Gomes da et al. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n.6 p. 674-683, 2020b. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n6p674-683/2020>

SILVA, Mairton Gomes da et al. Hydroponic cultivation of coriander intercropped with rocket subjected to saline and thermal stresses in the root-zone. **Revista Ceres**, v. 69, n. 2, p. 148-157, 2022. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269020004>

SOARES, Hammady Ramalho e et al. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 258-265, 2020. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p258-265>

SOARES, Hammady Ramalho e et al. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190025>

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. Access in: 13 May 2022. Available from: <http://www.fcf.usp.br/tbca>.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 4. ed., Artmed, 2009. 819p.

PRODUÇÃO DO COENTRO SOB VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS PREPARADAS EM ÁGUAS SALOBRAS

RESUMO: A vazão de aplicação influencia a produção de biomassa das hortaliças. Isso posto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a produção de massa fresca e seca e discutir a alocação de fotoassimilados em plantas de coentro, cultivar Verdão, expostas a soluções nutritivas aplicadas com diferentes vazões em sistema hidropônico NFT. Para tal, foram realizados dois ensaios, um após o outro, em que as plantas foram expostas aos mesmos tratamentos e delineamento experimental, ou seja, quatro condutividades elétricas (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e quatro vazões (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L h⁻¹) de aplicação da solução nutritiva, alocados em um delineamento experimental inteiramente casualizado, analisados em esquema fatorial 4x4, com repetições, totalizando sessenta e quatro unidades experimentais. Destarte, no primeiro ensaio, os níveis de condutividade elétrica da água, utilizada no preparo da solução nutritiva, foi estabelecida mediante a solubilização de quantitativos de NaCl e, no segundo, de CaCl₂.2H₂O. Os trabalhos foram desenvolvidos em casa de vegetação, no período de novembro/2019 a fevereiro/2020. Verificou-se que o uso de vazões mais baixas, até 2 L min⁻¹, mesmo em maiores níveis de salinidade, implicam em maior produção de massa fresca da parte aérea e, por outro lado, vazões superiores a 2 L min⁻¹ proporcionaram maior massa fresca e seca da raiz. Notou-se também que o aumento da salinidade, em ambas as prevalências catiônicas testadas, implicou na redução da proporção de massa seca da parte aérea em relação à massa seca total da planta e no aumento do percentual de massa seca da parte aérea.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L.; salinidade; cultivo sem solo; biomassa.

PRODUCTION OF CORIANDER UNDER FLOWS OF APPLICATION OF NUTRITIVE SOLUTIONS PREPARED IN BROKEN WATERS

ABSTRACT: The application flow influences the biomass production of vegetables. That said, the present work was developed with the objective of analyzing the production of fresh and dry mass and discussing the allocation of photoassimilates in coriander plants, cultivar Verdão, exposed to nutrient solutions applied at different flow rates in a NFT hydroponic system. To this

end, two tests were carried out, one after the other, in which the plants were exposed to the same treatments and experimental design, that is, four electrical conductivities (1.7; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) and four flow rates (1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 L h⁻¹) of application of the nutrient solution, allocated in an experimental design in entirely randomized, analyzed in a 4x4 factorial scheme, with four repetition, totaling sixty-four experimental units. Thus, in the first test, the levels of electrical conductivity of the water, used in the preparation of the nutrient solution, was established by solubilizing quantities of NaCl and, in the second, of CaCl₂.2H₂O. The works were carried out in a greenhouse, from November/2019 to February/2020. It was found that the use of lower flow rates, up to 2 L min⁻¹, even at higher salinity levels, implies a higher production of fresh mass of the aerial part and, on the other hand, flows higher than 2 L min⁻¹ will provide greater fresh and dry mass of the root. It was also noted that the increase in salinity, in both cationic prevalences tested, resulted in a reduction in the proportion of shoot dry mass in relation to the total dry mass of the plant and in an increase in the percentage of shoot dry mass.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; salinity; soilless cultivation; biomass.

INTRODUÇÃO

A viabilidade do cultivo hidropônico do coentro mediante o aproveitamento de águas salobras já foi estudada em diferentes sistemas hidropônicos, a exemplo dos sistemas NFT (Silva et al., 2015) e DFT (Silva et al., 2018), dentre outros, bem como técnicas de mitigação do salino, envolvendo o manejo de soluções nutritivas preparadas em águas salobras, já foram validadas para esta cultura, a exemplo do intervalo de recirculação da solução nutritiva (Silva et al., 2020), do controle da temperatura da solução nutritiva (SILVA ET AL., 2022) etc.

Não obstante, aspectos do cultivo do coentro em sistema hidropônico NFT ainda necessitam de maior elucidação, sobretudo quando se trata do ajustamento da vazão de aplicação de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com distintas prevalências catiônicas, e os seus consequentes impactos sobre a produção de massa fresca e seca e a sua respectiva partição.

Dentre outras razões, no escoamento de fluidos em canalizações, existe sempre uma camada laminar, mesmo em regimes turbulentos, e a espessura dessa camada depende do número de Reynolds (Re), sendo mais fina para valores mais elevados de Re (Azevedo Neto, 1998). Mantendo-se constante o diâmetro da seção da calha e a viscosidade do fluido, o valor do número

de Reynolds (Re) passa a ser função da velocidade, ou seja, quando se tem o aumento da vazão, mantendo-se fixo o diâmetro da seção da calha, haverá o aumento da velocidade, do número de Re e, conseqüentemente, uma diminuição da camada laminar.

Neste sentido, a busca pelo ajuste da vazão de aplicação da solução nutritiva sugere entender a importância da espessura da lâmina, ou “filme”, para a absorção de água e nutrientes para a plantas e seus impactos sobre a produção de massa fresca e seca de maços de coentro analisando, inclusive, eventuais desdobramentos sobre a partição da massa seca como resultado de modificações na alocação de fotoassimilados, como já verificado em outras hortaliças folhosas cultivadas sob estresse salino (Dias et al., 2019).

Outro ponto de análise é o impacto da prevalência catiônica da água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva, sobretudo com o aumento da concentração, sobre essas variáveis, especificamente no que se refere ao sódio e ao cálcio. Em trabalhos (Muchecua et al., 2022; Martins et al., 2019) cujas hortaliças folhosas foram cultivadas sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes concentrações e prevalências catiônicas verifica-se que, até certo ponto, o aumento da concentração torna as diferenças no efeito da prevalência catiônica, ou seja, no dano salino, mais pronunciado.

Alterações na regulação do desvio do carbono fixado em várias rotas metabólicas, a alocação, e na distribuição diferencial de fotoassimilados na planta entre os diferentes drenos - de partição, são danos verificados em plantas expostas ao estresse salino (Lima et al., 2018), isso por que o processo de partição determina os padrões de crescimento na planta e o estresse salino tende a desequilibrar o crescimento da parte aérea (produtividade fotossintética) em relação as raízes (absorção de água e nutrientes minerais).

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar a produção de massa fresca e seca de maços de plantas de coentro, cv. verdão, em sistema hidropônico NFT quando expostas a soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de sódio e cálcio e aplicadas em concentrações e vazões crescentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos, conduzidos um após o outro, foram realizados em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de

Pernambuco – UFRPE, em Recife, PE (8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m) entre novembro/2019 e fevereiro/2020.

Quanto as variáveis meteorológicas medidas dentro da casa de vegetação, monitorou-se a temperatura (°C), a umidade relativa do ar (%), e a radiação solar global (MJ m⁻²) em cada uma das etapas experimentais (Figura 1).

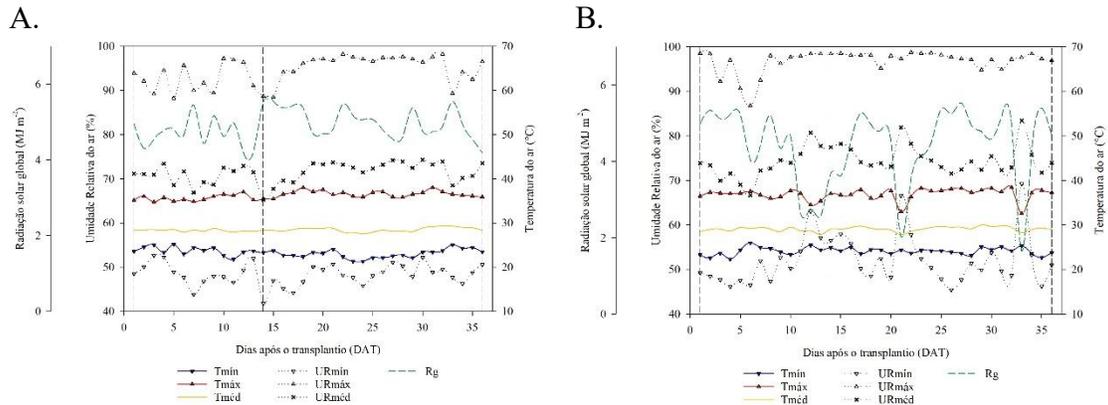


Figura 1. Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m⁻²) dentro do ambiente protegido entre novembro/2019 e fevereiro/2020. Resultado para o primeiro – NaCl (A) e segundo ciclo – CaCl₂:2H₂O (B).

Em ambos os ensaios se adotou o mesmo delineamento experimental, inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições, totalizando sessenta e quatro parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram do uso de quatro soluções nutritivas (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aplicadas com diferentes vazões (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L h⁻¹) em sistema NFT. Destaca-se, no entanto, que no primeiro ciclo, as águas utilizadas no preparo da solução nutritiva foram salinizadas utilizando-se NaCl e, no segundo ciclo, se solubilizou CaCl₂:2H₂O.

Dentro da casa de vegetação, a organização da estrutura hidropônica (*Nutrient Film Technique*) se baseou na instalação de trinta e duas parcelas experimentais de cada lado, com uma rua central de um metro de largura. Cada parcela experimental foi constituída de um perfil hidropônico com formato trapezoidal – 75 mm, de 3 m de comprimento e espaçamento de 0,20 m entre as plantas.

As bancadas, instaladas para dar suporte físico aos perfis, foram construídas em tubo PVC – 50 mm e projetadas para oferecer três pontos de apoio às calhas, o que proporcionava aos perfis, uma inclinação de 3,33%. Em cada bancada, foram colocados quatro perfis hidropônicos, espaçados em 0,60 m entre si.

Cada perfil hidropônico foi trabalhado de forma individual e independente, e a cada um deles foi associado (i) uma eletrobomba de circulação de 220 V - 34 W de potência, (ii) um reservatório-estoque para solução nutritiva - 50 L e (iii) um segundo reservatório-estoque, que continha a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva - 15 L. O reservatório-estoque de água salobra foi interconectado com o reservatório-estoque de solução nutritiva e, com auxílio de um dispositivo automático e por gravidade, realizava de forma automática a reposição do nível do reservatório-estoque de solução nutritiva, que diminuía em decorrência do consumo hídrico das plantas.

O preparo da solução nutritiva aconteceu uma única vez, antes do início de cada um dos experimentos. Em ambos os casos, se utilizou um reservatório de 1000 L cheio com água de abastecimento local ($CE \approx 0,12 \text{ dS m}^{-1}$), ou seja, solubilizou-se o quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al., (1999) para hortaliças folhosas, em que foram adicionados: 750,0 g de nitrato de cálcio, 500,0 g de nitrato de potássio, 400,0 g de sulfato de magnésio + micronutrientes e 150,0 g de fosfato monoamônico. Esse aporte de fertilizantes correspondeu às seguintes concentrações de nutrientes em mmol L^{-1} : 13,59 N; 2,37 Ca; 5,50 K; 2,61 P; 1,37 S; 1,48 Mg; e em $\mu\text{mol L}^{-1}$: 180,0 B; 30,0 Cu; 180,0 Fe; 140,0 Mn; 8,0 Mo; 90,0 Zn, correspondente a condutividade elétrica de $1,58 \text{ dSm}^{-1}$.

Após o preparo e posterior distribuição da solução nutritiva nos reservatórios, conforme tratamento, com auxílio da equação de Richards (1954), estimou-se o quantitativo de sais, NaCl (0; 14,24; 30,66 e 47,09 mmol L^{-1}) no primeiro e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0; 5,66; 12,19 e 18,72 mmol L^{-1}) no segundo ciclo e, deste modo, obteve-se as mesmas condutividades elétricas iniciais da solução nutritiva (CE_{sn}) 1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1} nos dois ensaios.

Quanto ao manejo da solução nutritiva, com auxílio de registros de gaveta, as vazões de aplicação da solução nutritiva desejadas (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L min^{-1}) foram calibradas e periodicamente revisadas. Quanto aos eventos de aplicação de solução nutritiva, com auxílio de um temporizador elétrico, aconteciam entre 06:00 e 18:00 horas, adotando-se intervalos de 15 min de funcionamento e 15 min de descanso; no horário noturno, o temporizador elétrico era programado para injetar a solução a cada 2 horas durante 15 min.

A reposição do nível do reservatório-estoque de solução nutritiva era efetuada automaticamente, com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva. Monitorou-se diariamente a condutividade elétrica (CE_{sn}) e o pH (pH_{sn}) da solução nutritiva.

Para caso de eventual necessidade de se elevar ou reduzir o pHsn estava previsto o uso de NaOH ou KCl, respectivamente, assim como a substituição da solução nutritiva nos casos em que a $CE_{sn} < 1,0 \text{ dS m}^{-1}$.

A cultivar de coentro utilizada foi a Verdão. O semeio foi realizado em copos descartáveis de 100 ml, de cor branca, devidamente perfurados, da parte mediana até a base do copo, simulando uma malha copo para hidroponia. Foi utilizado a fibra de coco como substrato, devidamente lavada, na qual foi feito o semeio de 10 frutos por copo.

Até o sexto dia após o semeio (DAS), duas vezes por dia, as plântulas foram irrigadas de manhã e à tarde com 50 mL água de abastecimento local ($CE \approx 0,12 \text{ dS m}^{-1}$) por copo. Entre o 6º e 13º DAS, com igual frequência de aplicação e volume, procedeu-se a rega com solução nutritiva (Furlani et al., 1999) diluída em 50%.

No 13º DAS fez-se o desbaste, deixando-se dez plantas por copo. No 14º DAS realizou-se o transplântio para o sistema hidropônico e teve início a aplicação dos tratamentos. Em cada parcela experimental, foram distribuídos dez copos, sendo os oito centrais, considerados área útil e, os dois das extremidades da calha, considerados bordaduras, de modo que na estufa tínhamos um total de 640 copos, cada uma com dez plantas.

Quanto a questão fitossanitária, no primeiro ensaio (NaCl) procedeu-se o controle do controle do Pulgão (*Toxoptera* spp) e da Mosca branca (*Bemisia tabaci* G.), pelo uso do ingrediente ativo Deltametrina, na dosagem de 30 ml 100 L⁻¹ água, em aplicação única, sem ocasionar, portanto, dano à cultura. No segundo ensaio, não foi necessária a intervenção quanto a questão fitossanitária.

Aos 30 DAS, imediatamente após a colheita, mensurou-se a massa fresca total - $MFT_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) e, em seguida, dividiu-se a parte aérea - $MFPA_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) da raiz - $MFR_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) e mediu-se a massa destas partes da planta. Esse material foi pesado e acondicionado em sacos específicos de papel e postos para secar em estufa de circulação forçada, a 120 °C, e retirada quando se verificou que a massa seca da parte aérea - $MSPA_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) e da raiz - $MSR_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) adquiriu peso constante. A massa seca total - $MST_{\text{maço}}$ (g maço⁻¹) foi determinada pelo somatório $MSPA_{\text{maço}} + MSR_{\text{maço}}$.

De posse destes dados, calculou-se o índice de produção de biomassa da parte aérea - IPBPA (Benincasa, 2003), que foi estimado com base na relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca total (Equação 1).

$$IBPA = \frac{MSPA}{MST} \quad \text{Equação (1)}$$

Estimou-se também o percentual da massa seca da parte aérea – %MSPA_{maço}, (Benincasa, 2003), que foi calculado com base na relação entre a massa seca e fresca da parte aérea (Equação 2).

$$\%MSPA = \frac{MSPA}{MFPA} * 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Também foi calculada a relação raiz parte aérea – R/PA (Magalhães, 1985), com base na relação entre a massa seca da raiz e a massa seca da parte aérea (Equação 3).

$$R/PA = \frac{MSR}{MSPA} \quad \text{Equação (3)}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 de probabilidade e, em caso de efeito significativo, comparou-se mediante análise de regressão. Para todas as análises foi utilizado o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA et al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da CE, do pH, do OD e da temperatura da solução nutritiva

Nas soluções nutritivas preparadas e repostas em águas salobras com prevalência de NaCl, constatou-se aumento da CEs_n em relação aos valores iniciais em todos os tratamentos, isto é, em todas as concentrações e vazões testadas, salvo no nível de CEs_n de 1,7 dS m⁻¹, cujo valor final foi inferior ao inicial (Figura 2A, 2B, 2C e 2D).

A redução estimada, quando se compara os valores iniciais e finais da CEs_n e se considera o efeito das vazões, é da ordem de 6,67; 9,23; 8,20 e 15,63% dentro da CEs_n de 1,7 dS m⁻¹ e um aumento de 33,04; 37,61; 38,86 e 38,22% dentro da CEs_n de 6,0 dS m⁻¹ para as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente. Tendências semelhantes, considerando a prevalência de NaCl na água utilizada no preparo da solução nutritiva, foram encontradas em trabalhos desenvolvidos com salsa (MARTINS et al., 2019), couve-flor (SOARES et al., 2020), dentre outras hortaliças.

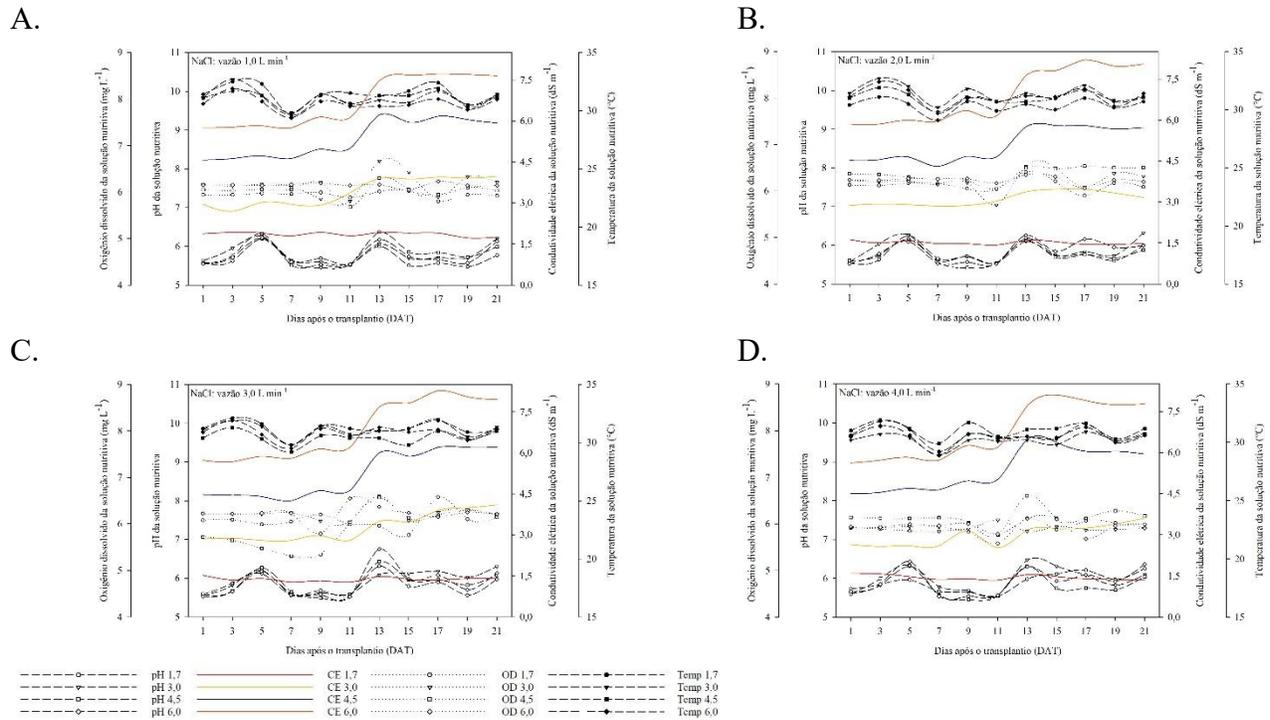


Figura 2. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.

As reduções verificadas dentro da CEsn de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao valor inicial, podem ser atribuídas ao natural consumo de nutrientes pelas plantas (ROPOKIS et al., 2018) e a reposição do nível do reservatório estoque ter sido feita com a água utilizada no preparo da solução nutritiva deste tratamento ($CEa \approx 0,12 \text{ dS m}^{-1}$). Por outro lado, nos demais casos, o aumento da CEsn em relação ao valor inicial pode ser associado a concentração da água utilizada na reposição do reservatório estoque, conforme tratamentos.

Ainda sob soluções nutritivas preparadas sob prevalência de NaCl, os valores de pHsn (Figura 2A, 2B, 2C e 2D) também oscilaram em relação ao valor inicial, todavia, foram verificados valores na faixa de entre 5,42 e 6,75, considerada adequada para o crescimento dos vegetais em sistemas hidropônicos, visto que a maioria dos nutrientes se encontram disponíveis para serem absorvidos pelo vegetal (SILVA et al., 2018; MUCHECUA et al., 2022).

Em trabalhos realizados com hortaliças folhosas (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018; SILVA et al., 2018; SOARES et al., 2019) considerando a prevalência do NaCl na água utilizada no preparo da solução nutritiva, verificou-se tendências similares as ora apresentadas, quanto a

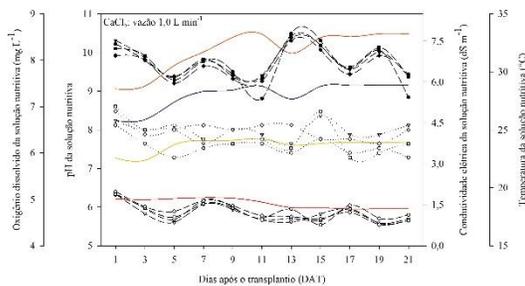
variação do pHsn. Em geral, essa tendência pode ser atribuída a estabilidade do NaCl em diferentes condições e, também, as suas relações de troca iônica com os demais íons presentes na solução nutritiva.

Todavia, é importante destacar que o aumento da concentração de Na⁺ na solução nutritiva pode influenciar a absorção de outros íons que são deslocados das células pelo sódio (PRISCO et al., 2016). Com isso, ocorre o desbalanço nutricional das relações Na⁺/K⁺, Na⁺/Ca⁺² e Na⁺/Mg⁺² (MUCHECUA et al., 2022), podendo causar problemas de toxidez às plantas em decorrências da capacidade de induzir a deficiência dos demais cátions (BUTCHER et al., 2016).

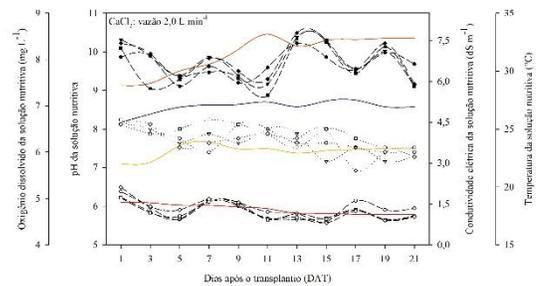
Quando houve prevalência de CaCl₂·2H₂O na água utilizada no preparo e reposição da solução nutritiva, verificou-se tendência análoga, quando se compara os valores iniciais e finais da CESn (Figura 3A, 3B, 3C, 3D), ou seja, nota-se uma redução de 21,25; 28,78; 18,36 e 15,74% dentro da CESn de 1,7 dS m⁻¹ e um aumento de 35,13; 29,70; 14,73 e 38,97% dentro da CESn de 6,0 dS m⁻¹ para as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹. O pHsn também seguiu a mesma tendência, mantendo-se na faixa de 5,54 a 6,50 (Figura 3A, 3B, 3C e 3D).

O cálcio é um importante constituinte das membranas plasmáticas, entretanto, a deficiência deste cátion na planta afeta diretamente a absorção de outros íons, como o K⁺. A integridade das membranas é afetada em condições em que há excesso de íons H⁺ e, por isso, é importante o manejo do pH da solução dentro da faixa recomendada. Por outro lado, maiores concentrações de Ca⁺² na solução nutritiva reduzem a absorção de K⁺ e de Mg⁺², assim como o excesso destes íons prejudica de igual modo a absorção de cálcio pela planta (GHATAK; CHATURVEDI; WECKERTH, 2018).

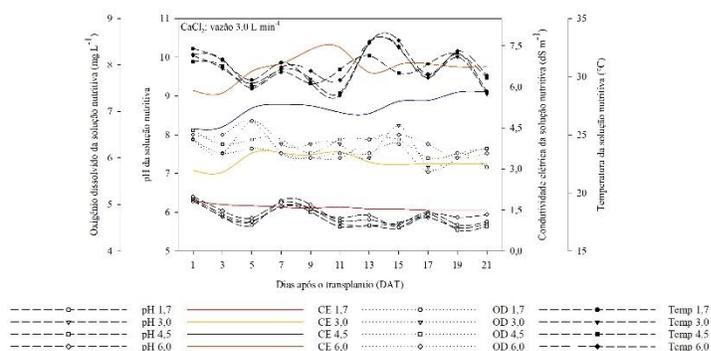
A.



B.



C.



D.

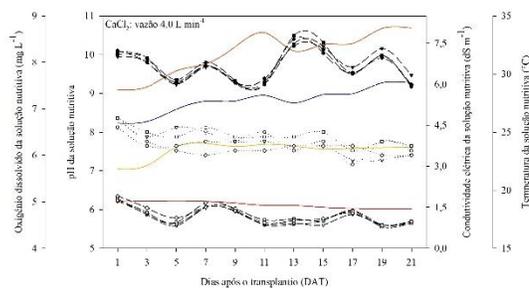


Figura 3. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura de soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ utilizadas no cultivo de plantas de coentro, cv. Verdão, e aplicadas em diferentes vazões.

A concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva (ODsn) esteve na faixa de $5,3$ a $7,0 \text{ mg L}^{-1}$ para todos os tratamentos, com valores médios de $6,10$ e $6,26 \text{ mg L}^{-1}$ nos cultivos com predominância catiônica de NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, respectivamente (Figuras 2A, 2D e 3A e 3D). Estes valores de ODsn corroboram com os valores médios ($6,11$ e $6,03 \text{ mg L}^{-1}$) relatados por Silva et al. (2015) no cultivo do coentro no sistema DFT convencional, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente.

É fundamental manter os níveis de oxigênio acima do limite mínimo de 5 mg L^{-1} recomendado para a maioria das culturas (JENSEN, 1997), pois a falta deste elemento reduz a absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que pode, conseqüentemente, afetar o desenvolvimento da parte aérea e, portanto, a rendimento das culturas.

Ao final do ciclo da cultura, é possível observar que quando o coentro foi cultivado sob águas salobras com prevalência de cálcio houve reduções nos níveis de ODsn de até $12,45\%$ em todos os tratamentos quando comparado ao oxigênio dissolvido medido no início do ciclo, diferentemente do comportamento verificado quando se utilizou o cloreto de sódio onde pouco se modificou. Essas reduções se devem a maior demanda de oxigênio ocorrida com o aumento do volume de raízes das plantas em função do crescimento da cultura, como observado por Silva et al. (2020) no final do ciclo da cultura do coentro.

Em geral, as temperaturas das soluções nutritivas foram semelhantes nos dois experimentos, independente da predominância catiônica, da condutividade elétrica da solução nutritiva ou da vazão de aplicação da solução. No primeiro ciclo em que as soluções nutritivas foram preparadas

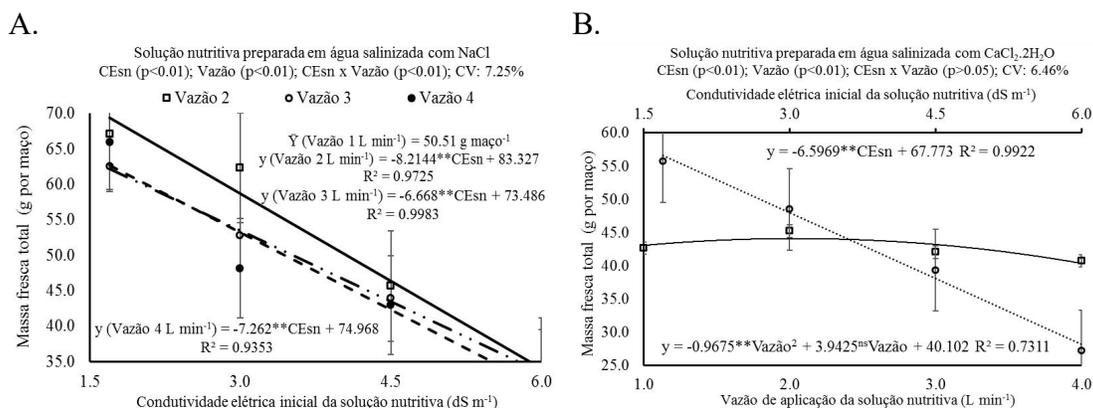
em águas salinizadas com NaCl, verificou-se que as temperaturas das soluções variaram entre 28,8 e 32,7 °C com média de 30,8 °C, enquanto no segundo ciclo, sob salinização de CaCl₂·2H₂O, a temperatura média foi de 30,7 °C variando na faixa entre 27,7 e 33,3 °C (Figuras 2A, 2D e 3A, 3D).

A temperatura da solução nutritiva afeta diretamente a absorção de nutrientes pelas plantas (SILVA et al., 2020) e, de acordo com He et al. (2019), a faixa de temperatura das soluções nutritivas considerada adequada para o crescimento das plantas situa-se entre 20 e 30 °C. Todavia, a temperatura das soluções pode ultrapassar 30 °C nas horas mais quentes do dia em algumas regiões, conforme relatado por diferentes autores no cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2020b).

Partição da produção da massa fresca

Sob prevalência de NaCl na água, a interação entre o aumento da CEsn e a vazão de aplicação afetou ($p < 0,01$) a massa fresca total (Figura 4). As plantas sob vazão de 1 L min⁻¹ produziram 50,51 g por maço dentro da faixa de CEsn testada, até 6,0 dS m⁻¹, no entanto, quando se utilizou vazões de 2, 3 e 4 L min⁻¹, verificou-se uma redução de 8,21; 6,68 e 7,26 g por maço, respectivamente, por cada dS m⁻¹ incrementado a CEsn dentro do intervalo proposto.

Ainda sobre a massa fresca total dos maços de coentro, verificou-se que sob a prevalência de CaCl₂·2H₂O na água, o aumento da CEsn implicou em uma redução de 6,59 g por maço por cada dS m⁻¹ incrementado; por outro lado, foi máxima (44,11 g por maço) na vazão estimada em 2,03 L min⁻¹ (Figura 4B).



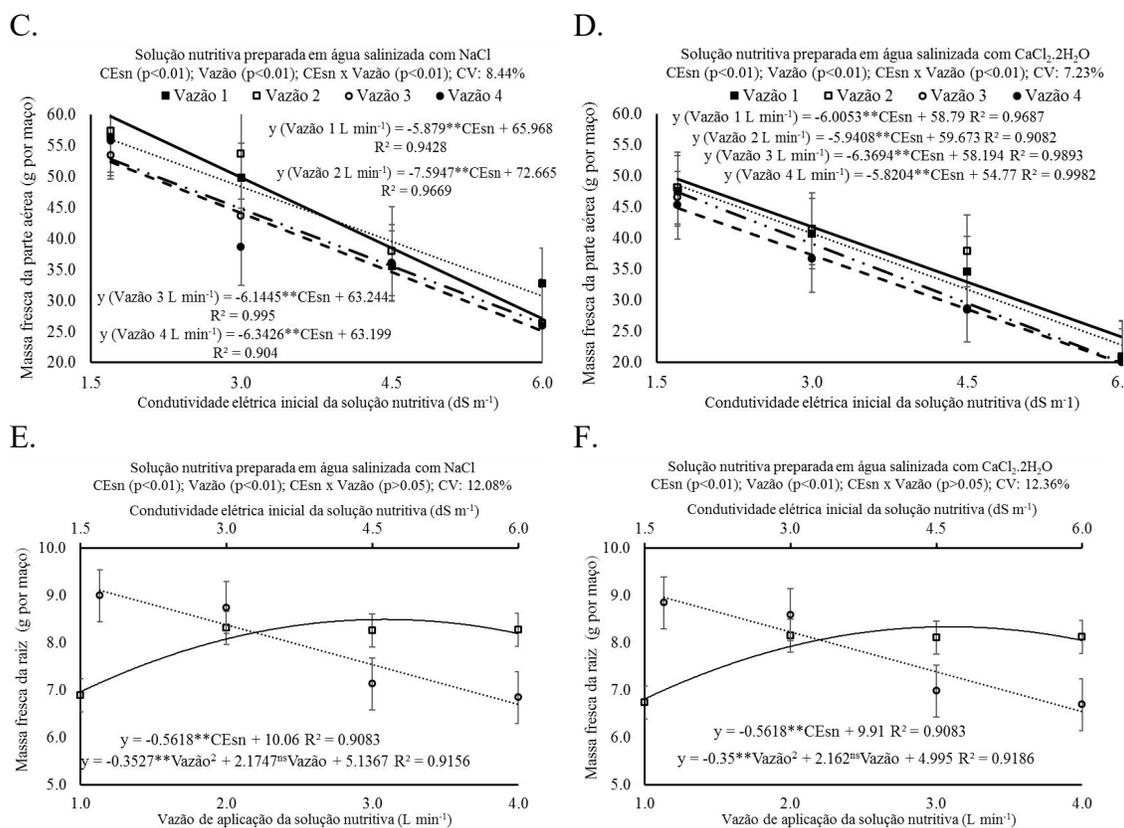


Figura 4. Massa fresca total (A e B), da parte aérea (C e D) e da raiz (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, e aplicadas em vazões crescentes.

A massa fresca da parte aérea das plantas sob soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de NaCl também foram reduzidas, dentro do intervalo de CEsn testado. Os decréscimos por cada dS m^{-1} incrementado, foram estimados na ordem de 5,87; 7,59; 6,14 e 6,34 g por maço, nas plantas expostas as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min^{-1} , respectivamente (Figura 4C).

Sob a prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na água, também se constatou tendência de redução linear com o aumento da CEsn até o limite de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, nas plantas expostas as vazões de 1, 2, 3 e 4 L min^{-1} , a redução por incremento unitário da CEsn foi estimada em 6,0; 5,94; 6,36 e 5,82 g por maço, respectivamente (Figura 4D).

Vale destacar que sob CEsn de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ e vazão de 2 L min^{-1} , o valor estimado da massa fresca da parte aérea foi de 59,75 e de 49,57 g por maço, quando houve prevalência de NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, respectivamente. No entanto, para esta mesma vazão, a estimativa da massa fresca da parte aérea para a CEsn de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 27,09 e de 24,02 g por maço, quando houve prevalência de NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, respectivamente. Dentre outras avaliações, verifica-se que, sob baixos valores de CEsn a influência da prevalência catiônica sobre esta variável é mais

pronunciada, a exemplo do que constataram Aghajanzadeh et al. (2017) quanto ao crescimento da *Brassica rapa*.

A massa fresca das raízes também foi reduzida com o aumento da CEs_n, tanto sob prevalência de NaCl (Figura 4E) quanto sob prevalência de CaCl₂.2H₂O (Figura 4F) na água, de modo que, em ambos os casos, se estimou redução de 0,56 g por maço a cada dS m⁻¹ incrementado. Por outro lado, dentro do intervalo de CEs_n estudado, a massa fresca da raiz foi máxima (8,48 e 8,33 g por maço) na CEs_n estimada em 3,082 e 3,088 dS m⁻¹ quando houve prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O, respectivamente.

A redução na produção de massa fresca em hortaliças folhosas cultivadas em sistemas hidropônicos e expostas a salinidade é uma tendência já verificada em diversas culturas, a exemplo do coentro (Silva et al., 2022), salsa (Martins et al., 2019), cebolinha (Silva Júnior et al., 2017) e rúcula (Campos Júnior, et al., 2018), entre outras. Destarte, verifica-se ainda, sobretudo quanto a produção de massa fresca da parte aérea que o uso de vazões mais baixas (1 e 2 L min⁻¹), mesmo em maiores níveis de CEs_n, implicam em maior produção de massa fresca da parte aérea e, por outro lado, vazões mais elevadas proporcionarão maior massa fresca da raiz.

Essa tendência ora verificada para o coentro também já foi constatada em plantas de couve-flor também expostas a níveis de CEs_n e vazões crescentes (Soares et al., 2020), ou seja, o aumento da vazão para 2,5 L min⁻¹ também reduziu a produção de massa fresca da couve-flor. Mendonça et al. (2017) sugerem que essa redução na produção de biomassa decorre do fato de que o aumento do fluxo/vazão reduz a absorção de nutrientes.

De um modo geral, depreende-se dos resultados ora apresentados, que os valores de vazão de 1 a 2 L min⁻¹, recomendados na literatura para hortaliças folhosas (Furlani et al., 1999) também são os que proporcionam maior produção de massa fresca da parte aérea do coentro, cv. verdão, considerando o intervalo de CEs_n proposto e as prevalências catiônicas das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva que foram testadas.

Partição da produção da massa seca

Não se verificou influência ($p > 0,05$) da interação entre os tratamentos ou da vazão, de forma isolada, sobre a produção de massa seca total, sob prevalência de NaCl e/ou CaCl₂.2H₂O. Por outro lado, a cada dS m⁻¹ incrementado, estimou-se decréscimos de 0,62 e 0,59 g por maço sob prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O na água, respectivamente (Figura 5A e 5B).

Quando se analisa a massa seca da parte aérea das plantas sob prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O na água, também não se verifica influência ($p>0,05$) da interação entre os tratamentos; por outro lado, apesar da vazão influenciar ($p<0,05$) o desempenho da massa seca da parte aérea, não se verifica um ajuste significativo ($p<0,01$) da dispersão dos dados nos modelos linear e quadrático (Figura 5C e 5D).

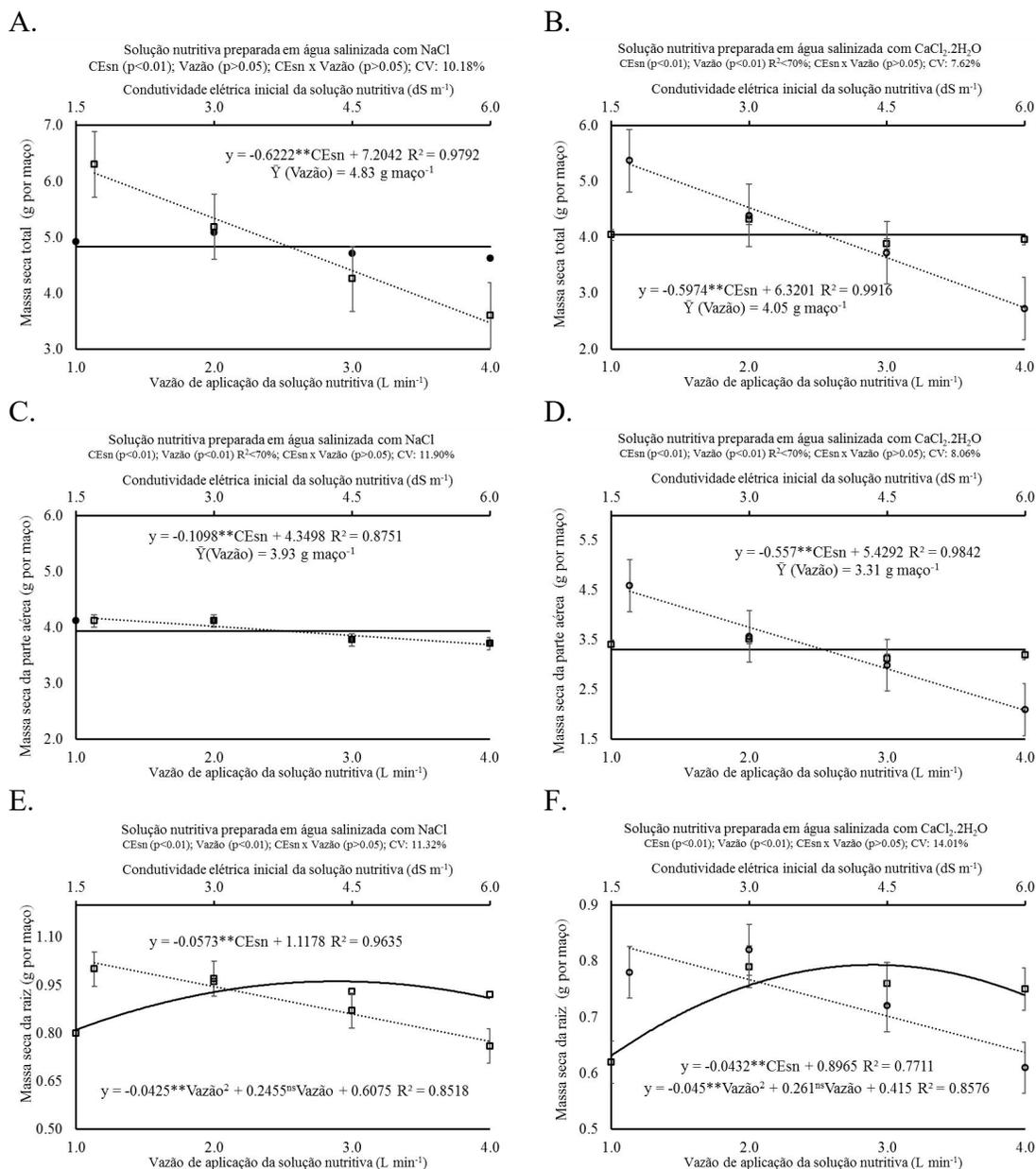


Figura 5. Massa seca total (A e B), da parte aérea (C e D) e da raiz (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e CaCl₂.2H₂O, e aplicadas em vazões crescentes.

A produção média de massa seca da parte aérea foi de 3,93 e 3,31 g por maço nas plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O, respectivamente; por outro lado, a cada dS m⁻¹ incrementado, a massa seca da parte aérea das plantas sob prevalência de NaCl foi reduzida em 0,10 g por maço (Figura 5C) e, quando houve prevalência de CaCl₂.2H₂O em 0,55 g por maço (Figura 5D).

Quanto às raízes, a massa seca foi máxima (0,96 e 0,79 g por maço) na vazão estimada em 2,88 e 2,90 L min⁻¹, nas plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O, respectivamente; concomitantemente, a cada dS m⁻¹ incrementado, a massa seca das raízes foi reduzida em 0,05 e 0,04 g por maço sob prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O, respectivamente (Figura 5E e 5F).

O aumento da massa seca e fresca das raízes constatado e decorrente do incremento da vazão de aplicação da solução nutritiva, pode ser atribuído a característica da espessura do “filme” de solução nutritiva após o evento de circulação, que é diretamente reduzido pelo aumento da vazão de aplicação (AZEVEDO NETTO, 1998), ou seja, é provável que este aumento da superfície específica seja uma resposta morfo-fisiológica da planta para aumentar a absorção de água e nutrientes (MENDONÇA et al., 2017).

Análise da alocação de massa seca nas plantas

A proporção de massa seca da parte aérea em relação a massa seca total da planta foi influenciada ($p < 0,01$) pela interação entre os tratamentos, quando se analisa as plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de NaCl. Dentro do intervalo de CEs_n estudado, nas plantas expostas a vazão de 1 e 2 L min⁻¹, o índice de produção de biomassa da parte aérea foi mínimo (0,80 e 0,088) na CEs_n estimada em 4,83 e 2,50 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 6A).

Por outro lado, ainda sob prevalência de NaCl na água, o índice de produção de biomassa da parte aérea das plantas sob vazões de 3 e 4 L min⁻¹, não variou significativamente ($p > 0,05$) dentro do intervalo de CEs_n estudado, sendo, em média, 0,796, ou seja, 79,6% de toda a massa seca produzida pela planta foi alocada na parte aérea (Figura 6A). Vale ressaltar, no entanto, que em todos os níveis de CEs_n testados, se verificou, nas plantas sob vazão de 1 L min⁻¹, maior índice de produção de biomassa da parte aérea, ou seja, o aumento da vazão implicou diretamente na alocação de massa seca do coentro, reduzindo a massa seca da parte aérea dos maços.

Sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ os tratamentos influenciaram ($p < 0,01$) o índice de produção de biomassa da parte aérea de forma individual, ou seja, para cada dS m^{-1} incrementado, a redução foi estimada em 0,0169 e, por outro lado, foi mínima (0,796) na vazão estimada em $3,15 \text{ L min}^{-1}$ (Figura 6B).

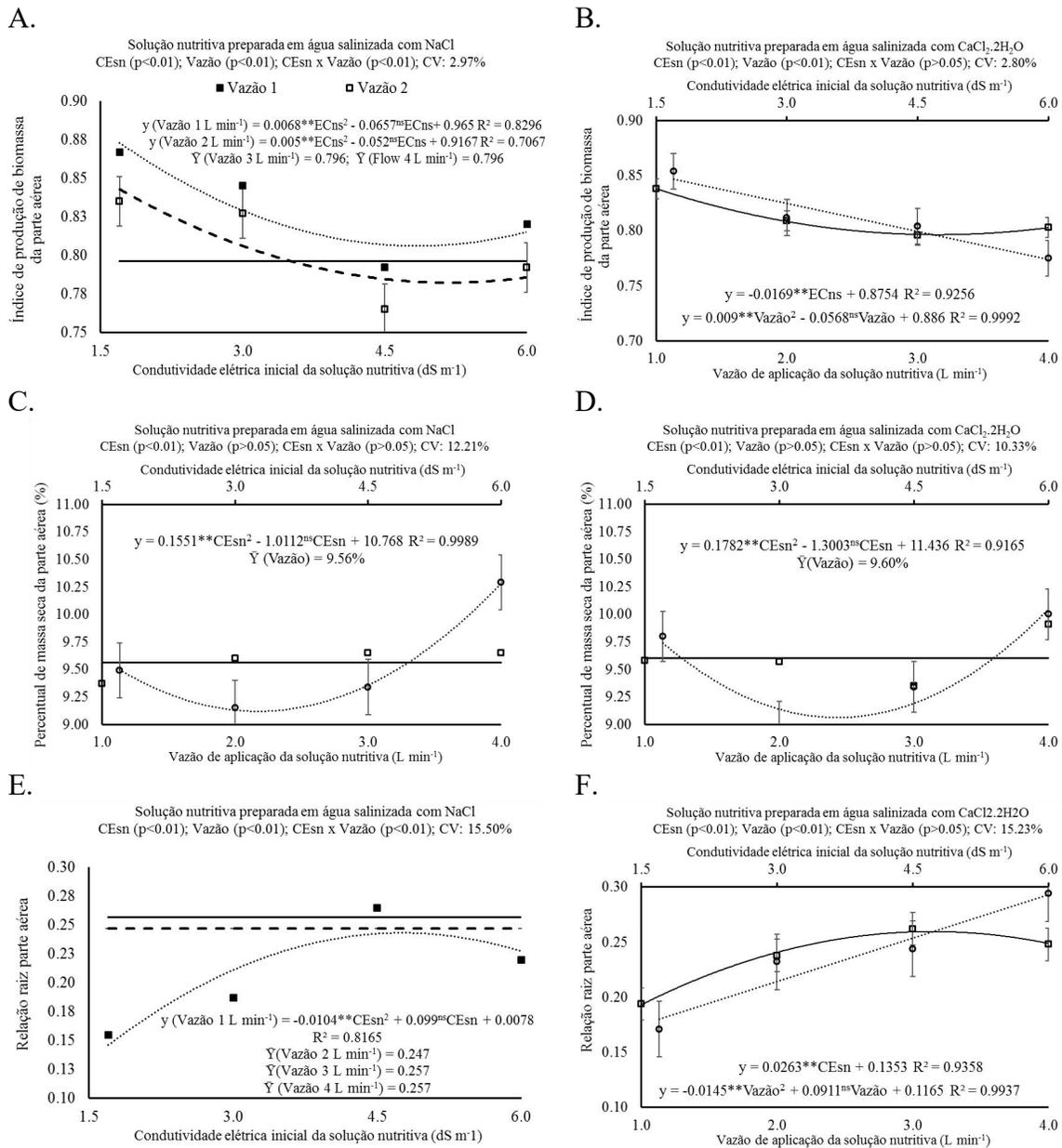


Figura 6. Índice de produção de biomassa da parte aérea (A e B), percentual de massa seca da parte aérea (C e D) e a relação raiz – parte aérea (E e F) de plantas de coentro, cv. Verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, salinizadas com NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, e aplicadas em vazões crescentes.

Uma outra análise é sobre quanto há de massa seca em relação a massa total da parte aérea e o impacto do aumento da CEs_n e da vazão sobre este indicador. Tanto sob a prevalência de NaCl quanto de CaCl₂.2H₂O, o aumento da vazão não influenciou ($p>0,05$) o percentual de massa seca da parte aérea, sendo verificado médias de 9,56 e 9,60%, respectivamente (Figura 6C e 6D).

Não obstante, por cada dS m⁻¹ incrementado, o percentual de massa seca da parte aérea foi mínima (9,11 e 9,06%) na CEs_n estimada em 3,25 e 3,64 dS m⁻¹, para prevalência de NaCl e CaCl₂.2H₂O, respectivamente (Figura 6C e 6D). A partir desses pontos de mínimo, estimados para ambas as prevalências catiônicas, verifica-se que o incremento da CEs_n implica em um maior percentual de massa seca da parte aérea o que pode ser atribuído a diversos fatores, a exemplo da limitação na absorção de água e nutrientes imposta pela redução crescente do potencial osmótico.

É possível depreender dos indicadores ora analisados, que a alocação de massa seca na parte aérea das plantas que compõem o maço de coentro só foi influenciada ($p>0,01$) pela variação da vazão, quando houve prevalência catiônica do CaCl₂.2H₂O na água utilizada no preparo da solução nutritiva (Figura 6B). Por outro lado, é possível constatar que o aumento da CEs_n, em ambas as prevalências catiônicas, implicou em duas respostas, a saber, na redução da proporção de massa seca da parte aérea em relação a massa seca total da planta e no aumento do percentual de massa seca da parte aérea.

Quando se analisa a produção de massa seca da raiz em relação a produção de massa seca da parte aérea, verifica-se, nas plantas expostas a soluções nutritivas preparadas em águas com prevalência de NaCl, que a interação entre tratamentos influenciou ($p<0,01$) a relação raiz parte aérea, de modo que, quando se analisa a vazão de 1 L min⁻¹ dentro do intervalo de CEs_n estudado, verifica-se que sob 4,75 dS m⁻¹ a relação raiz parte aérea é máxima (0,24), ou seja, o aumento da CEs_n implica em aumento da massa seca da raiz (Figura 6E) e, conseqüentemente, da superfície específica, como decorrência da resposta da cultura à limitação da absorção causada pela redução do potencial osmótico ocasionada pelo aumento da CEs_n.

Por outro lado, quando se analisa as vazões de 2, 3 e 4 L min⁻¹ dentro do intervalo de CEs_n ora trabalhado, nota-se que a relação raiz parte aérea não foi afetada, sendo constatado uma média de 0,247; 0,257 e 0,257, respectivamente. Embora os valores de relação raiz parte aérea estimados para as maiores vazões que 1 L min⁻¹, dentro do intervalo de CEs_n estudado, sugiram

maior alocação de massa seca na raiz, vale destacar o fato de que não houve variação significativa ($p > 0,05$) na relação raiz parte aérea mesmo com o aumento da condutividade elétrica até $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 6E).

Sob prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a relação raiz parte aérea foi afetada ($p < 0,01$) de forma individual pelo aumento da CEs_n e da vazão (Figura 6F) de modo que se estimou aumento de $0,263$ por cada dS m^{-1} incrementado e, por outro lado, verificou-se a relação raiz parte aérea foi máxima ($0,25$) na vazão estimada em $3,14 \text{ L min}^{-1}$. Vale destacar que, sob $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, a relação raiz parte aérea das plantas de coentro expostas a uma solução nutritiva preparada em água com prevalência de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ foi de $0,293$ e de $0,257$ quando houve prevalência de NaCl , sob vazão de 3 e 4 L min^{-1} .

A relação raiz parte aérea é um parâmetro indicativo do grau de sensibilidade fisiológica das partes vegetais ao estresse salino, de modo que o aumento deste indicador em plantas sob estresse salino também já foi constatado em outras hortaliças cultivadas em sistema hidropônico em condições de estresse salino, como a rúcula, por exemplo (SILVA et al., 2013).

CONCLUSÕES

1. Sob baixos valores de CEs_n a influência da prevalência catiônica sobre a massa fresca da parte aérea é mais pronunciada;
2. O uso de vazões mais baixas, até 2 L min^{-1} , mesmo em maiores níveis de CEs_n, implicam em maior produção de massa fresca da parte aérea e, por outro lado, vazões superiores a 2 L min^{-1} proporcionarão maior massa fresca e seca da raiz.
3. O aumento da CEs_n, em ambas as prevalências catiônicas testadas, implicou na redução da proporção de massa seca da parte aérea em relação a massa seca total da planta e no aumento do percentual de massa seca da parte aérea.
4. Para produção de maços de coentro, cv. verdão, cultivadas em sistema NFT e expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras com prevalência de NaCl e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ até $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, é recomendado que se adote vazões inferiores a 2 L min^{-1} .

REFERÊNCIAS

Aghajanzadeh, T. A.; Reich, M.; Kopriva, S.; Kok, L. J. de. Impact of chloride (NaCl, KCl) and sulphate (Na_2SO_4 , K_2SO_4) salinity on glucosinolate metabolism in *Brassica rapa*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 204, p.137-146, 2017. <https://doi.org/10.1111/jac.12243>

Azevedo Netto, J. M. de. Manual de hidráulica. 8ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 1998.

Benincasa, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas:** noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

Butcher, Kirsten et al. Soil salinity: A threat to global food security. ***Agronomy Journal***, v. 108, p. 2189-2200, 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0368>

Campos Júnior, J. E., Santos Júnior, J. A., Martins, J. B., Silva, Ê. F. d. F. e., & Almeida, C. D. G. C. de. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. *Revista Caatinga*, n. 4, v. 31, p. 1008 –1016, 2018.

Dias, M. dos S.; Reis, L. S.; Silva, dos S. R. H.; de Almeida, C. A. C.; Paes, R. de A.; Albuquerque, A. W. de; Silva, F. de A. da. Crescimento de plantas de rúcula em substratos e níveis de salinidade da água de irrigação. *Colloquium Agrariae*. n. 4, v. 15, p. 22–30, 2019. <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2865>

Furlani, P. R., Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquim, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p.

Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. ***Revista brasileira de biometria***, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

Ghatak, A. et al. Metabolomics in Plant Stress Physiology. ***Plant Genetics and Molecular Biology***, v. 50, n. 1, p.187-236, 2018. https://doi.org/10.1007/10_2017_55

He, F. et al. Effects of root cooling on plant growth and fruit quality of cocktail tomato during two consecutive seasons. **Journal of Food Quality**, v. 2019 p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3598172>

Jensen, Merle H. Hydroponics. **HortScience**, v. 32, n. 6, p. 1018-1021, 1997. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.6.1018>

Lima, G.S. de; Dias, A.S.; Soares, L.A. dos A.; Hans R. Gheyi, H. R.; Nobre, R.G.; Silva, A.A.R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 1, n. 42, p. 214-225, 2019.

Magalhães, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. *Fisiologia vegetal*. São Paulo, EPU, 1985. V.1, p.363 - 50.

Mendonça, M. A.; Oliveira, R. A.; Duda, R. M.; Fujita, A. T.; Millan, R. N. Remoção de íons Cu^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} em solução aquosa utilizando lodo biológico de reatores anaeróbios de alta taxa. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v.38, p.17-27, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0375.2017v38n2p17>

Martins, J. B.; Santos Júnior, J.A.; Silva Júnior, F.J.; Silva, G.F.; Medeiros, S.S. Produção da salsa em condições hidropônicas sob soluções nutritivas salobras isosmóticas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 43, online, 2019.

Doi: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943023418>

Muchecua, S. M. H.; Santos Júnior, J. A.; Menezes, S; M. de; Silva, G. F. da; Chaves, L. H. G.; Cruz, R. I. F. Ionic relationships between macronutrients and sodium in parsley under nutrient solutions prepared with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, n. 1, v. 26, p. 11-20. 2022.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n1p11-20>

Prisco, José T. et al. Physiology and biochemistry of plants growing under salt stress. In: GHEYI, Hans R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.10, p.163-180.

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

Ropokis, A. et al. Impact of cultivar and grafting on nutrient and water uptake by sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grown hydroponically under Mediterranean climatic conditions. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1244, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01244>

Silva, F. V. da; Duarte, S. N.; Lima, C. J. G. de S.; Dias, N. da S.; Santos, R. S. da S.; Medeiros, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina Revista Brasileira de Ciências Agrárias, n. 3, v. 8, p. 476-482, 2013.

Silva Júnior, F. J. da, Santos Júnior, J. A., Silva, M. M. da; Silva, Ênio F. de F. e; Souza, E. R. de. Water relations of chives in function of salinity and circulation frequency of nutrient solutions. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, n. 5, v. 23, p. 359-365, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p359-365>

Silva, M. G.; Soares. T.M.; Gheyi, H.R.; Costa, I. P.; Vasconcelos, R. S. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. Emirates Journal of Food and Agriculture, v. 32, p.281-294, 2020.

Silva, M. G. da; Oliveira, I. de S., Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Santana, G. de O.; Pinho, J. de S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, n. 8, v. 22, p. 547-552, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

Silva, M. G. da; Soares, T. M.; Oliveira, I. de S.; Santos, J. C. da S. Produção de coentro em hidroponia nft com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. 9. 246-258, 2015.

Doi: 10.7127/rbai.v9n400319

Silva, M. G. da; Soares, T. M.; Gheyi, H. R. Santos, C. C. dos; Oliveira, M.G.B. Hydroponic cultivation of coriander intercropped with rocket subjected to saline and thermal stresses in the root-zone. Revista Ceres, n. 2, v. 69, 2022. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269020004>

Soares, H. R.; Silva, E. F. de F. e; Silva, G. F. da; Cruz, A. F. da S.; Santos Júnior, J.A.; Rolim, M.M. Salinidade e vazões da solução nutritiva na biometria de couve-flor cultivada em sistema hidropônico NFT. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online], n. 4, v. 24, p. 258-265, 2020.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p258-265>

CAPITULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Mesmo com o uso de águas salobras com prevalências catiônicas de Na^+ e Ca^{2+} , até uma condutividade elétrica da solução nutritiva de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, é recomendado que se utilize vazões inferiores a 2 L min^{-1} ;
2. Embora seja possível depreender pela literatura que o aumento da vazão limita a absorção de água e nutrientes, é importante que outros estudos avaliem eventuais danos físicos às raízes com o aumento da vazão, ou até mesmo, eventual “lixiviação” ou retirada dos nutrientes das raízes pelo impacto da solução;
3. Quando maior a vazão, maior foi o aumento da superfície específica das raízes. Embora se saiba que a espessura da lâmina, ou filme, esteja diretamente ligado a velocidade e a vazão, sugere-se que outros trabalhos possam medir diretamente e comparar com a alocação de biomassa nas raízes;
4. Também se verificou que o aumento da vazão não afetou significativamente a temperatura da solução nutritiva ao longo da calha, nem a temperatura foliar das plantas dispostas ao longo da calha.