

JÚLIO CIQUEIRA DE ALMEIDA

EFICIÊNCIA HÍDRICA E PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS DO COENTRO SOB
VAZÕES E SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RECIFE – PE
AGOSTO DE 2022

JÚLIO CIQUEIRA DE ALMEIDA

EFICIÊNCIA HÍDRICA E PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS DO COENTRO SOB
VAZÕES E SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

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

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

RECIFE – PE
AGOSTO 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)

- A447e Almeida, Júlio Ciqueira de
Eficiência hídrica e partição de fotoassimilados do coentro sob vazões e salinidade da solução nutritiva / Júlio Ciqueira de Almeida. - 2022.
63 f. : il.
- Orientador: Jose Amilton Santos Junior.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2022.
1. Produtividade da água. 2. Águas salobras. 3. Hidroponia. I. Junior, Jose Amilton Santos, orient. II. Título

CDD 630

JÚLIO CIQUEIRA DE ALMEIDA

EFICIÊNCIA HÍDRICA E PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS DO COENTRO SOB
VAZÕES E SALINIDADE DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Dissertação defendida e aprovada em 30 de agosto de 2022 pela banca examinadora:

Prof. José Amilton Santos Júnior, D.Sc. - DEAGRI/UFRPE

(Orientador)

Mairton Gomes da Silva, D.Sc – UFRB

(Examinador externo)

Prof. Ênio Farias de França e Silva, D.Sc.- DEAGRI/UFRPE

(Examinador interno)

“Bem-vindos a pós-graduação bando de malucos.”

Aos meus pais, Maria Blandina de Abreu Ciqueira e João Ferreira de Almeida; as minhas irmãs, Luana Ciqueira de Almeida e Simone Ciqueira de Almeida; e ao meu sobrinho, João Neto Almeida Reis, por todo amor. Grato por fazerem parte dessa conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda sabedoria e amparo nas horas difíceis. Por não ter me deixado sucumbir aos inúmeros desafios e provações. Desafios são para serem vencidos!

A minha mãe, Maria Blandina de Abreu Ciqueira, minha inspiração diária, e ao meu pai, João Ferreira de Almeida, por quem tenho imensa admiração.

As minhas irmãs, Luana Ciqueira de Almeida e Simone Ciqueira de Almeida; ao meu sobrinho, João Neto Ferreira Reis; a minha tia, Maria Ferreira, e demais familiares, por todo carinho, amor, carinho, apoio e entendimento ao longo da minha trajetória, principalmente, pela ausência em momentos tão importantes.

Aos meus amigos, Arielson Andrade, Clarissa Magalhães, Lailson Freitas, Eduardo Barreto, Daiana e Bárbara Alcântara, pelos momentos de conversas, conselhos, descontração e diversão.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior, por compartilhar da sua vasta experiência e conhecimento, pelo apoio e confiança em mim depositado ao longo deste curso. Agradeço por suas orientações, pelas preocupações e compreensão diante de todos os acontecimentos ao longo desses dois anos.

A Ruana Iris, Tarcísio de Oliveira, Alyne Bognola, Ellyelson Henrique, Clarissa Magalhães e Roni pela parceria, amizade e pelos dias dedicados, pois sem vocês essa trajetória teria sido ainda mais árdua. Aos demais membros do grupo de pesquisa em Fertirrigação e Salinidade, que faço parte, Brenna Veríssimo e Kátia Ribeiro, meus mais sinceros agradecimentos, vocês também fazem parte desta conquista.

A Raphaela Revorêdo, Uriel Calisto, Kézia Ferreira Nogueira, Ênio Faria França da Silva e José Amilton Santos Júnior, que mesmo sem saberem foram fundamentais para o encerramento deste ciclo.

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. Aos colegas da pós-graduação que mesmo distantes, estiveram presentes no meu momento de formação.

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

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. HIPÓTESES.....	17
3. OBJETIVO GERAL	17
3.1. Objetivos específicos	17
4. REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1. A CULTURA DO COENTRO (<i>Coriandrum sativum</i> L.).....	18
4.1.1. Origem, taxonomia, botânica e principais cultivares	18
4.1.2. Aspectos morfológicos e fenológicos.....	18
4.1.3. Aspectos fisiológicos.....	20
4.1.4. Exigência nutricional e hídrica.....	20
4.1.5. Principais usos e importância econômica do coentro.....	22
4.1.6. O cultivo hidropônico do coentro.....	23
4.2. EFEITO DOS SAIS SOBRE AS PLANTAS	23
4.2.1. Tolerância das hortaliças folhosas à salinidade.....	23
4.2.2. Efeito sobre o consumo, eficiência e teor de água	24
4.2.3. Efeito sobre a produção e partição de massa fresca e seca.....	25
4.3. USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE HORTALIÇAS FOLHOSAS	26
4.3.1. Definição, aspectos normativos e características das águas salobras.....	26
4.3.2. Implicações iônicas e osmóticas.....	28
4.3.3. Vazão de aplicação da solução nutritiva preparadas em águas salobras	29

4.3.4.	Uso de águas salobras no cultivo do coentro hidropônico	30
5.	MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1.	Local do estudo e condições de cultivo	31
5.2.	Delineamento e estrutura experimental	32
5.3.	Semeio do coentro	33
5.4.	Preparo e manejo das soluções nutritivas	34
5.5.	Variáveis avaliadas	34
5.6.	Análise estatística	36
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6.1.	Dinâmica dos parâmetros das soluções nutritivas – CE, pH, OD e temperatura.....	36
6.2.	Caracterização, consumo, produtividade e teor da água dos maços	39
6.3.	Taxa fotossintética e partição de massa seca das plantas	44
7.	CONCLUSÕES.....	48
8.	REFERÊNCIAS	50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Morfologia de plantas de coentro: folhas (A), caule (B), flores (C), frutos (D), sementes (E), raiz (F)..... 19
- Figura 2 - Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m⁻²) dentro do ambiente protegido..... 32
- Figura 3 - Vista frontal da casa de vegetação (A) e disposição das parcelas experimentais (B).
..... 33
- Figura 4. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura das soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas à diferentes vazões no canal hidropônico sob cultivo do coentro cv. Verdão..... 37
- Figura 5. (A) Altura das plantas, (B) Massa fresca da parte aérea, (C) consumo hídrico, produtividade da água em base de (D) massa fresca e (E) massa seca da parte aérea, (F) eficiência intrínseca – A/gs e (G) instantânea – A/E de uso da água e (H) teor de água de plantas de coentro, cv. Verdão, sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes..... 41
- Figura 6. (A) Taxa fotossintética, (B) massa seca total, (C) massa seca da parte aérea, (D) massa seca da raiz, (E) índice de produção de biomassa da parte aérea, (F) percentual de massa seca da parte aérea e (G) relação raiz parte aérea de plantas de coentro, cv. Verdão, sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes..... 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da água de alguns mananciais da região Nordeste.	27
Tabela 2. Resumo da ANOVA para massa fresca da parte aérea, altura dos maços, consumo hídrico, produtividade da água – WPMFPA, produtividade da água – WPMSPA, eficiência intrínseca (WUE) e instantânea (WUEi) de uso da água e teor de água na parte aérea de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.....	39
Tabela 3. Resumo da ANOVA para taxa fotossintética; massa seca total, da parte aérea e da raiz; índice de produção de biomassa da parte aérea, percentual de massa seca da parte aérea e relação raiz parte aérea de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Altura de planta

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – Cloreto de Cálcio di-hidratado

CEsn – Condutividade elétrica da solução nutritiva

CH - Consumo hídrico

DAT - Dias após o transplântio

MFPA maço^{-1} - Massa de matéria fresca da parte aérea do maço de plantas

MgCl_2 – Cloreto de Magnésio

MSPA maço^{-1} - Massa de matéria seca da parte aérea do maço de plantas

NaCl – Cloreto de Sódio

NFT - Nutrient Film Technique (Técnica do fluxo laminar de nutrientes)

OD - Oxigênio Dissolvido

pHsn - Potencial hidrogeniônico da solução nutritiva

Sn – Solução nutritiva

IPBPA - Índice de produção de biomassa da parte aérea

Tsn – Temperatura da solução nutritiva

WP_{MFPA} - Produtividade da água em base de massa fresca

WP_{MSPA} - Produtividade da água em base de massa seca

ALMEIDA, JÚLIO CIQUEIRA DE. **Eficiência hídrica e partição de fotoassimilados do coentro sob vazões e salinidade da solução nutritiva. 2022.** Dissertação (Mestrado 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

Dado a necessidade do aproveitamento de águas salobras em regiões áridas e semiáridas, os cultivos hidropônicos podem ser utilizados como uma forma alternativa de cultivo nestas localidades. Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência hídrica, o crescimento e a partição de fotoassimilados de plantas de coentro, cv. verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes, em sistema hidropônico “Nutrient Film Technique” - NFT. O experimento foi conduzido em casa de vegetação situada nas dependências do Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em Recife, PE. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4 x 4, com quatro blocos, sendo os tratamentos quatro soluções nutritivas (1,7; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e quatro vazões crescentes (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L h⁻¹) em sistema NFT. Foram mensuradas variáveis relacionadas a eficiência hídrica, o crescimento e a partição de fotoassimilados das plantas e os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 de probabilidade. Verificou-se que o aumento da vazão de aplicação da solução nutritiva implicou em maior alocação de fotoassimilados na raiz em detrimento da parte aérea e, por outro lado, o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva implicou em aumento do percentual de massa seca da parte aérea. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva foi o principal fator que reduziu os parâmetros produtivos e de acúmulo de biomassa do coentro. Verificou-se também que a produtividade da água pela cultura do coentro não foi afetada pela interação entre o aumento da condutividade elétrica e a vazão de aplicação da solução nutritiva.

Palavras-chave: Produtividade da água; águas salobras; hidroponia.

ALMEIDA, JÚLIO CIQUEIRA DE. **Water efficiency and photoassimilates partitioning of coriander under flow rates and salinity of the nutrient solution**. 2022. Dissertation (Master's in Agricultural Engineering) – Federal Rural University of Pernambuco, Postgraduate Program in Agricultural Engineering, Recife-PE.

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

ABSTRACT

Given the need to use brackish water in arid and semi-arid regions, hydroponic crops can be used as an alternative form of cultivation in these locations. Thus, the present work was carried out with the objective of evaluating the water efficiency, growth and photoassimilates partition of coriander plants, cv. verdão, exposed to nutrient solutions prepared in brackish water and applied at increasing flow rates in a “Nutrient Film Technique” - NFT hydroponic system. The experiment was carried out in a greenhouse located on the premises of the Department of Agricultural Engineering - DEAGRI, of the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE, in Recife, PE. The experimental design adopted was in randomized blocks, analyzed in a 4 x 4 factorial scheme, with four blocks, being the treatments four nutrient solutions (1.7; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹) and four increasing flows (1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 L h⁻¹) in NFT system. Variables related to water efficiency, growth and photoassimilates partition of plants were measured and the data were submitted to analysis of variance by the F test at a probability level of 0.05. It was verified that the increase in the flow rate of application of the nutrient solution implied in a greater allocation of photoassimilates in the root to the detriment of the shoot and, on the other hand, the increase in the electrical conductivity of the nutrient solution implied in an increase in the percentage of dry mass of the part aerial. The increase in the electrical conductivity of the nutrient solution was the main factor that reduced the productive parameters and accumulation of coriander biomass. It was also verified that the water productivity of the coriander crop was not affected by the interaction between the increase in electrical conductivity and the flow rate of application of the nutrient solution.

Keywords: Water productivity; brackish waters; hydroponics.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de cultivo hidropônico tem sido utilizada com sucesso em diversas culturas, a exemplo dos cereais, frutas, forragens, flores, especiarias, plantas medicinais e hortaliças e isto ocorre por que o sistema proporciona um ambiente adequado e com equilíbrio dos elementos necessários ao crescimento do vegetal, como aporte de água, nutrientes, parâmetros físico-químicos e controle fitossanitário (FUSSY; PAPENBROCK, 2022).

A hidroponia é um sistema altamente eficiente no uso e gerenciamento da água e nutrientes (SANTOS JÚNIOR et al., 2016; SILVA et al., 2018a), sendo neste sistema o potencial osmótico da solução nutritiva o principal fator que afeta a absorção de água pelas plantas, uma vez que o potencial matricial tende a ser zero, desta forma, a hidroponia possibilita a utilização de águas com mais elevada concentração de sais (SANTOS JÚNIOR et al., 2016), no preparo da solução nutritiva e na reposição da água evapotranspirada.

A viabilidade do uso de águas salobras no preparo das soluções nutritivas já tem sido testada para algumas hortaliças folhosas como o coentro (SILVA et al., 2018a), a salsa (MARTINS et al., 2019), a alface (SILVA et al., 2021), agrião de folhas largas e couve chinês (LIRA et al., 2020), a cebolinha verde (SOUZA et al., 2020), a quais demonstraram ser possível cultivar em soluções com níveis mais elevados de salinidade. Apesar dos resultados promissores, estudos têm sido feito no sentido de desenvolver ou aprimorar técnicas de manejo que mitiguem ainda mais o dano salino sobre as plantas cultivadas em sistema NFT (Nutrient Film Technique), a exemplo da mistura ou alternância de uso de águas de diferentes concentrações (SOARES et al., 2010), fornecimento de diferentes disponibilidades de solução nutritiva (SILVA et al., 2015), variação na frequência de recirculação (SILVA et al. 2016) e diferentes vazões de aplicação da solução nutritiva (SOARES et al., 2020).

Na cultura da couve-flor cultivada em água salobra, fluxos de solução de nutritiva de $1,5 \text{ L min}^{-1}$ implicaram resultados biométricos mais expressivos em comparação com vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ (SOARES et al., 2020), enquanto que na alface cultivada em solução nutritiva não salinizada, a vazão de $1,0 \text{ L min}^{-1}$ tem maior efeito na produção em comparação as vazões de 0,5; 2,0 e $4,0 \text{ L min}^{-1}$ (DALASTRA et al., 2020). Para a cultura do coentro, são mencionados em algumas pesquisas com hidroponia a adoção de vazões de aplicação pré-determinadas, como de $1,0 \text{ L min}^{-1}$ na produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos NFT (SOARES; SILVA; SILVA, 2017) e vazão de $1,55 \text{ L min}^{-1}$ trabalhando a frequência de recirculação nutritiva cultivo do coentro com água salobra em sistema hidropônico DFT (Deep Film Technique) (SILVA et al., 2016).

Cultivos em sistemas hidropônicos necessitam de fornecimento adequado e constante de nutrientes para manter sua produtividade, assim, cada cultura possui uma taxa ideal de fluxo que sejam capazes de alimentar e gerar maior crescimento (DALASTRA et al., 2020). Para a cultura do coentro, sobretudo em condições de hidroponia e salinidade, ainda são poucos os trabalhos que recomendem uma vazão que proporcione um maior ganho em crescimento e acúmulo de biomassa, assim, estudos são necessários para se verificar como vazões crescentes interferem nos padrões produtivos do coentro cultivado solução nutritivas preparada em águas salobras.

Neste sentido, para avaliar o desempenho das plantas sob dado manejo ou condição de estresse, a depender do objetivo do cultivo, pode-se utilizar como indicadores como a eficiência hídrica, a produtividade e a partição de fotoassimilados, a exemplo do já utilizado por outros autores em culturas sob hidroponia e salinidade (LIRA et al., 2020; MARTINS et al., 2019).

2. HIPÓTESES

- O aumento da vazão de aplicação da solução nutritiva pode mitigar o dano salino sobre a eficiência hídrica e produção de biomassa do coentro Verdão, proporcionado pelo aumento da concentração de sais na solução nutritiva.
- A partição de matéria seca será afetada pelo aumento da condutividade elétrica e da vazão de aplicação da solução nutritiva do coentro Verdão cultivado soluções nutritivas preparadas em águas salobras em níveis crescentes de condutividade elétrica.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho hídrico e produtivo de plantas de coentro, cv. verdão, expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras, aplicados em vazões crescentes.

3.1. Objetivos específicos

- Avaliar o consumo hídrico, a eficiência do uso da água e o teor de água de plantas de coentro, cv. verdão, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.
- Analisar a produção de massa fresca e seca das plantas coentro, cv. verdão, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.

- Avaliar a partição de fotoassimilados das plantas de coentro, cv. verdão, submetidas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A CULTURA DO COENTRO (*Coriandrum sativum* L.)

4.1.1. Origem, taxonomia, botânica e principais cultivares

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma erva comestível pertencente à família Apiaceae e gênero *Coriandrum*; é uma espécie vegetal que tem como principal característica o fato de exalar um odor fétido de suas folhas (SOBHANI et al., 2022). A planta em questão recebe a seguinte classificação taxonômica: Reino: Plantae; Divisão: Tracheophyta; Classe: Magnoliopsida (dicotiledôneas); Ordem: Apiales; Família: Apiaceae; Gênero: *Coriandrum*; Espécie: *Coriandrum sativum* L (MAHLEYUDDIN et al., 2021).

É uma planta herbácea originária da região mediterrânea, porém, devido as diversas qualidades e finalidades está sendo amplamente cultivada na Ásia, Europa Central, Norte da África e na América do Sul para muitos propósitos (LARIBI et al., 2015). *Coriandrum sativum* tem sido descrito como uma planta com multifunções de uso, por que cada parte possui diferentes valores nutricionais e medicinais (MAHLEYUDDIN et al., 2021).

É uma espécie de alto valor nutricional, fonte de cálcio, ferro, vitamina C e provitamina A (MELO et al., 2018) e rica em diversos compostos ativos de óleos essenciais, principalmente monoterpenos, pineno, lapeno, γ -terpineno, p-cimeno, borenol, citrionelol, cânfora, geraniol, coriandrina, dihidrocoriandrina, flavonóides e linalol usada em produtos farmacêuticos, em indústrias cosméticas, alimentícia e de medicamentos (HASSANEIN et al., 2021).

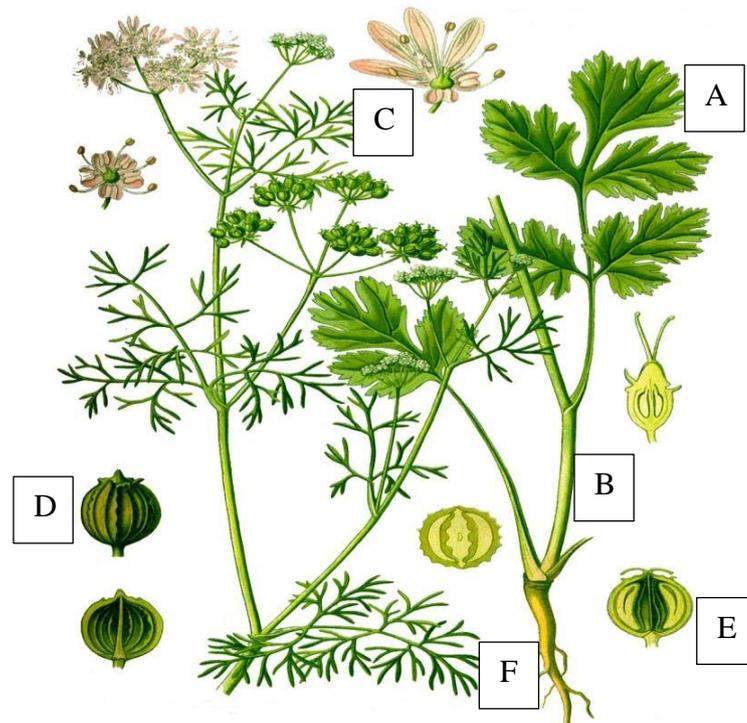
As cultivares mais conhecidas de coentro são: Americano, Asteca, Palmeirão, Português, Santo, Supéria, Tabocas, Tapacurá e Verdão (MELO et al., 2009) e Super-verdão (PEREIRA et al., 2012). Destas, a cultivar Verdão possui grande importância econômica em Pernambuco, sendo uma das cultivares mais plantadas no estado devido ter um ciclo curto e apresentar resistência a doenças de folhagens (OLIVEIRA et al., 2015).

4.1.2. Aspectos morfológicos e fenológicos

O coentro é uma espécie vegetal herbácea anual que atinge alturas que variam de 25 a 60 cm; suas sementes germinam entre 5 e 7 dias e tem máximo desenvolvimento vegetativo aos

40 dias (para maioria das cultivares) a qual dá início ao período reprodutivo que se estende até 16 a 18 semanas, fechando seu ciclo fenológico de 90 a 120 dias (SANTOS; ALVES, 1992).

Figura 1 - Morfologia de plantas de coentro: folhas (A), caule (B), flores (C), frutos (D), sementes (E), raiz (F).



Fonte: LIDER AGRONOMIA, 2022.

As folhas são verdes com forma lanceolada variável e superfícies glabras (MAHLEYUDDIN et al., 2021), tipo pinnatifidas, compostas e com segmentos ovado acuminados e inciso-dentados, acarretando numa drástica perda de área foliar (PEREIRA et al., 2012).

As flores são brancas ou rosa claro, mantidas em delicadas umbelas (SOBHANI et al., 2022), do tipo hermafroditas, protândricas, pequenas, sendo as da circunferência radiadas e com pétalas maiores, dispostas em umbelas pouco pedunculadas e com 5-10 raios (MELO, 2007).

O fruto é um diaquênio ovoide, globuloso, de 3 a 4 mm de diâmetro, costado e coroado pelos dentes do cálice, podendo separa-se em dois aquênios hemisféricos (MELO et al., 2018). As sementes são esquizocarpos secos constituídas por dois mericarpos com glóbulos ovais e os caules apresentam uma coloração verde-claros com ramos ocos e superfície glabra (AL-SNAFI, 2016; MAHLEYUDDIN et al., 2021). O sistema radicular constituído por uma raiz principal, do tipo pivotante e pouco profunda, fibrosa e que pode ser consumida na alimentação (SILVA; SOUSA, 1997).

4.1.3. Aspectos fisiológicos

O coentro é uma cultura que se adapta bem a regiões de clima quente e é intolerante a baixas temperaturas (LINHARES et al., 2012), com faixas de temperatura ideais para o seu crescimento de 16-24 °C (MARSARO et al., 2014).

Para o coentro o fator climático é o item mais importante na definição da melhor época de plantio, sendo plantado em regiões frias ou de altitude nos meses de setembro e fevereiro, e em regiões de clima quente sua semeadura pode ser realizada durante todo o ano (LIMA et al., 2006).

Quanto ao seu metabolismo fotossintético, de acordo com Navarro (2021), trata-se de uma planta C4, que confere vantagens competitivas em ambientes com altas temperatura e intensidade luminosas, e que possuem maior eficiência de conversão de gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos, como os carboidratos.

A taxa de fotossíntese varia para as plantas com metabolismo C4, com valores de 40 a 80 mg de CO₂ dm⁻² de área foliar por hora $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ g}^{-1}$ e sua saturação é difícil de se atingir mesmo com luz solar intensa (GAMITO, 2010). Ainda de acordo com Gamito (2010), vegetais com metabolismo C4 possuem uma abertura estomática à luz fraca e uma taxa transpiratória baixa com valores de 250 a 350 (gramas de água/gramas de matéria seca).

Sobre as relações hídricas do coentro, ao realizar uma análise para melhorar a produção de frutos e a resistência à seca de forma simultaneamente em genótipos de coentro, Khodadadi; Dehghani; Jalali Javaran (2017), verificaram que as plantas submetidas ao estresse hídrico sofreram efeito significativo aumentando a eficiência da transpiração, a porcentagem de assimilado particionado para raiz e frutos e reduziu o percentual de assimilado particionado para parte aérea, indicando que a planta aumenta sua eficiência na transpiração para evitar a perda da água restante, em contra partida fatores relacionados a produção são comprometidos.

4.1.4. Exigência nutricional e hídrica

O coentro, assim como diversas outras hortaliças são bastante exigentes no fornecimento de nutrientes prontamente solúveis, principalmente no período de intenso crescimento vegetativo (SOARES; SILVA; SILVA, 2017).

O acúmulo de nutrientes em plantas de coentro costuma ser baixo nos primeiros 20 dias após semeadura, sendo este o período de menor acúmulo de massa seca, o que posteriormente se inverte, tendo seus picos máximos entre o período de 30 a 35 dias após semeadura – DAS, comportamento este que se verifica também para outras hortaliças folhosas, ou seja, geralmente

apresentam menor acúmulo de massa seca na fase inicial que, inclusive, ocorre de forma lenta e se intensifica no final do ciclo (GRANGEIRO et al., 2011).

Quanto a demanda nutricional, Menezes et al. (2020) ao estudar o acúmulo de nutrientes em coentro cultivar Verdão fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado observaram que o acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação com solução nutritiva completa de Furlani et al. (1998b) decresceu na ordem: $K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu$. Grangeiro et al. (2011) estudando o crescimento e acúmulo dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg em coentro cv. verdão cultivado em solo, verificaram que a ordem decrescente dos nutrientes extraídos foram: $K > Ca > N > Mg > P$, e que no terço final do ciclo, a cultura do coentro acumulou 51, 48, 41, 43 e 48% do total acumulado de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

No cultivo hidropônico do coentro em sistema NFT sob influências das relações K:Ca (0,75:1,0 – 135 mg L⁻¹; 1,25:1,0 – 225 135 mg L⁻¹ e 1,5:1:0 - 270 mg L⁻¹) e aplicação de silício (0 e 56 mg L⁻¹) em solução nutritiva contendo N, P, Mg, S, B, Fe, Cu, Mo, Mn e Zn (nas concentrações de 210, 80, 60, 70, 0,5, 2,5, 0,1, 0,5 e 0,5 mg L⁻¹, respectivamente), Donegá (2009) verificou que a ordem de extração de nutrientes para parte aérea e nas raízes foi: $K > N > Ca > P > Mg > S > Si$, sendo a parte aérea responsável pela extração de 85, 79,9, 89,2, 86,4, 77,8, 82,3 e 58,1% referente aos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S e Si, respectivamente.

Em trabalho visando determinar a evapotranspiração, os coeficientes de cultivo e a eficiência do uso da água de coentro cultivado em ambiente tropical em função das estações de cultivo, Silva et al. (2018b), verificaram que o consumo de água do coentro ocorre em maior força no verão (5,19 mm dia⁻¹), devido às altas temperaturas e índices pluviométricos mais baixos, seguido pela primavera, com um valor médio de 4,9 mm dia⁻¹ e em menor demanda no inverno, período em que as plantas de coentro apresentaram demanda hídrica de 2,3 mm dia⁻¹, provavelmente em resposta às temperaturas mais amenas e maiores valores de precipitação total.

Sobre as necessidades hídricas do coentro, Santos Júnior et al. (2015), estudando os impactos da densidade de sementes e do espaçamento entre células sobre as variáveis relacionadas ao consumo e eficiência do uso da água de plantas de coentro (cv. Tabocas) em sistema hidropônico e expostas a solução de Furlani et al. (1999) a 2,5 dS m⁻¹, obteve um consumo de 1,578 L maço⁻¹ quando as plantas foram espaçadas a 15 cm e 1,578 L maço⁻¹ ao espaçamento de 7,0 cm entre células, redução de 28,98 % na demanda de água.

O consumo hídrico verificado para o coentro sob efeito da salinidade (0,26, 2,47, 4,91 e 7,0 dS m⁻¹) foi de 0,66 e 0,89 L⁻¹ para produzir um maço de 12 plantas ao nível de

condutividade da solução nutritiva de $0,26 \text{ dS m}^{-1}$ nos períodos de 1 - 20 e 1- 24 dias após transplante, respectivamente (SILVA et al., 2018a).

4.1.5. Principais usos e importância econômica do coentro

Coriandrum sativum L. é uma espécie vegetal reconhecida por sua ampla gama de usos na culinária, como planta condimentar aromática, bem como na medicina tradicional, em uma variedade de condições (PRACHAYASITTIKUL et al., 2018). É utilizado principalmente como tempero, mas também passou a ser aplicado em perfumaria e cosméticos, devido ao seu sabor cítrico picante (UITTERHAEGEN et al., 2016).

Todas as partes do coentro são comestíveis e apresentam um sabor distinto, sendo as folhas ricas em fontes de vitaminas e as sementes em polifenóis e óleos essenciais muito utilizados na indústria alimentícia, também, tem uma importante atividade antioxidante, antidiabética, antimutagênica, ansiolítica e antimicrobiana, de efeito analgésico e de equilíbrio hormonal (HASSANEIN et al., 2021).

Como erva medicinal o coentro é usado principalmente para tratar de problemas intestinais e, na Índia, é usado para aliviar o desconforto gastrointestinal, problemas respiratórios e urinários em quanto que, em algumas áreas do Paquistão, o coentro tem usos medicinais populares para tratar diarreias, flatulência, disenteria e vômito (MAHLEYUDDIN et al., 2021).

Os dados do setor produtivo mundial do coentro indicam que entre 2019 e 2020, as exportações de sementes de coentro cresceram 18,3%, de US\$ 192 milhões para US\$ 227 milhões, sendo os principais exportadores Índia (US\$ 62,3 milhões), Itália (US\$ 24,3 milhões), Rússia (US\$ 23,4 milhões), Síria (US\$ 19,3 milhões) e Bulgária (US\$ 18,2 milhões) (OEC, 2022). Ainda de acordo com Observatório da Complexidade Econômica - OEC (2022), apesar de ser a maior exportadora de sementes de coentro, a Índia também é a principal importadora de sementes com valor de (US\$ 19,7 milhões), seguida da Indonésia (US\$ 19,5 milhões), Malásia (US\$ 16,6 milhões), Sri Lanka (US\$ 14,6 milhões) e Reino Unido (US\$ 11,9 milhões).

Em 2020, o Brasil exportou US\$ 67.563,00 em sementes, representando 0,03% da produção mundial e importou do mesmo produto US\$ 3.090.140, aproximadamente 1,57% da produção mundial (TRENDECONOMY, 2021).

De acordo com dados do Censo Agropecuário 2017 e da pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) obtidos Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 336 mil estabelecimentos nacionais trabalham com horticultura e destes a presença do cultivo do

coentro é de 27,1% (IBGE, 2017). Ainda de acordo com IBGE (2017), o estado com maior número de estabelecimento com plantios de coentro são Bahia com 15049 e Pernambuco com 5128 estabelecimentos.

4.1.6. O cultivo hidropônico do coentro

O cultivo hidropônico tem gerado um interesse crescente em todo o mundo, devido a sua capacidade em reduzir os impactos ambientais através do uso mínimo da água disponível, o que, para localidades como o semiárido brasileiro, é imprescindível, devido à baixa disponibilidade hídrica, assim, desenvolver trabalhos relacionados ao uso racional da água para culturas como a do coentro favorecem o desenvolvimento da agricultura local (SOARES; SILVA; SILVA, 2017).

A técnica empregada no cultivo hidropônico varia de acordo com a espécie a ser cultivada, assim, hortaliças produtoras de fruto como o tomate, pimentão e berinjela são cultivadas, na maioria das vezes, em vasos com substratos e em sistema de gotejamento, já para a produção das hortaliças folhosas, como a alface, coentro, agrião e rúcula a técnica mais utilizada é o NFT (ALBUQUERQUE; MESQUITA, 2016).

No Estado de Pernambuco é comum a presença de áreas de produção hidropônica na zona da Mata, Agreste e Sertão, produzindo diversas hortaliças como alface, rúcula, salsa, cebolinha e o coentro que possui produção estimada para o mesmo estado em torno de 87.500 maços (ALBUQUERQUE; MESQUITA, 2016).

A produtividade em kg por m² de coentro em hidroponia varia de acordo com o sistema adotado. Em um sistema hidropônico de baixo custo (suporte de madeira, tubos de PVC 100mm, nível de solução de 4 cm (SANTOS JÚNIOR et al., 2015), o coentro (cv. Tabocas) adotando o espaçamento de 7,0 cm entre células, obteve uma produtividade média de 5,5 kg m⁻² de fitomassa fresca da parte aérea (CAVALCANTE et al., 2016).

4.2. EFEITO DOS SAIS SOBRE AS PLANTAS

4.2.1. Tolerância das hortaliças folhosas à salinidade

As plantas respondem diferentemente aos efeitos negativos da salinidade, de modo que cada espécie tem um limite tolerável de salinidade que não afeta a sua produtividade potencial (DIAS et al., 2016). Desta forma, o nível máximo de salinidade média da zona radicular que

pode ser tolerado pelas plantas sem afetar negativamente seu desenvolvimento é definido como a salinidade limiar (SL) (MAAS; HOFFMAN, 1977).

No geral, a avaliação da tolerância das culturas à salinidade pode ser feita por três critérios: 1) capacidade da planta sobreviver em ambiente salino; 2) rendimento da planta em meio salino (produção satisfatória) e 3) produção relativa (RICHARDS, 1954). Destes, a produção relativa compara a produção da cultura quando exposta a uma dada salinidade, com a produção da mesma cultura sem exposição à salinidade (OLIVEIRA, 2006).

Em cultivos hidropônicos, dado a minimização do potencial matricial, a resposta das plantas é superior quando se compara as mesmas plantas expostas as mesmas condições de salinidade, porém cultivadas em solo, ou seja, essa vantagem permite ao agricultor usar águas com maior teor de sais, respeitando, no entanto, o limiar da cultura (BEZERRA NETO, 2017).

Tomando como exemplo, no cultivo hidropônico de repolho chinês (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis* (L.)), a condutividade elétrica da solução nutritiva influenciou as variáveis produtivas, aumentando gradativamente com o aumento da CE até os valores máximo CE de $4,8 \text{ dS m}^{-1}$, posterior a este valor, verificou-se redução significativa da produção (DING et al., 2018). A chicória espinhosa (*Cichorium spinosum* L.) em hidroponia demonstrou que a resposta à salinidade pode ser diferente dentro de uma mesma espécie, pois ao se comparar um ecótipo montano da espécie com um ecótipo litoral-marinho, os resultados mostram que o ecótipo litoral-marinho é superior em termos de tolerância a salinidade (CHATZIGIANNI et al., 2019).

4.2.2. Efeito sobre o consumo, eficiência e teor de água

A salinidade do meio de cultivo limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas por diminuição do potencial osmótico da solução, o que se associa ao estresse hídrico pela dificuldade, decorrente de absorver água e do acúmulo de íons tóxicos nos tecidos (Cl^- , Na^+) e do desequilíbrio iônico (PAULUS et al., 2012).

O efeito osmótico causado pelo excesso de solutos na região radicular, reduz a capacidade das plantas de extrair a água e íons da solução (KEISHAM; MUKHERJEE; BHATLA, 2018; EL MAHI et al., 2019), além do mais, promove a inibição do alongamento celular, a redução da atividade fotossintética, da translocação de assimilados, fechamento dos estômatos e alterações de vários processos metabólicos (DARKO et al., 2019).

Sob salinidade as plantas reduzem a troca de vapor d'água e de CO_2 entre o interior da folha e a atmosfera, causados pela perda de água das células e pelo ajuste osmótico ligados ao acúmulo de íons nas células guarda-estômatos (LIU et al., 2017). Nessas condições, a

transpiração e a condutância estomática é significativamente afetada, devido a competição osmótica com a solução (EVEN et al., 2018). Como efeito, a eficiência do uso da água (EUA) também é afetada, em que, a EUA inicialmente aumenta com a salinidade até o limiar e, em seguida, diminui (KHATAAR; MOHAMMADI; SHABANI, 2018).

O aumento da salinidade da água contribui para reduzir o teor de água na parte aérea das plantas e a comparar amostras à secagem em estufa de tecidos submetidos aos tratamentos menos salinos com tecidos em salinidade crescentes, verifica-se que estes perdem mais água na secagem, entretanto, para tecidos de plantas aos maiores níveis de salinidade tem-se observado um aspecto coriáceo, atribuído ao acúmulo de substâncias orgânicas e inorgânicas que tornam os tecidos mais espessos, o que poderia reduzir as diferenças de massa de matéria seca em relação às plantas submetidas aos menores níveis de salinidade (ALVES et al., 2011).

A melhora no aproveitamento de água pelo vegetal pode ser feito aumentando a suculência foliar, neste caso, o vegetal consegue manter o mesmo nível de água reduzindo a área foliar e compensando por meio do aumento de sua espessura (MANTOVANI, 1999). Também, essa suculência pode ser aumentada pelo acúmulo de íons que reduzem a perda de água ao diminuir a densidade e o tamanho da abertura estomática (XI et al., 2018).

4.2.3. Efeito sobre a produção e partição de massa fresca e seca

Os efeitos inibitórios causados pela presença de sais dependem de vários fatores, como a concentração de sais, tipo e duração do estresse, características da espécie, estágios de crescimento, capacidade fotoquímica, características de troca gasosa, pigmentos fotossintéticos e condições ambientais (KAMRAN et al., 2020). Altas concentrações de sais causam a diminuição nas características gerais das plantas como: altura, número de ramos, produção de folhas, número de frutos, número de flores, números de sementes e no rendimento biológico como um todo (SHAHVERDI; OMIDI; TABATABAEI, 2018).

Em plantas de alfafa hidropônica, expostas a níveis crescente de salinidade (1,97 dS m⁻¹ controle e 16 dS m⁻¹ de salinidade alvo), Sandhu et al. (2017) verificaram que a produção de biomassa foi reduzida em até 61%, sendo esta redução evidenciada pela diminuição da altura das plantas e na redução do número de rebentos, em comparação com o tratamento controle.

A Chicória Espinhosa hidropônica (*Cichorium spinosum* L.), quando expostas à três concentrações de NaCl (0,3, 20 ou 40 mM) e dois níveis de concentrações de N (4 ou 16 mM) reduziu a produção de massa seca da parte aérea (CHATZIGIANNI et al., 2019), assim como no cultivo de brássicas cultivadas em sistema hidropônico com soluções nutritivas salinizadas

em 0, 50, 100 e 200 mM de NaCl que tiveram a inibição do crescimento radicular e na produção de biomassa de mudas após estresse salino prolongado (PAVLOVIĆ et al., 2019).

O manjerição hidropônico cultivado em águas salobras (1,45; 3,80; 6,08 e 8,48 dS m⁻¹) teve um decréscimo linear das massas de matéria fresca e seca da parte com o aumento da salinidade das águas salobras produzidas com NaCl, decrescendo 7,86% para cada aumento unitário na salinidade dessas águas (dS m⁻¹) (BIONE et al., 2014).

Para a cultura do coentro cultivada com diferentes disponibilidades de solução nutritiva e níveis de águas salobras (0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹) em hidroponia NFT, a massa fresca da parte aérea foi reduzida linearmente com o incremento da salinidade, com redução de 17,14% entre o maior nível de salinidade (8,53 dS m⁻¹) em relação à testemunha (0,43 dS m⁻¹) (SILVA et al., 2015).

Na rúcula, a relação raiz - parte aérea cresceu linearmente com o incremento dos níveis de salinidade da água, sendo esta variável atribuído a reduções que ocorrem principalmente na parte aérea, constatando-se uma variação de 20% na relação da massa seca de raiz/parte aérea entre os níveis extremos do fator salinidade NaCl de CE: 1,8 e 10,5 dS m⁻¹ (SILVA et al., 2013).

Na alface em sistema hidropônico NFT salinidade de 4 dS m⁻¹ afetou a relação raiz parte aérea reduzindo em 47%, além de em níveis superiores a 2,6 dS m⁻¹, proporcionaram redução da massa fresca da parte aérea, atingindo 10,5% em 4 dS m⁻¹ (GONDIM et al., 2010).

No geral, os danos causados pela salinidade envolvem a perda de características comerciais fundamentais, como redução da percentagem de fitomassa produzida, plantas de porte reduzido e com partes comerciais depreciadas (folhas pequenas, com queimaduras e necrosadas) (DIAS et al., 2016). Assim, a qualidade potencial de vegetais frescos na cadeia de abastecimento da horticultura é definida no período anterior a colheita, desta forma, a definição de qualidade muitas vezes é discriminada por características visuais inerentes à natureza dos produtos, ditadas por fatores genotípicos, agroambientais e de pós-colheita (KYRIACOU; ROUPHAEL, 2018).

4.3. USO DE ÁGUAS SALOBRAS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE HORTALIÇAS FOLHOSAS

4.3.1. Definição, aspectos normativos e características das águas salobras

A água destinada as mais diversas atividades têm sido classificadas de acordo com a concentração de sólidos dissolvidos (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 1992; YOBBI, 1996; REESE, 1994; MEYER; WISE; KALASWAD, 2012), de modo que tem se encontrado

valores para água com baixa salinidade ($<1000 \text{ mg L}^{-1}$), água levemente salina ($1.000 - 3.000 \text{ mg L}^{-1}$), moderadamente salina ($3.000 - 10.000 \text{ mg L}^{-1}$), muito salina ($10.000 - 35.000 \text{ mg L}^{-1}$) e salmoura ($>35.000 \text{ mg L}^{-1}$)

O Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) classifica as águas subterrâneas como sendo: águas salobras aquela que contém uma concentração de sólidos dissolvidos variando entre 1.000 e 10.000 mg L^{-1} ($1.000 - 3.000 \text{ mg L}^{-1}$ - Levemente salino, $3.000 - 10.000 \text{ mg L}^{-1}$ - Moderadamente salino), água doce $< 1.000 \text{ mg L}^{-1}$ e altamente salina com concentrações acima de 10.000 mg L^{-1} (STANTON et al., 2017).

A Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 define como sendo águas doces as que apresentem salinidade igual ou inferior a 0,5 %; águas salobras as de salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%, e águas salinas que possuem salinidade igual ou superior a 30% (CONAMA, 2005).

A composição química das águas subterrâneas varia, tanto em quantidade como em qualidade e isto ocorre devido as características das rochas que ela flui e da sua capacidade de dissolução, desta forma, os sais solúveis que normalmente são encontrados nas águas subterrâneas de regiões áridas e semiáridas são os cátions sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e, em menores quantidades, o potássio (K^+); quanto aos ânions, encontra-se cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e o carbonato (CO_3^{2-}) (SILVA; GHEYI; MEDEIROS, 1999 ; SOARES, et al., 2016). Holanda et al. (2016) apresenta a composição química da água de alguns mananciais da região Nordeste (Tabela 2).

Tabela 1 - Composição química da água de alguns mananciais da região Nordeste.

Manancial	Cidade	Íons (mmolc L)								
		pH	(dS m ⁻¹)	Ca	Mg	K	Na	CO ₃	HCO ₃	Cl
S. Francisco	Petrolina-PE	-	0,07	0,40	0,25	0,00	0,25	0,00	0,63	0,03
São Gonçalo	Sousa-PB Aç.	7,1	0,24	1,05	0,80	0,20	0,61	0,00	1,69	0,65
Boqueirão	Boqueirão-PB		1,21	2,33	2,68		6,59	-	2,17	8,89
Açude Itans	Caicó-RN	8,0	0,66	0,93	2,67	0,17	3,20	0,92	1,31	3,70
Açude	Cruzeta-RN	8,0	0,73	1,37	1,88	0,12	3,70	0,30	1,80	4,50
Gargalheiras	Acari-RN	8,1	1,32	2,92	0,65	0,14	8,08	0,15	1,75	3,50
Rio Piranhas	J. Piranhas-RN	7,5	0,52	1,37	1,70	0,08	2,10	0,90	1,40	2,25
Rio	P. Ferros-RN		0,63	1,47	1,08	-	3,60		2,63	3,54
Arm. Ribeiro	Assu-RN	7,9	0,30	0,88	0,82	0,14	1,22	0,00	1,55	1,63
Serra Mossoró	Mossoró-RN	6,7	1,90	7,20	7,70	-	7,50	-	5,00	7,40

Poço Perm.	Tauá-CE		0,96	2,12	2,64		5,11		4,10	5,11
Quixeré	Quixeré-CE	6,7	1,75	8,90	4,30	-	4,50	-	5,20	10,60
Rio Capiá	Alagoas	7,9	5,97	5,90	13,10	0,65	38,30	0,20	2,80	51,50
Rio Mossoró	Mossoró-RN	8,1	0,82	3,10	2,75	0,10	3,15	0,36	2,81	5,63
Poço tubular	Baraúnas-RN	6,7	1,53	8,50	3,60	0,10	4,69	0,00	9,60	6,10
Açude	Pombal-PB	7,7	0,28	0,87	0,52	0,10	1,23	0,00	1,78	0,99
Poço Amaz.	Condado-PB	8,1	0,53	1,88	1,04	0,07	3,07	0,15	2,25	3,17
Poço Amaz.	Angicos-RN	7,6	4,80	8,97	12,06	0,30	28,00	0,32	3,12	43,70
Poço P. Irrig.	S. Talhada-PE	7,7	1,93	2,67	2,80	0,29	14,60	0,00	0,03	16,60
Rio P. Irrig.	S. Talhada-PE	7,6	0,81	1,87	1,32	0,32	5,02	0,00	0,01	7,18
S. Rosa	Acaraú-CE	-	0,28	0,54	0,60	0,16	1,44	-	1,43	1,38

Fonte: Adaptado de Holanda et al. (2016).

4.3.2. Implicações iônicas e osmóticas

A solução nutritiva com elevada concentração de sais reduz o potencial osmótico limitando a absorção da água e, ao mesmo tempo íons específicos, quando absorvidos implicam em toxicidade e podem dificultar a absorção de outros elementos pelos vegetais (LACERDA, 2016). Além destes fatores, pode resultar em reações de precipitação na solução nutritiva, as quais, por sua vez, são oriundas de uma combinação de determinados cátions e ânions que, em solução aquosa, formam um sólido iônico insolúvel (SAMBO et al., 2019).

Nas soluções nutritivas, o processo de formação de reações de precipitação diminuem a concentração dos íons livres na solução nutritiva, alterando a biodisponibilidade elementar, desta forma, ao trabalhar com cultivos em sistema hidropônicos, a química da solução é fundamental para garantir concentrações adequadas de nutrientes para a absorção pelas plantas, considerando que a absorção não depende somente dos níveis de disponibilidade dos nutrientes (suas formas solúveis), mas também das fontes de nutrientes (formas químicas dos nutrientes) e pelas interações entre os diferentes nutrientes que compõem a solução nutritiva (SAMBO et al., 2019).

Para o fornecimento equilibrado de nutrientes aos vegetais em sistemas hidropônico, adota-se o monitoramento de alguns indicadores (LEE et al., 2017). A condutividade elétrica da solução nutritiva -CESn (dS m^{-1}) de uma solução nutritiva representa a concentração de íons de macro e micronutrientes, sendo uma medida que indica também, a quantidade de sais dissolvidos na solução, ou seja, os níveis sub-ótimos de CESn promovem deficiências de

nutrientes, enquanto os níveis supra-ótimos de CEs_n causam o estresse salino (VAN DELDEN; NAZARIDELJOU; MARCELIS, 2020).

O potencial hidrogeniônico da solução nutritiva (pH_{sn}) controla a disponibilidade dos nutrientes ao vegetal, de forma que a alcalinidade ou acidez diminuem a atividade de determinados elementos na solução (CHOWDHURY et al., 2020). Estresse causados por pH alto provocam a diminuição do crescimento do vegetal, gerando plantas fracas, cloróticas e com desenvolvimento morfológico anormal do sistema radicular, causados principalmente, pelo pH afetar a biodisponibilidade dos nutrientes e translocação dos mesmos do sistema radicular para as diferentes partes do vegetal (TURNER; ARZOLA; NUNEZ, 2020).

A planta necessita de oxigênio e pode obtê-lo de duas formas: retirando do ar ou da solução nutritiva por meio do oxigênio dissolvido, assim, quanto mais oxigênio dissolvido na solução melhor para a absorção de nutrientes (SILVA et al., 2018c). Nas raízes a falta de oxigênio, afeta o crescimento e, conseqüentemente, a sobrevivência de toda planta (NAKAMURA; NOGUCHI, 2020), enquanto que em outras partes, promove o alongamento de estruturas como resposta adaptativas à baixa de oxigênio (RUPERTI et al., 2019).

Na Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 o oxigênio dissolvido (OD) em água classe I (que inclui o uso para hortaliças) tem valores mínimos de: OD em água doce, não inferior a 6 mg L⁻¹ O₂; água salobra, não inferior a 6 mg L⁻¹ O₂; e água salina, não inferior a 5 mg L⁻¹ O₂ (CONAMA, 2005).

A temperatura também pode afetar o equilíbrio químico da solução nutritiva e isto também é percebido no processo de solubilização, ou seja, os compostos químicos dispersos apresentam solubilidade diferente de acordo com as faixas de temperatura, desta forma, é necessário o monitoramento desta varável para que as concentrações de íons fiquem equilibradas e reduzam a possibilidade de formação de precipitados na solução (SAMBO et al., 2019).

4.3.3. Vazão de aplicação da solução nutritiva preparadas em águas salobras

Na hidroponia, uma vazão ótima da solução nutritiva pode nutrir melhor as plantas, tornando maior e mais rápido o crescimento das culturas, entretanto, as diferentes vazões também interferem em diversos fatores como no consumo de energia elétrica, no oxigênio dissolvido e no fornecimento de nutrientes ao vegetal (DALASTRA et al., 2020).

A depender dos comprimentos das canaletas utilizadas no sistema hidropônico, as vazões ao longo da seção se modificam, com uma perda progressiva da pressão interna à medida que o fluxo se distancia da derivação principal, assim, deve-se buscar formas de compensar e

manter o volume adequado de solução nutritiva à medida que ocorre a diminuição da pressão e vazão nas extremidades do encanamento (SANTOS et al., 2011).

Estudando a influência da temperatura (15°C, 25°C e temperatura ambiente) e vazão da solução nutritiva (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L min⁻¹) sobre o crescimento, acúmulo de pigmentos e nitrato na alface, Grigoletto (2013) verificou que a vazão influenciou a taxa de crescimento absoluto e relativo, do diâmetro de caule, altura da planta e número de folhas de alface cv. Vera, além de que quanto maior a vazão, maior a taxa de crescimento absoluto. Ainda de acordo com Grigoletto (2013), a maior produção de massa fresca da parte aérea foi obtida na temperatura de 25°C em vazão de 2,0 L min⁻¹ com produção de 286,19 g, superior em 97% em comparação a vazão de 0,5 L min⁻¹ na temperatura de 15°C.

A avaliando teores de macronutrientes e sódio em plantas de couve-flor utilizando seis níveis de salinidade da água (0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação da solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min⁻¹), Polycarpo et al. (2019) verificaram que ambas as vazões elevaram a CEs_n nos dois maiores níveis de salinidade da água utilizada (4,5 e 5,5 dS m⁻¹), porém, na vazão de 2,5 L min⁻¹ e, para os mesmos níveis, os acréscimos na CEs_n foram mais acentuados. Ainda segundo Polycarpo et al. (2019), a vazão de 1,5 L min⁻¹ foi a que proporcionou os menores valores de Na e Cl e maiores valores de P, K, Ca e Mg na folha diagnóstico da cultura.

Na cultura da alface utilizando solução nutritiva de Furlani et al. (1999) com condutividade elétrica de 1,2 dS m⁻¹ em três vazões de aplicação 0,5, 1,0 e 1,5 L min⁻¹, os resultados indicaram que a melhor vazão foi a de 1,5 L min⁻¹, resultando em plantas com maior massa, seguida da vazão de 1,0 L min⁻¹ e por último a vazão de 0,5 L min⁻¹ (SANTOS et al., 2011).

4.3.4. Uso de águas salobras no cultivo do coentro hidropônico

O cultivo hidropônico representa uma alternativa ao cultivo convencional, apresentando produtos de alta qualidade, ciclo curto, maior produtividade e menor gasto de água, com isso, diante da limitação de água de boa qualidade para irrigação, espera-se que o cultivo de coentro em sistema hidropônico seja uma alternativa aos agricultores e que proporcione o uso sustentável de águas salobras (SILVA et al., 2015).

Avaliando a produção de coentro sob concentrações de 50; 75; 100 e 125% da solução nutritiva de Furlani et al. (1999) e posições das plantas nos perfis hidropônicos em sistema de cultivo hidropônico NFT, Luz et al. (2012) verificaram que as posições iniciais e intermediárias dos perfis hidropônicos apresentaram maiores rendimentos para a cultura e o aumento da

concentração da solução nutritiva para 125% é mais prejudicial para produção de massa fresca e seca da parte aérea, altura e número de folhas, quando comparado a reduções para 75%.

Na produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras (0,43; 3,09; 6,87 e 8,53 dS m⁻¹) na reposição do consumo evapotranspirado e com dois níveis de disponibilidade de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L por maço de 24 plantas), Silva et al. (2015) verificaram que o uso de água doce no preparo de solução nutritiva e, de águas salobras na reposição desta solução, é uma estratégia eficaz para o incremento da produção de coentro. Ainda de acordo com Silva et al. (2015), o volume de solução nutritiva de 5,5 L por maço de plantas promoveu maior crescimento e rendimento do coentro hidropônico em comparação 2,75 L.

Avaliando a eficiência fotoquímica e a produção da cultura do coentro, cultivar 'Verdão', em função dos níveis de condutividade elétrica (1,6; 3,2; 4,8 e 6,4 dS m⁻¹) da solução nutritiva e da natureza catiônica (Na⁺; Ca²⁺; Mg²⁺), Navarro et al. (2022), verificaram que a elevação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva afetou a atividade fotoquímica e a eficiência da carboxilação, e resultou em reduções na condutância estomática, na taxa de assimilação de CO₂ e, conseqüentemente, no acúmulo de massa pelo coentro.

Estudando os impactos da variação na quantidade de sementes e no espaçamento entre células sobre as variáveis relacionadas ao consumo e eficiência do uso da água do coentro (cv. Tabocas) em um sistema hidropônico de baixo custo, Santos Júnior et al. (2015) verificaram que a redução dos espaçamentos entre células promoveu melhor relação custo/benefício em relação ao consumo de água, massa produzida e custo das sementes, assim como, na configuração de espaçamento de 7,0 cm entre células e 1,0 g de sementes por célula promove a maior eficiência de 81,59 g L⁻¹ na produção de massa verde.

5. MATERIAL E MÉTODOS

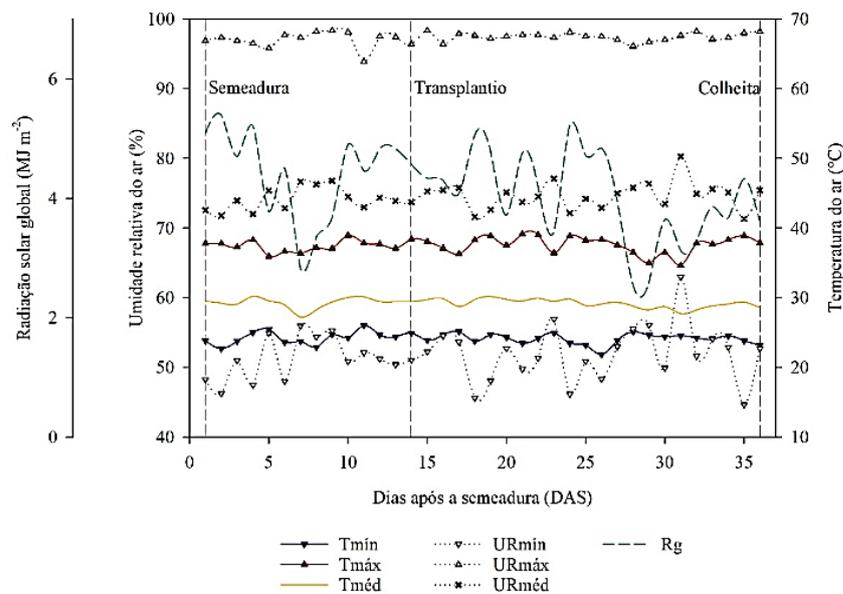
5.1. Local do estudo e condições de cultivo

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' 09" de latitude sul e 34° 56' 54" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m).

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}) em cada uma das etapas experimentais (Figura 2).

Figura 2 - Valores de umidade relativa (%) e temperatura (°C) do ar e da radiação solar global (MJ m^{-2}) dentro do ambiente protegido.



5.2. Delineamento e estrutura experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4: quatro níveis de condutividade elétrica das soluções nutritivas (1,7 – controle; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) em interação com quatro vazões de aplicações das mesmas no canal hidropônico (1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 L h^{-1}). No preparo das águas salobras utilizou-se os sais NaCl , CaCl_2 e MgCl_2 na proporção de 2:1:1

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). A organização da estrutura hidropônica dentro da casa de vegetação consistiu na instalação de 32 parcelas experimentais de cada lado, com uma rua central de 1 m de largura. Os canais hidropônicos foram instalados em bancadas construídas com tubos de PVC (50 mm de diâmetro), com uma inclinação de 3,33%. Em cada bancada, foram colocados quatro perfis hidropônicos, espaçados em 0,30 m entre si. Cada perfil hidropônico tinha 3 m de comprimento (75 mm de diâmetro e com formato trapezoidal) e orifícios circulares espaçados em 0,20 m para alocação das plantas.

Figura 3 - Vista frontal da casa de vegetação (A) e disposição das parcelas experimentais (B).



Cada parcela experimental foi composta de um perfil hidropônico independente, uma eletrobomba de 34 W para injetar a solução nutritiva no perfil hidropônico, um reservatório para armazenamento da solução (capacidade para 50 L), um reservatório de abastecimento (capacidade para 15 L) para reposição do consumo hídrico das plantas com as respectivas águas salobras utilizadas no preparo das soluções. Na saída da eletrobomba foi instalado um registro de gaveta para controlar a vazão de aplicação da solução no perfil hidropônico, conforme o valor desejado (1,0; 2,0; 3,0 ou 4,0 L min⁻¹). De forma automática a partir do reservatório de abastecimento, o volume de solução manteve-se constante mediante uma torneira-boia instalada no reservatório com a solução.

O acionamento das eletrobombas para recalcar as soluções nutritivas foi controlado utilizando-se um temporizador elétrico em intervalos alternados de 15 min (15 min funcionando e 15 min em repouso), no período das 06:00 horas da manhã às 18:00 horas da tarde; no horário noturno, as soluções foram injetadas nos canais hidropônicos a cada 2 horas, com duração de 15 min.

5.3. Semeio do coentro

O semeio do coentro cv. Verdão foi realizado em copos descartáveis (com capacidade para 100 mL) preenchidos com substrato de fibra de coco. Os copos (de cor branca) foram devidamente perfurados da parte mediana até a base para a passagem das raízes. No total, 10 sementes foram dispostas por copo. Nos seis primeiros dias, irrigações foram realizadas duas vezes ao dia (manhã e tarde) usando água de abastecimento local (condutividade elétrica – CE de 0,20 dS m⁻¹). Posteriormente, até os 13 dias após o semeio (DAS), as irrigações foram realizadas usando a formulação de solução nutritiva de Furlani et al. (1998a) diluída a 50%.

Antes do transplante (14 DAS) para o sistema hidropônico (início da aplicação dos tratamentos), realizou-se a contagem do número de plantas por copo, selecionando-se aqueles copos com 10 plantas. Portanto, o maço de coentro foi constituído de 10 plantas. Em cada canal

hidropônico (parcela experimental) foram distribuídos 10 maços de coentro, oito considerados como área útil e os dois nas extremidades do canal considerados como bordadura.

5.4. Preparo e manejo das soluções nutritivas

Usando água de abastecimento local (CE de $0,20 \text{ dS m}^{-1}$), as soluções nutritivas foram preparadas em reservatório com capacidade para 1000 L. Para esse volume, solubilizou-se o quantitativo de fertilizantes proposto por Furlani et al., (1998a) para hortaliças folhosas: 750 g de nitrato de cálcio; 500 g de nitrato de cálcio, 150 g de fosfato monoamônico; 400 g de sulfato de magnésio; 0,15 g de sulfato de cobre; 0,3 g de sulfato de zinco; 1,5 g de sulfato de manganês; 1,8 g de ácido bórico; 0,15 g de molibdato de sódio e 16 g de Fe-EDTA-13% Fe.

Após o preparo, resultou em condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ (controle). Para os outros níveis de CESn ($3,0$; $4,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$), primeiramente na água de abastecimento foram dissolvidos os sais NaCl, CaCl₂ e MgCl₂ na proporção 2:1:1. Para isso, com auxílio da equação de Richards (1954) estimaram-se os quantitativos de $0,480$; $0,960$ e $1,440 \text{ g L}^{-1}$ de NaCl, $0,240$; $0,480$ e $0,720 \text{ g L}^{-1}$ de CaCl₂ e $0,240$; $0,480$ e $0,720 \text{ g L}^{-1}$ de MgCl₂.

A reposição do volume evapotranspirado foi realizada utilizando a respectiva água salobra usado no processo de salinização dos tratamentos e água de baixa salinidade, sendo o tratamento de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ repostado com água de abastecimento ($0,20 \text{ dS m}^{-1}$) e os demais tratamentos de $3,0$; $4,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ repostado com águas de $1,5$; $3,0$ e $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente.

Diariamente, foram realizadas medições da CESn, pH das soluções nutritivas (pHsn), oxigênio dissolvido (ODsn) e temperatura (Tsn). A CESn foi obtida por medidor de condutividade de bolso EC Basic (AK51), pHsn medido com auxílio de um Medidor de pH AK90, ODsn com medidor de oxigênio dissolvido digital portátil Instrutherm MO-920 e Tsn com a utilização de um sensor termopar tipo “T” instalado dentro dos reservatórios da solução nutritiva. Quando necessário, correções do pHsn foram realizadas com o uso de NaOH, objetivando manter os valores na faixa de $5,0$ a $7,0$.

5.5. Variáveis avaliadas

Aos 35 DAS, em cada canal hidropônico foram colhidos 3 maços de coentro. A altura do maço de plantas ($AP_{\text{maço}}$) foi medida com auxílio régua milimetrada, considerando-se da base do substrato até a folha mais alta. A massa fresca da parte aérea do maço de plantas ($MFPA_{\text{maço}}$, g maço^{-1}) foram determinadas em balança de precisão e após pesado, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada à

temperatura de 60 °C até que peso se tornasse constante, para quantificar a massa seca da parte aérea do maço de plantas ($MSPA_{\text{maço}}$, g maço⁻¹). Para obtenção da massa fresca e seca da raiz (MSR) utilizou-se o mesmo procedimento adotado para massa da parte aérea do maço.

A massa seca total (MST) correspondeu o somatório das massas seca de todas as partes do coentro em cada coleta. Calculou-se o teor de água na parte aérea (TAPA), porcentagem de massa seca da parte aérea MSPA (%), índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA), de acordo com Benincasa (2003):

$$TAPA = [(MFPA_{\text{maço}} - MSPA_{\text{maço}})/MFPA_{\text{maço}}] \times 100 \text{ Eq. (1)}$$

Em que:

TAPA – Teor de água na parte aérea (%);

$MFPA_{\text{maço}}$ – Massa fresca da parte aérea (g);

$MSPA_{\text{maço}}$ – Massa seca da parte aérea (g).

$$MSPA (\%) = MSPA/MFPA \times 100 \text{ Eq. (2)}$$

Em que:

MSPA (%) – Massa seca da parte aérea;

MSPA – Massa seca da parte aérea (g).

$$IPBPA = (MSPA/MST) \times 100 \text{ Eq. (3)}$$

Em que:

IPBPA – Índice de produção de biomassa da parte aérea;

MSPA – Massa seca da parte aérea (g);

MST – Massa seca total (g).

A relação raiz/parte aérea – R/PA, foi calculada por meio da relação entre a massa seca da raiz e da parte aérea, com o auxílio da equação proposta por Magalhães (1979):

$$R/PA = MSR/MSPA \text{ Eq. (4)}$$

em que:

R/PA – Relação raiz parte aérea;

MSR – Biomassa seca da raiz (g);

MSPA – Biomassa seca da parte aérea (g).

O consumo hídrico diário foi calculado com base no volume consumido no reservatório dividido pelo número de maços de plantas de coentro, conforme equação descrita abaixo. Posteriormente, obteve-se o volume evapotranspirado por maço (V_{ETC}) durante todo o ciclo (35 DAS).

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) * \pi * D^2 * 10^5}{4 * n * \Delta T} \text{ Eq. (5)}$$

Em que:

V_{ETC} – volume evapotranspirado, em mL planta⁻¹ dia⁻¹;

L_f – Leitura final do nível de água no reservatório de abastecimento automático, cm;

L_i – Leitura inicial do nível de água no reservatório de abastecimento automático, cm;

D – Diâmetro interno do reservatório de abastecimento automático, m;

Δt – Intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n – Número de plantas no perfil hidropônico no intervalo de tempo, Δt .

Calculou-se a eficiência do uso da água como base na MFPA_{maço} (WP_{MFPA}, g L⁻¹) e a MSPA_{maço} (WP_{MSPA}, g L⁻¹) a partir da relação entre as respectivas produções e o volume evapotranspirado.

Na mesma data de avaliação (35 DAS), a fotossíntese líquida – A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$) a eficiência instantânea – A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] e intrínseca – A/g_s [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$] de uso da água foram mensuradas, com o auxílio de variáveis obtidas com o analisador a gás infravermelho portátil (IRGA, modelo ADC – LCpro – SD da ADC/England), com acoplamento de uma fonte luminosa externa (1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa). As medições foram realizadas entre 8 h 30 min e 10 h e 30 min, na porção mediana do limbo da folha +3.

5.6. Análise estatística

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 foram realizadas utilizando-se o software estatístico SISVAR versão 5.2 (FERREIRA et al., 2019).

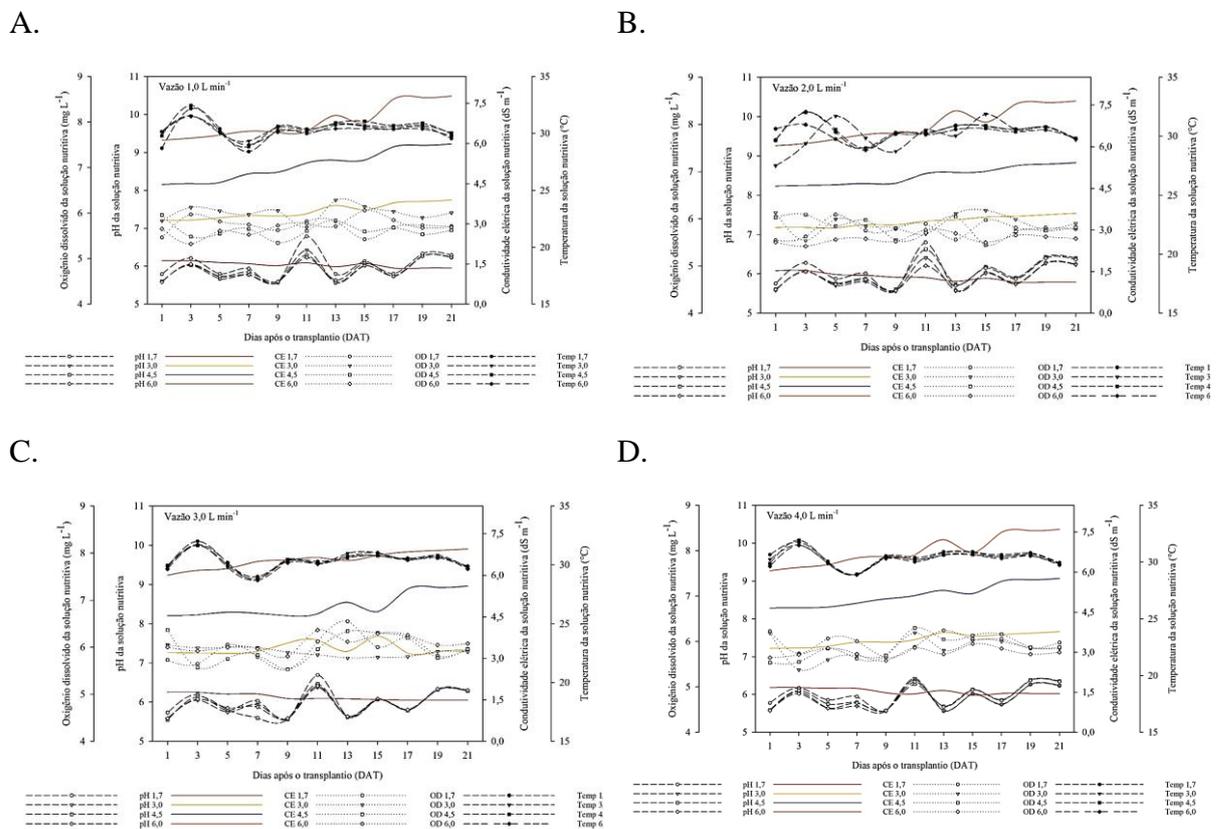
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Dinâmica dos parâmetros das soluções nutritivas – CE, pH, OD e temperatura

Quando se comparam os valores da condutividade elétrica das soluções nutritivas (CE_{sn}) ao longo do ciclo, sob tratamento controle (CE_{sn} = 1,7 dS m⁻¹) houve uma leve redução dos valores no final do experimento em relação aos valores iniciais, da ordem de 17,33, 26,80, 16,06 e 13,26% sob cultivo com vazões nos canais hidropônicos de 1 L min⁻¹ (Figura 4A), 2 L min⁻¹ (Figura 4B), 3 L min⁻¹ (Figura 4C) e 4 L min⁻¹ (Figura 4D), respectivamente. Essa redução

já era esperada, como constatada em trabalhos sob condições hidropônicas com hortaliças folhosas, a exemplo do próprio coentro (SILVA et al., 2016a), rúcula (CAMPOS JÚNIOR et al., 2018), salsa (MARTINS et al., 2019), cebolinha (SILVA JÚNIOR et al., 2019), dentre outras. Via de regra, esse comportamento é atribuído ao consumo de nutrientes pelas plantas – que é favorecido pela condição osmótica neste nível de CEs_n, e a redução da concentração pela reposição do consumo hídrico das plantas usando água de baixa salinidade.

Figura 4. Valores de condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura das soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas à diferentes vazões no canal hidropônico sob cultivo do coentro cv. Verdão.



Nos demais níveis de CEs_n, até pelo acúmulo de sais decorrente da reposição do estoque de solução nutritiva com as respectivas águas salobras utilizadas no preparo das soluções nutritivas, a tendência foi de aumento da CEs_n em relação aos valores iniciais, independente das vazões nos canais hidropônicos. Nestes termos, os incrementos foram de 24,18, 13,86, 3,43 e 19,79% sob CEs_n de 3,0 dS m⁻¹; de 33,81, 18,45, 23,55 e 23,71% sob CEs_n de 4,5 dS m⁻¹ e 26,85, 26,63, 15,83 e 25,62% sob CEs_n de 6,0 dS m⁻¹, para o cultivo com vazões nos canais hidropônicos de 1, 2, 3 e 4 L min⁻¹, respectivamente.

Em sistemas hidropônicos, o ideal é que as variações de pHsn não ultrapassem a faixa de 4,5 a 7,5 - intervalo tido como ótimo para a disponibilidade de nutrientes (SOARES et al., 2020). No presente trabalho, independente das vazões nos canais hidropônicos, verificou-se tendência de aumento dos valores de pHsn aos 11 dias após o semeio (DAS). Portanto, a correção mediante a aplicação de NaOH foi necessária para o reestabelecimento dos valores dentro da faixa recomendada. Variações nos valores de pHsn são esperadas ao longo do cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (SILVA et al., 2016a; NAVARRO et al., 2022), isso em decorrência da absorção de cátions e ânions. Valores extremos de pHsn pode reduzir a disponibilidade de nutrientes, conseqüentemente podendo afetar o crescimento das plantas, visto que essas alterações podem favorecer a formação de espécies iônicas que não estão prontamente disponíveis para ser absorvidas (LIRA et al., 2020).

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) nas soluções nutritivas variaram entre 5,0 e 7,0 mg L⁻¹ em todos os níveis de CESn estudados. Nota-se que, sob vazões nos canais hidropônicos de 1 L min⁻¹ (Figura 4A) e 2 L min⁻¹ (Figura 4B) os valores de ODSn estiveram na faixa de 5,6 e 5,8 mg L⁻¹, enquanto que, sob as maiores vazões de 3 L min⁻¹ (Figura 4C) e 4 L min⁻¹ (Figura 4D), os valores de ODSn foram levemente superiores, na faixa de 5,95 e 5,85 mg L⁻¹. No geral, independente das condições de cultivo, os níveis de ODSn foram adequados para crescimento do coentro, e estão acima do valor mínimo recomendado recomendada (5 mg L⁻¹) segundo Ebeling e Timmons (2012).

Quanto às temperaturas das soluções nutritivas (Tsn), considerando-se a média para todos os níveis de CESn testados, os valores de Tsn máxima e mínima foram de 36,86 e 24,37 °C sob vazão no canal hidropônico de 1 L min⁻¹ (Figura 4A); de 38,21 e 23,37 °C sob vazão de 2 L min⁻¹ (Figura 4B); de 36,38 e 24,39 °C sob vazão de 3 L min⁻¹ (Figura 4C) e 36,26 e 24,31 °C sob vazão de 4 L min⁻¹ (Figura 4D). Durante o ciclo de cultivo, as temperaturas máximas e mínimas registradas no espaço interno da casa de vegetação foram de 39,16 e 21,84 °C sendo responsável direto pela dinâmica da temperatura da solução nutritiva, com elevação nos períodos mais quentes do dia e redução no período noturno, principalmente.

O coentro cultivado em sistema NFT sob o efeito do estresse térmico e salino (temperatura da zona radicular: < 25 °C e 30 °C; 0,3 dS m⁻¹ - água de baixa salinidade e 6,5 dS m⁻¹ - água salobra contendo NaCl), apontou que o efeito térmico causado por temperaturas de 30°C na zona radicular foi moderado em relação ao estresse salino (ECw de 6,5 dS m⁻¹), entretanto, a combinação desses dois fatores reduz a produção de matéria fresca da planta (SILVA et al., 2022). A combinação de intensidade luminosa 100, 200 e 300 μmol m⁻² s⁻¹ (densidade do fluxo de fótons fotossintéticos) com temperaturas da solução nutritiva de 20, 25

e 30 °C no cultivo do coentro, indicaram que os parâmetros de crescimento, biomassa de folha, caule e raiz e teor de água da folha e do caule, foram mais elevados com a manutenção da TS_n na faixa média (25 °C) com alta irradiação de luz (300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), entretanto, para produção de biocompostos a irradiação máxima combinada a TS_n de 30°C é mais eficiente (NGUYEN et al., 2019).

A tendência da temperatura da solução nutritiva no período da pesquisa foi acompanhar a temperatura do ambiente de cultivo, assim, os efeitos promovidos pelas vazões crescentes sob essa variável foi a redução em até 3°C na TS_n. O coentro é uma cultura de alta versatilidade, com preços e custos de produção que favorece a atividade, além de ser uma planta tolerante a temperaturas mais elevadas comparando-as com outras hortaliças, o que favorece o seu cultivo hidropônico em regiões de clima quente como as nordeste brasileiro (SILVA et al., 2016).

6.2. Caracterização, consumo, produtividade e teor da água dos maços

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) da interação entre os fatores em estudo sobre as respectivas variáveis avaliadas: altura do maço de plantas (ALT), massa fresca da parte aérea (MFPA), consumo hídrico (CH), produtividade da água – WP_{MFPA} , produtividade da água – WP_{MSPA} , eficiência intrínseca (WUE) e instantânea (WUE_i) de uso da água e do teor de água na parte aérea de plantas. Por outro lado, todas essas variáveis foram afetadas ($p<0,01$), de forma isolada pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} e a MFPA, a ALT, a WUE_i e o TAPA foram afetados ($p<0,01$) pela vazão de aplicação da solução nutritiva (Tabela 3).

Tabela 2. Resumo da ANOVA para massa fresca da parte aérea, altura dos maços, consumo hídrico, produtividade da água – $WPMFPA$, produtividade da água – $WPMSPA$, eficiência intrínseca (WUE) e instantânea (WUE_i) de uso da água e teor de água na parte aérea de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		ALT	MFPA	CH	WP_{MFPA}	WP_{MSPA}	WUE	WUE _i	TAPA
CEa	3	129,47**	1243,2**	3211,1**	64239**	5,033**	860,73**	0,38**	22,662**
R. Linear	1	385,95**	3582,7**	7898,1**	140584**	0,022 ^{ns}	2523,2**	0,919**	57,59**
R. Quad	1	2,471 ^{ns}	142,64**	1672,1**	52124*	15,00**	10,95 ^{ns}	0,090 ^{ns}	9,919**

Vazão (Q)	3	24,048**	24,24**	65,12 ^{ns}	23692 ^{ns}	6,572**	42,24 ^{ns}	0,263**	4,919*
R. Linear	1	51,761**	50,25 ^{ns}	87,62 ^{ns}	71032,7**	19,414**	69,10 ^{ns}	0,666**	13,645**
R. Quad	1	2,287 ^{ns}	2,72**	31,45 ^{ns}	43,11 ^{ns}	0,213 ^{ns}	22,03 ^{ns}	0,124 ^{ns}	1,107 ^{ns}
CEa x Q	9	3,676 ^{ns}	3,01 ^{ns}	100,7 ^{ns}	13131 ^{ns}	0,583 ^{ns}	22,07 ^{ns}	0,069 ^{ns}	1,768 ^{ns}
Blocos	3	5,001 ^{ns}	1,48 ^{ns}	75,59 ^{ns}	5053,0 ^{ns}	1,430 ^{ns}	28,36 ^{ns}	2,983 ^{ns}	2,215 ^{ns}
Erro	45	2,851	2,70	67,55	9065,9	0,912	27,70	1,306	2,477
CV	(%)	6,281	6,53	15,40	19,94	20,96	14,64	16,09	1,27

CEa – Condutividade elétrica da solução nutritiva; CV – coeficiente de variação; GL – grau de liberdade; ^{ns} – não significativo;

*, **Significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente.

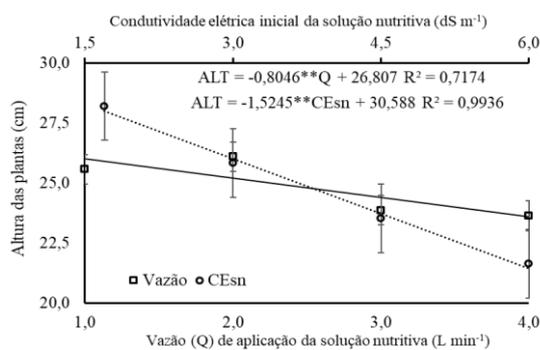
A altura das plantas foi reduzida ($p < 0,01$) em 1,52 e 0,80 cm por incremento unitário da CE_{sn} e da vazão, implicando em perdas acumuladas de 23,43 e 9,28%, dentro do intervalo de CE_{sn} e vazão estudado, respectivamente (Figura 5A). Junto com a MFPA, a ALT é uma das variáveis importantes para a caracterização de maços de coentro comerciais e, neste caso, verificou-se ALT de até 28 cm ($1,7 \text{ dS m}^{-1}$) e valores superiores a 21,44 cm ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$). Neste sentido, quando expostas a intervalos análogos de CE_{sn} ou vazão resultados análogos também foram verificados por Luz et al. (2012) cultivando coentro com solução nutritiva de Furlani et al. (1999) em diferentes concentrações, obtiveram ALT de 27,93 cm com solução a 95%, Bonifacio et al. (2014), testando cultivares de coentro submetidas à salinidade em substrato inerte, verificaram decréscimo de 47% na ALT do coentro cultivar verdão, e Silva et al. (2016a), no cultivo hidropônico de coentro verdão com água salobra e frequências de recirculação, que encontraram valores de 36 e 28cm com águas salobras de 0,32 e 4,91 dS m^{-1} , respectivamente.

A massa fresca da parte aérea foi reduzida ($p < 0,01$) em 4,64 g por maço por cada dS m^{-1} incrementado a CE_{sn}, sendo estimado uma perda de 57,17% dentro do intervalo de CE_{sn} trabalhado. A redução da MFPA do coentro em condições de hidroponia e salinidade é corroborada por outros autores, Silva et al. (2018b) em sistema hidropônico DFT (técnica do fluxo profundo) com águas salobras de CE 0,26; 2,47; 4,91 e 7,0 dS m^{-1} e intervalo de circulação de 0,25 e 2h, Rebouças et al. (2013) no cultivo do coentro verdão em hidroponia com canaletas preenchidas com fibra de coco e salinidade da água com condutividades elétricas de 2,55; 4,68; 6,85; 9,38 e 12,34 dS m^{-1} provenientes da mistura de água doce com rejeito salino, e por Silva et al. (2015b) cultivando coentro verdão em sistema NFT com duas disponibilidades de solução nutritiva (2,75 e 5,50 L por maço de 24 plantas) e quatro níveis de salinidade da água de 0,43 (testemunha); 3,09; 6,87 e 8,53 dS m^{-1} a qual verificaram uma perda de 0,93 g por maço a cada dS m^{-1} incrementado aos 21 dias após o transplântio para o módulo hidropônico.

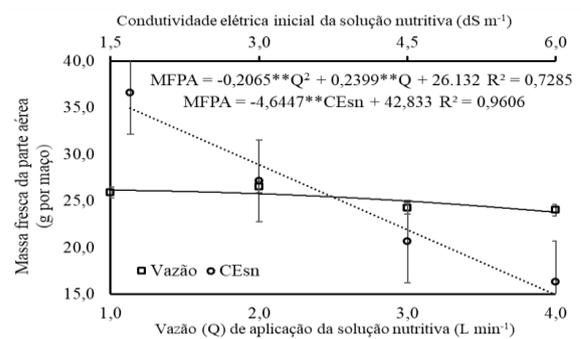
Na vazão de 1 L min^{-1} , a MFPA foi máxima e estimada em 26,16 g por maço (Figura 5B). Quanto ao impacto da vazão de aplicação sobre a MFPA de hortaliças folhosas, Santos et al. (2011) estudando três vazões de aplicação 0,5; 1,0 e 1,5 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ combinadas a uma solução nutritiva foi preparada com condutividade elétrica de 1,2 $\text{ds}\cdot\text{m}^{-1}$, verificaram maiores produções de massa seca e fresca de plantas de alface sob as vazões nos canais hidropônicos de 1,5 e 1,0 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ em relação à menor vazão (0,5 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$), o que confirma os resultados ora constatados.

Figura 5. (A) Altura das plantas, (B) Massa fresca da parte aérea, (C) consumo hídrico, produtividade da água em base de (D) massa fresca e (E) massa seca da parte aérea, (F) eficiência intrínseca – A/gs e (G) instantânea – A/E de uso da água e (H) teor de água de plantas de coentro, cv. Verdão, sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.

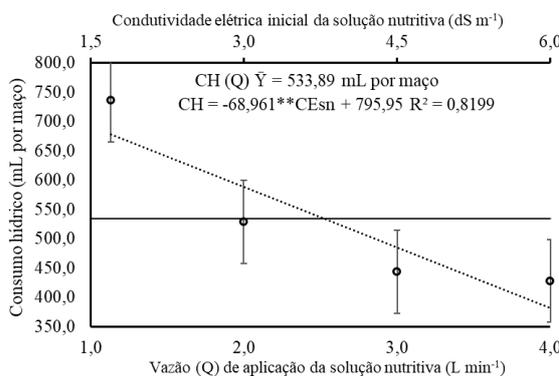
A.



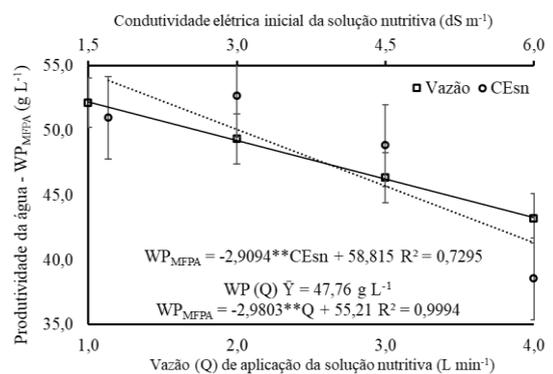
B.



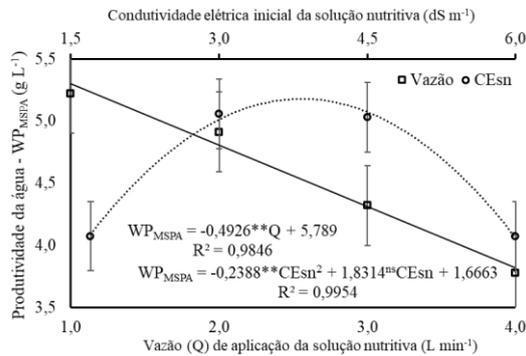
C.



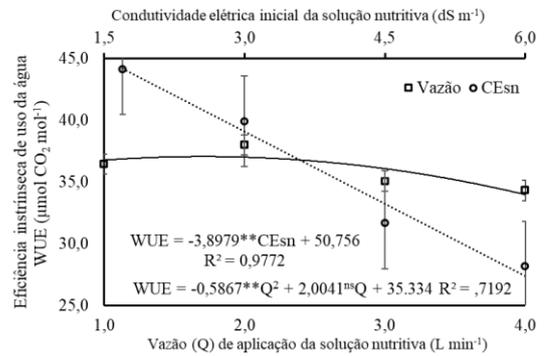
D.



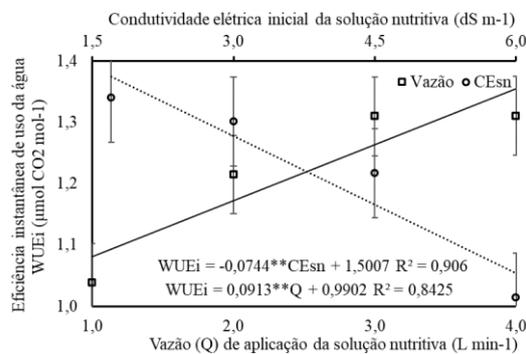
E.



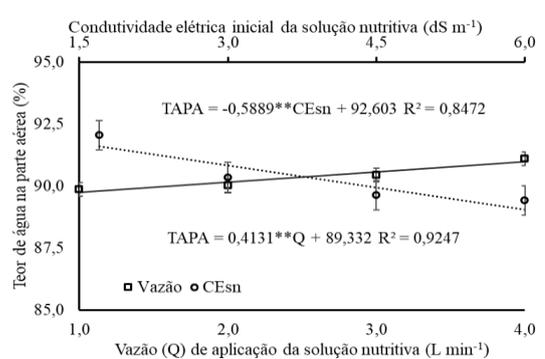
F.



G.



H.



ns – Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. ** e * - Significativo em nível de $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ de probabilidade pelo teste F. As barras verticais indicam o erro padrão da média ($n = 4$).

A variação da vazão não afetou ($p > 0,05$) o consumo hídrico das plantas, sendo constatado média de 533,89 mL por maço. Em contraponto, decresceu 68,96 mL por maço a cada $dS m^{-1}$ incrementado a CEs_n totalizando uma perda de 43,69% no intervalo de CEs_n estudado (Figura 5C). A redução no consumo hídrico de hortaliças folhosas em condições de hidroponia e salinidade também já foi constatada por outros autores (Silva et al., 2016a; Navarro, 2021) e pode ser atribuída a uma série de respostas fisiológicas que implicam, em princípio, na limitação do consumo de água e nutrientes (SOARES et al., 2016).

O resultado do CH se reflete diretamente na produtividade da água em base de massa fresca (WP_{MSPA}) uma vez que o seu desempenho também não é afetado ($p > 0,05$) pela variação da vazão de aplicação (Figura 5D), sendo constatado uma WP_{MSPA} média de 47,76 g L⁻¹; não obstante, verificou-se um ajuste significativo ($p < 0,01$) da dispersão dos dados, o que sugere uma tendência de redução linear na ordem de 2,98 g L⁻¹ por unidade de vazão incrementada. Destarte, o aumento da CEs_n proporcionou uma redução ($p < 0,01$) de 2,90 g L⁻¹ a cada $dS m^{-1}$ incrementado, com uma perda acumulada de 23,22% dentro do intervalo de CEs_n proposto.

Expondo plantas de coentro a níveis de CEs_n entre 1,6 e 6,4 dS m⁻¹, Navarro (2021) verificaram valores de WP_{MFPA} de 54,03 g L⁻¹ na CEs_n estimada de 2,14 dS m⁻¹, sob a prevalência de NaCl na água, o que corrobora o resultado ora apresentado. Em contrapartida, este mesmo autor verificou perdas superiores a 40% na WP_{MFPA}, dentro do intervalo de CEs_n trabalhado, destoando dos resultados ora postulados, o que pode ser atribuído a diferenças climáticas, aos diferentes sistemas hidropônicos e estratégias de manejo adotadas.

Diferente do que se verificou quanto ao CH e WP_{MFPA}, a vazão de aplicação afetou ($p < 0,01$) a produtividade da água em base de massa seca – WP_{MSPA}, e foi reduzida à razão de 0,24 g L⁻¹ por dS m⁻¹ incrementado, totalizando uma perda de 19,99% dentro do intervalo de CEs_n proposto. Quanto ao impacto da CEs_n sobre esta variável, verificou-se que a WP_{MSPA} foi máxima (5,07 g L⁻¹) na CEs_n de 3,0 dS m⁻¹. A WP_{MSPA} indica quantas gramas de matéria seca foi produzida por volume de água consumido, ou seja, em condições de salinidade fica evidente pelos resultados postos, que há redução na fixação de CO₂ e produção de massa seca (LIMA et al., 2013).

A tendência verificada para a WP_{MSPA} é corroborada quando se avalia a relação entre a fotossíntese líquida (A) e a condutância estomática (gs) ou transpiração (E) das plantas - parâmetros que são diretamente afetados pelo aumento da CEs_n e que tem impacto direto sobre a concentração intercelular de CO₂. Em condições de salinidade, quando o influxo de CO₂ nas células do mesófilo é restringido, a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (SILVA et al., 2015b).

Neste sentido a WUE (Figura 5F) e a WUE_i (Figura 5G) foi reduzida à razão de 3,89 e 0,0744 (μmol CO₂ mol⁻¹) por incremento unitário da CEs_n, com uma perda acumulada de 37,98 e 23,28% dentro do intervalo de CEs_n trabalhado. Quando se analisa o efeito da vazão de aplicação, nota-se que a WUE foi máxima (37 μmol CO₂ mol⁻¹) na vazão de 3 L min⁻¹ e que a WUE_i aumentou a razão de 0,0913 μmol CO₂ mol⁻¹ por unidade de vazão adicionada.

Expondo plantas de coentro, cv. verdão, a CEs_n de 1,6 a 6,4 dS m⁻¹, Navarro et al., (2022) verificaram que a WUE e a WUE_i foram reduzidas em razão de 7,07 e 0,25 μmol CO₂ mol⁻¹ por dS m⁻¹ incrementado, com perdas acumuladas na ordem de 54,12 e 58,57%, ou seja, valores divergentes em relação aos ora apresentados. A absorção de CO₂ do meio externo promove perda de água e a planta, para poder diminuir tal perda, restringe a entrada de CO₂, ou seja, a relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência instantânea no uso da água, que relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Quanto ao teor de água da parte aérea (TAPA), verificou-se decréscimo de 0,59% e acréscimo de 0,41 % por incremento unitário da CEs_n e da vazão, respectivamente (Figura 5 H). Em tempo, a perda e ganho acumulado foi da ordem de 2,76 e 1,38% dentro do intervalo de CEs_n e vazão proposto. A redução no TAPA pode ser atribuída a redução na turgescência que induz o fechamento estomático, dessa forma, a planta reduz a transpiração como forma de defesa para evitar os efeitos negativos da salinidade, principalmente ao final do ciclo quando a CEs_n tende a aumentar em tratamentos com níveis elevados de salinidade (VIANA, 2017).

Por outro lado, dentre as razões que implicaram no acréscimo no TAPA com o aumento da vazão, pode-se mencionar o favorecimento de outros fatores, como uma melhor oxigenação das soluções, beneficiando a respiração das raízes e, conseqüentemente aumentando a absorção de água e nutrientes da solução nutritiva.

6.3. Taxa fotossintética e partição de massa seca das plantas

O índice de produção de biomassa da parte aérea e a relação raiz parte aérea foi influenciada ($p < 0,01$) pela interação entre a CEs_n e a vazão de aplicação. Por outro lado, de forma isolada, a CEs_n e a vazão de aplicação afetaram ($p < 0,01$) a taxa fotossintética, a massa seca total, da parte aérea e da raiz e o percentual de massa seca da parte aérea (Tabela 4).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para taxa fotossintética; massa seca total, da parte aérea e da raiz; índice de produção de biomassa da parte aérea, percentual de massa seca da parte aérea e relação raiz parte aérea de plantas de coentro expostas a soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		A	MST	MSPA	MSR	IPBPA	%MSPA	R/PA
CEs _n	3	189,62**	5,296**	4,502**	0,035**	0,0038**	22,662**	0,0092**
Reg. Linear	1	568,37**	15,810**	13,458**	0,0957**	0,0114**	57,597**	0,0273**
Reg. Quadrática	1	0,389 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,0139 ^{ns}	0,0107**	0,00002 ^{ns}	9,919**	8x10 ^{-6ns}
Vazão (Q)	3	2,525**	0,867**	1,225**	0,139**	0,0256**	4,919**	0,0506**
Reg. Linear	1	6,328**	1,476**	3,118**	0,302**	0,0735**	13,645**	0,1466**
Reg. Quadrática	1	0,19 ^{ns}	0,555**	0,194 ^{ns}	0,091**	0,0028**	1,107 ^{ns}	0,0043**
CEa x Q	9	0,853 ^{ns}	0,171 ^{ns}	0,158 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	0,0010**	1,768 ^{ns}	0,0022**
Blocos	3	0,326 ^{ns}	0,114 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,0023 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	2,983 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Erro	45	0,614	0,082	0,079	0,0011	0,0002	1,306	0,0005

CV	(%)	6,97	10,33	12,04	8,02	2,05	11,87	12,53
----	-----	------	-------	-------	------	------	-------	-------

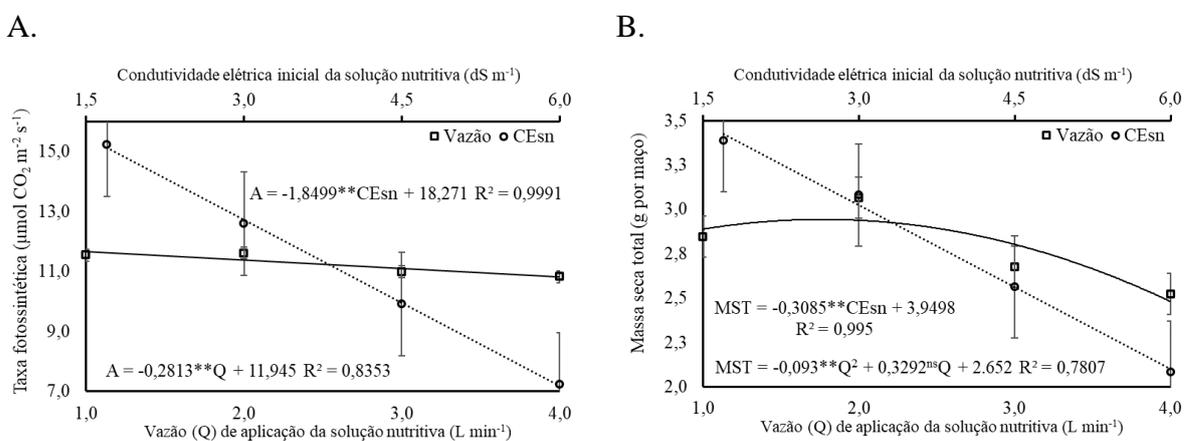
CEa – Condutividade elétrica da solução nutritiva; CV – coeficiente de variação; GL – grau de liberdade; ns – não significativo; *, **Significativo a $p \leq 0.05$ e $p \leq 0.01$, respectivamente.

O aumento da CESn implicou em redução linear na taxa fotossintética de $1,84 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por dS m^{-1} incrementado e, também, o aumento da vazão proporcionou uma redução linear de $0,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por unidade de vazão incrementada. Em geral, verificou-se perdas acumuladas de 52,57 e 7,23% dentro do intervalo de CESn e vazão estudado, respectivamente (Figura 6A).

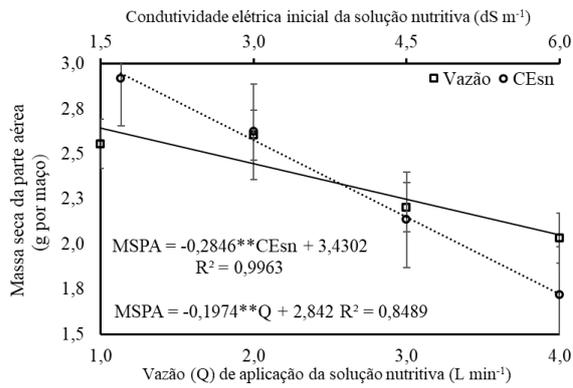
Resultados análogos, quanto a taxa fotossintética de hortaliças em condições de hidroponia e salinidade, foram encontrados para as culturas do pimentão (Cavalcante et al., 2019) e na alface (Guimarães et al., 2019). Santos et al. (2011), associam a diminuição na taxa fotossintética com ajustes de frequência estomática que responderam diretamente aos sinais induzidos por privação de algum elemento.

Em condições de estresse, as plantas reduzem a condutância estomática e a transpiração, ao mesmo tempo que aumentam a eficiência do uso da água (DALASTRA et al., 2014), assim, a taxa de fotossíntese também sendo reduzida com esses parâmetros (FERRAZ et al., 2012). De acordo com Oliveira et al. (2015), a redução na taxa fotossintética pode ocasionar redução no crescimento e na produtividade, isso porque em torno de 90% de tudo que a planta produz é oriundo da atividade fotossintética.

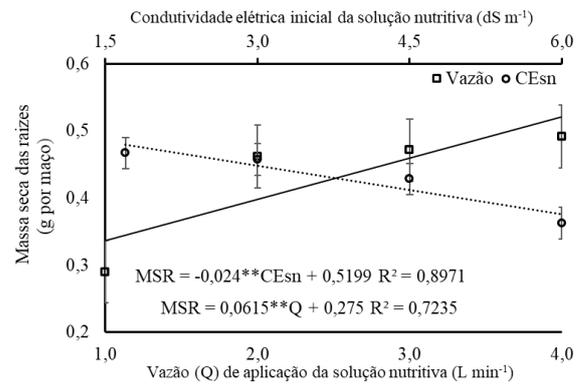
Figura 6. (A) Taxa fotossintética, (B) massa seca total, (C) massa seca da parte aérea, (D) massa seca da raiz, (E) índice de produção de biomassa da parte aérea, (F) percentual de massa seca da parte aérea e (G) relação raiz parte aérea de plantas de coentro, cv. Verdão, sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras e aplicadas em vazões crescentes.



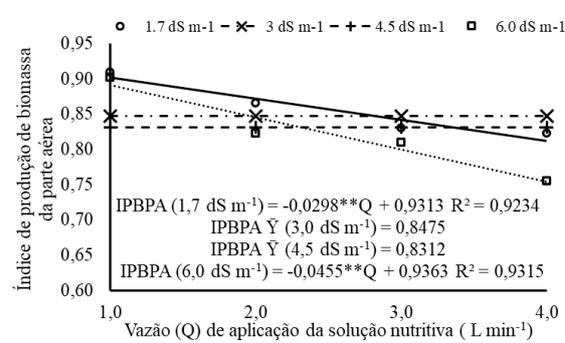
C.



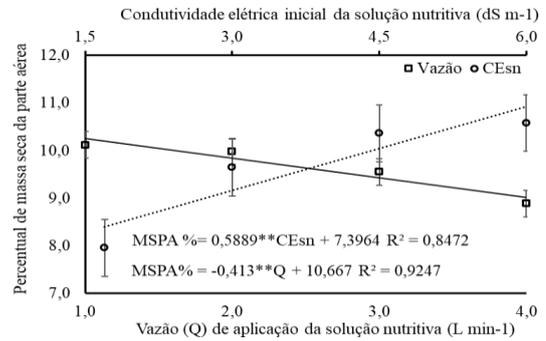
D.



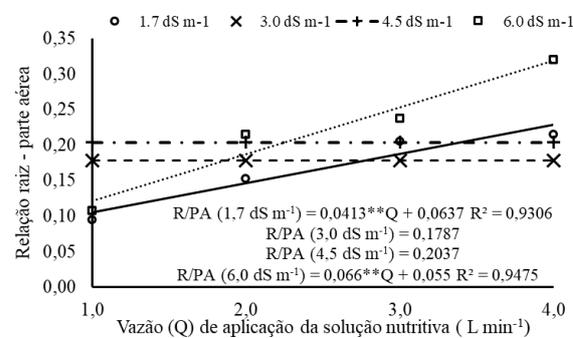
E.



F.



G.



ns – Não significativo ($p > 0,05$) pelo teste F. ** e * - Significativo em nível de $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$ de probabilidade pelo teste F. As barras verticais indicam o erro padrão da média ($n = 4$).

A massa seca total foi máxima (2,94 g por maço) na vazão testada de 2,0 L min⁻¹ e, neste sentido, foi reduzida à razão de 0,30 g por maço por cada dS m⁻¹ incrementado (Figura 6B). Neste recorte, a mesma tendência foi verificada quanto a MSPA, sendo estimada uma redução de 0,28 e 0,19 g por maço por incremento unitário da CEsn e vazão, respectivamente (Figura 6C). Por outro lado, o aumento da vazão implicou em aumento na MSR à razão de 0,06 g por maço por incremento unitário, mas, também, quanto a raiz, o aumento da CEsn reduziu a MSR à razão de 0,024 g por maço (Figura 6D).

Perdas na massa seca de hortaliças folhosas em condições de hidroponia e salinidade também foi relatado por Rebouças et al. (2013) no cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino, que estimaram perdas de 79% no intervalo de CEs_n de 2,55 a 12,34 dS m⁻¹. Vasconcelos et al. (2014) expondo plantas de coentro a CEs_n de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 dS m⁻¹ verificaram que a produção de matéria seca das plantas cultivadas na solução de Castellane e Araújo (1994) cresceu até a CEs_n de 2,5 dS m⁻¹, enquanto que na solução de Furlani et al. (1998b) os decréscimos na produção de matéria seca já ocorriam ao nível de CEs_n 2,0 dS m⁻¹, valor próximo a sua condutividade original da solução nutritiva que é de 1,84 dS m⁻¹.

Alguns trabalhos que utilizaram águas salobras em diferentes CEs_n na produção hidropônica de hortaliças: coentro (Rebouças et al., 2013), rúcula (Silva et al., 2017) e chicória (Alves et al., 2019), também verificaram o efeito de perdas ao incrementar dS m⁻¹ na CEs_n, o que pode ser atribuído a processos fisiológicos que comprometem o acúmulo de massa seca na parte aérea pelo vegetal. De acordo com Paulus et al. (2010), os efeitos da salinidade da água sob as variáveis de produção de hortaliças estão relacionados com o limite osmótico que cada planta possui, assim, um meio de cultivo com potencial osmótico sobreposto ao do vegetal dificulta a absorção de nutriente e água, gerando perda no acúmulo de biomassa.

Reduções na massa seca da raiz também foram verificadas por Navarro (2021) na produção do coentro verdão em sistemas hidropônicos utilizando águas salobras no preparo da solução nutritiva, na qual o aumento nas unidades de CE reduziu a massa de raiz em 30,50%, no intervalo de 1,7 a 6,4 dS m⁻¹.

Quanto ao índice de produção de biomassa da parte aérea (IPBPA), após análise do desdobramento, verificou-se que dentro da CEs_n de 1,7 e 6,0 dS m⁻¹, o aumento da vazão implicou em perdas de 0,02 e 0,04 por incremento unitário da vazão. Não obstante, quando se analisa as CEs_n de 3,0 e 4,5 dS m⁻¹ a variação da vazão não afetou o IPBPA, sendo verificado médias de 0,84 e 0,83, respectivamente (Figura 6E). Os valores apresentados vão de encontro aos obtidos para a cultura da couve-flor cultivada em sistema hidropônico com vazões de aplicação (1,5 e 2,5 L min⁻¹), em que Cruz et al. (2017) encontrou valores de IPBPA de 0,80 ao nível de CEs_n de 5,5 dS m⁻¹ e ao menor nível de salinidade (1,7 dS m⁻¹) o IPBPA foi de 0,9, já para as vazões o IPBPA foi de 0,86 na vazão de 1,5 L min⁻¹, enquanto que para a vazão de 2,5 min⁻¹ o índice foi de 0,82.

O percentual de massa seca da parte aérea aumentou (0,58% por dS m⁻¹) com o incremento da CEs_n e foi reduzido (0,41% por incremento unitário) com o aumento da vazão (Figura 6F). Vale ressaltar, em tempo, que ao passo que a massa seca da parte aérea em relação

a raiz é reduzida com o aumento da CEs_n, verifica-se que também ocorre aumento no percentual de massa seca da parte aérea com o aumento da CEs_n.

Alterações na distribuição percentual da massa seca dos vegetais cultivados em meio salino são condizentes, visto que a salinidade tende a afetar a produção de biomassa e a sua distribuição entre as diferentes partes da planta, entretanto, quando se avalia isoladamente o acúmulo de massa em gramas, verifica-se que os efeitos mais deletérios ocorrem principalmente na parte aérea do vegetal (SILVA et al., 2013).

Após análise do desdobramento, verificou-se para a relação raiz – parte aérea, dentro das CEs_n de 1,7 e 6,0 dS m⁻¹, que o aumento da vazão implicou em ganhos de 0,04 e 0,06 por incremento unitário da vazão e, para as CEs_n de 3,0 e 4,5 dS m⁻¹ não se verificou efeito significativo ($p > 0,05$) sendo constatadas médias de 0,17 e 0,20, respectivamente (Figura 6G). Respostas similares foram verificadas em plantas de rúcula em condições de hidroponia e salinidade, ou seja, os incrementos dos níveis de salinidade da água promoveram um acréscimo linear na relação raiz – parte aérea da rúcula (SILVA et al., 2013).

O comportamento na relação raiz – parte aérea do coentro, cv. verdão, pode ser explicada principalmente pela atuação do aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, já que é o principal fator que reduz a produção de massa na parte aérea (41,69 %) e na raiz (20,83%), porém de forma menos expressiva. O comportamento de acréscimo na relação raiz – parte aérea mediante ao aumento das vazões tem como provável explicação um estresse secundário causado pelo alto volume de solução aplicado a um mesmo intervalo de tempo, fazendo com que a interação do sistema radicular com cada vazão de S_n ocorra de forma diferente.

No geral, a vazão apenas aumentou a forma como o grande fluxo de sal chega ao sistema radicular e para se contrapor a isso e manter sua sobrevivência a planta passou a troca o envio de fotoassimilados da parte aérea pela manutenção e expansão do sistema radicular.

7. CONCLUSÕES

A produtividade da água pela cultura do coentro não foi afetada pela interação entre o aumento da condutividade elétrica e a vazão de aplicação da solução nutritiva.

O aumento da vazão de aplicação da solução nutritiva implicou em maior alocação de fotoassimilados na raiz em detrimento da parte aérea e o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva implicou em aumento do percentual de massa seca da parte aérea.

Vazões de aplicação da solução nutritiva de 1 e 2 L min⁻¹ favorece a maior produção de massa fresca da parte aérea quando se utiliza águas salobras no preparo da solução nutritiva e vazões superiores a 2 L min⁻¹ favorecem o maior acúmulo de massa fresca e seca pelas raízes.

Soluções nutritivas de até 3,0 dS m⁻¹ podem ser utilizadas no cultivo do coentro verdão em sistema hidropônico NFT sem que haja efeitos deletérios sobre os parâmetros de crescimento e acúmulo de biomassa.

8. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; MESQUITA, JCP de. Panorama do cultivo hidropônico na região Nordeste do Brasil. **Hidroponia**, p. 67-77, 2016. Disponível em <https://www.creape.org.br/wp-content/uploads/2018/07/CADERNO-DO-SEMI%C3%81RIDO-6-1.pdf>. Acesso em 17 de ago. 2022.

AL-SNAFI, Ali Esmail. A review on chemical constituents and pharmacological activities of *Coriandrum sativum*. **IOSR Journal of Pharmacy**, v. 6, n. 7, p. 17-42, 2016. <http://dx.doi.org/10.9790/3013-067031742>

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>

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA NETO, Egídio. Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – v. 6, n. 6 (jul./ago. 2016). – Recife: EDUFRPE, 2017- v. Disponível em <http://www.ipa.br/novo/pdf/cadernos-do-semiarido/6---hidroponia.pdf>. Acesso em 13 de ago. 2022.

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>

BONIFACIO, A. et al. Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro submetidas à salinidade. In: **II Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering**. Fortaleza, INOVAGRI/INCT-EI/INCTSal, Proceedings... DOI: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a738>

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>

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: Hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 43p, 1994.

CAVALCANTE, Antônio R. et al. Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 3-8, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p3-8>

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. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2016v21n4p685-696>

CHATZIGIANNI, Martina et al. Functional quality, mineral composition and biomass production in hydroponic spiny chicory (*Cichorium spinosum* L.) are modulated interactively by ecotype, salinity and nitrogen supply. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 1040, 2019. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2019.01040>

CHOWDHURY, Muhammad EH et al. Design, construction and testing of iot based automated indoor vertical hydroponics farming test-bed in qatar. **Sensors**, v. 20, n. 19, p. 5637, 2020. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fs20195637>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos/qualidade-da-agua/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-357-de-17-de-marco-de-2005/at_download/file. Acesso em 11 de ago. 2021.

CRUZ, ADIEL FELIPE DA SILVA. Relações hídricas, características morfofisiológicas e produtivas da couve-flor em cultivo hidropônico NFT com águas salobras. 2017. Dissertação de mestrado: Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola – UFRPE, 2017. Disponível em <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/7640/2/Adiel%20Felipe%20da%20Silva%20Cruz.pdf>. Acesso em 11 de ago. 2022.

DALASTRA, Cleiton et al. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 21-26, 2020. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620200103>

DALASTRA, Graciela Maiara et al. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, v. 73, p. 365-371, 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.206>

DARKO, Eva et al. Metabolic responses of wheat seedlings to osmotic stress induced by various osmolytes under iso-osmotic conditions. **PloS one**, v. 14, n. 12, p. e0226151, 2019. <https://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0226151>

DIAS, N. S. et al. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade (Salinity effects on plants and tolerance of crops to salinity). **Book Chapter**, p. 151-162, 2016. Disponível em https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20361500/pdf_pubs/P2542.pdf. Acesso em 30 de Ago. 2021.

DING, Xiaotao et al. Electrical conductivity of nutrient solution influenced photosynthesis, quality, and antioxidant enzyme activity of pakchoi (*Brassica campestris* L. ssp. *Chinensis*) in a hydroponic system. **PloS one**, v. 13, n. 8, p. e0202090, 2018. <https://dx.doi.org/10.1371%2Fjournal.pone.0202090>

DONEGÁ, Mateus Augusto. Relação Ca: K e aplicação de silício na solução nutritiva para o cultivo hidropônico de coentro. **Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo**, 2009. <https://doi.org/10.11606/D.11.2010.tde-25022010-080813>

EBELING, James M.; TIMMONS, Michael B. Recirculating aquaculture systems. **Aquaculture production systems**, v. 1, p. 245-277, 2012. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch11>

EL MAHI, Houda et al. A critical role of sodium flux via the plasma membrane Na⁺/H⁺ exchanger SOS1 in the salt tolerance of rice. **Plant Physiology**, v. 180, n. 2, p. 1046-1065, 2019. <https://dx.doi.org/10.1104%2Fpp.19.00324>

EVEN, Margaux et al. Night-time transpiration in barley (*Hordeum vulgare*) facilitates respiratory carbon dioxide release and is regulated during salt stress. **Annals of Botany**, v. 122, n. 4, p. 569-582, 2018. <https://dx.doi.org/10.1093%2Faoab%2Fmcy084>

FERRAZ, Rener Luciano de Souza et al. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 181-188, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200010>

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

FURLANI, Pedro Roberto et al. Hydroponic vegetable production in Brazil. In: **International Symposium on Growing Media and Hydroponics 481**. 1999. p. 777-778. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.481.98>

FURLANI, Pedro Roberto et al. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT, **Instituto Agrônômico**, p. 30, 1998a.

FURLANI, Pedro Roberto et al. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Revista Informe Agropecuário**, v.20, n.200-201, p.90-98,1998b.

FUSSY, Andre; PAPENBROCK, Jutta. An Overview of Soil and Soilless Cultivation Techniques—Chances, Challenges and the Neglected Question of Sustainability. *Plants*, v. 11, n. 9, p. 1153, 2022. <https://doi.org/10.3390%2Fplants11091153>

GAMITO, João Lúcio Crujo. A cultura da chicória para café (*Cichoriumintybus L.*) na região do Ribatejo. 2010. Tese de Doutorado. Disponível em <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/2471/1/TeseFinal.pdf>. Acesso em 17 de set. 2021.

GONDIM, Ancélio Ricardo de oliveira et al. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, 2010. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7228>. Acesso em 17 de ago. 2022.

GRANGEIRO, Leilson C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i1a634>

GRIGOLETO, Marlos Wander. Influência da temperatura e vazão da solução nutritiva sobre o crescimento, acúmulo de pigmentos e nitrato na alface. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Campina Grande) - Campina Grande, 2013. Disponível em <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2766>. Acesso em 13 de ago. 2022.

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. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V13N4001091>

HASSANEIN, Raifa A. et al. Metabolic activities and molecular investigations of the ameliorative impact of some growth biostimulators on chilling-stressed coriander (*Coriandrum sativum* L.) plant. *BMC plant biology*, v. 21, n. 1, p. 1-23, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-03021-6>

HOLANDA, José S. de et al. Qualidade da água para irrigação. IN: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Pag 35 a 50, 2016. Disponível em <https://ppgea.ufc.br/wp-content/uploads/2018/04/manejo-da-salinidade-na-agricultura.pdf>. Acesso em 18 de ago. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sidra. Produção Agrícola Municipal (PAM). Ano 2017. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 17 de ago. 2022.

KAMRAN, Muhammad et al. An overview of hazardous impacts of soil salinity in crops, tolerance mechanisms, and amelioration through selenium supplementation. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 1, p. 148, 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21010148>

KEISHAM, Monika; MUKHERJEE, Soumya; BHATLA, Satish C. Mechanisms of sodium transport in plants—progresses and challenges. **International journal of molecular sciences**, v. 19, n. 3, p. 647, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19030647>

KHATAAR, Mahnaz; MOHAMMADI, Mohammad Hossien; SHABANI, Farzin. Soil salinity and matric potential interaction on water use, water use efficiency and yield response factor of bean and wheat. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fs41598-018-20968-z>

KHODADADI, Mostafa; DEHGHANI, Hamid; JALALI JAVARAN, Mokhtar. Quantitative genetic analysis reveals potential to genetically improve fruit yield and drought resistance simultaneously in coriander. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, p. 568, 2017. <https://doi.org/10.3389%2Ffpls.2017.00568>

KYRIACOU, Marios C.; ROUPHAEL, Youssef. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 463-469, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>

LACERDA, Janderson De Jesus. ESTRESSE SALINO E SEUS EFEITOS NO CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, VITÓRIA DA CONQUISTA – BA BAHIA - BRASIL 2016. Disponível

em <http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2019/02/DISSERTACAO-JANDERSON-versao-definitiva.pdf>. Acesso em 10 de out. 2021.

LARIBI, Bochra et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, v. 103, p. 9-26, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012>

LEE, Ju Yeon et al. Characterizing nutrient uptake kinetics for efficient crop production during *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* Alef. growth in a closed indoor hydroponic system. *PloS one*, v. 12, n. 5, p. e0177041, 2017. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0177041>

LIMA, Jailma Suerda Silva de et al. Desempenho agroeconômico de cultivares de coentro em função de espaçamentos e épocas de cultivo. 2006. Disponível em <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/tede/141/1/Jailma%20Suerda%20ok.pdf>. Acesso em 13 de ago. 2022.

LIMA, Sílvio Carlos Ribeiro Vieira et al. Estimativa da produtividade de água em uma área irrigada no sul da Espanha. **REVISTA BRASILEIRA DE AGRICULTURA IRRIGADA-RBAI**, v. 6, n. 1, 2013. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v6n100076>

LINHARES, P. C. F. et al. Rendimento de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema de adubação verde com a planta jitrana (*Merremia aegyptia* L.). *Revista brasileira de plantas medicinais*, v. 14, p. 143-148, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000500003>

LIRA, Raquele Mendes de et al. Watercress and chinese cabbage in a hydroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 1038-1047, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n420rc>

LIU, Xiaohui et al. QTLs for stomatal and photosynthetic traits related to salinity tolerance in barley. **BMC genomics**, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2017. <https://dx.doi.org/10.1186/s12864-016-3380-0>

LUZ, Jose Magno Queiroz et al. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12544/9749>. Acesso em 14 de ago. 2022.

- 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. Disponível em https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20360500/pdf_pubs/P572.pdf. Acesso em 30 de Ago. 2021.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: Ferri, M. G. 1. Ed. Fisiologia vegetal. São Paulo: Universidade de São Paulo, v. 1, p. 331-350 1979.
- MAHLEYUDDIN, Nisa Najibah et al. Coriandrum sativum L.: A Review on 1038 Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Cardiovascular Benefits. *Molecules*, v. 27, n. 1, p. 1039-209, 2021. <https://doi.org/10.3390%2Fmolecules27010209>
- MANTOVANI, André. A method to improve leaf succulence quantification. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 1, p. 0-0, 1999. <https://doi.org/10.1590/S1516-89131999000100002>
- MARSARO, Ricardo et al. Produção de cultivares de coentro em diferentes telados e campo aberto. **Revista Cultivando o saber**, v. 7, n. 4, p. 43-54, 2014. Disponível em <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/issue/view/36>. Acesso em 09 de Ago. 2022.
- 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>
- MELO, R. A. Caracterização morfológica e molecular em genótipos de coentro (*Coriandrum Sativum* L.) e estudo da viabilidade genética em progênies de meios-irmãos na cultivar Verdão. Recife: UFRPE. 83p (Tese mestrado), 2007. Disponível em <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/6503/2/Roberto%20de%20Albuquerque%20Melo.pdf>. Acesso em 11 de ago. 2022.
- MELO, Roberto de A. et al. Caracterização morfológica de genótipos de coentro. *Horticultura Brasileira*, v. 27, p. 371-376, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000300021>
- MELO, Wyara Ferreira Melo Ferreira et al. A importância nutricional e medicinal do *Coriandrum sativum* L. *Informativo Técnico do Semiárido*, v. 12, n. 2, p. 01-07, 2018. Disponível em <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/8518>. Acesso em 11 de ago. 2022.

MENEZES, Sirleide Maria de et al. Continuous and pulse fertigation on dry matter production and nutrient accumulation in coriander. **Dyna**, v. 87, n. 212, p. 18-25, 2020. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.78569>

MEYER, John E.; WISE, Matthew R.; KALASWAD, Sanjeev. **Pecos Valley aquifer, west Texas: structure and brackish groundwater**. Texas Water Development Board, 2012. https://www.twdb.texas.gov/groundwater/bracs/doc/09062011_PVA_final_rpt.pdf. Acesso em 11 de ago. 2021.

NAKAMURA, Motoka; NOGUCHI, Ko. Tolerant mechanisms to O₂ deficiency under submergence conditions in plants. **Journal of plant research**, v. 133, n. 3, p. 343, 2020. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs10265-020-01176-1>

NAVARRO, Franz EC et al. Physiological aspects and production of coriander using nutrient solutions prepared in different brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 831-839, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n11p831-839>

NAVARRO, Franz Edwin Condor. Cultivo do coentro sob soluções nutritivas preparadas em águas salobras com diferentes predominâncias catiônicas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife-PE, 2021. Disponível em http://www.pgea.ufrpe.br/sites/ww3.pgea.ufrpe.br/files/documentos/dissertacao_franz.pdf. Acesso em 09 de ago. 2022.

NGUYEN, Duyen TP et al. Optimization of photosynthetic photon flux density and root-zone temperature for enhancing secondary metabolite accumulation and production of coriander in plant factory. *Agronomy*, v. 9, n. 5, p. 224, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050224>

OEC - Observatório da Complexidade Econômica. Sementes de especiarias: sementes de coentro. Ano 2022. Disponível em <https://oec.world/en/profile/hs/coriander-seeds>. Acesso em 12 de ago. 2022.

OLIVEIRA, Flávio Gonçalves. Produção relativa do feijoeiro irrigado com água salina. 2006. Disponível em <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/665/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em 30 de Ago. 2021.

OLIVEIRA, Vanuze Costa de et al. Avaliação de clorofila e fotossíntese em plantas de espinafre. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. Disponível em

<https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/593.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2022.

PAULUS, Dalva et al. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, p. 110-117, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100016>

PAULUS, Dalva et al. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 29-35, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100006>

PAVLOVIĆ, Iva et al. Early Brassica crops responses to salinity stress: a comparative analysis between Chinese cabbage, white cabbage, and kale. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 450, 2019. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2019.00450>

PEREIRA, Maria Francisca Soares et al. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 11, 2012. Disponível em <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/issue/view/Edicao%20Especial>. Acesso em 11 de ago. 2022.

POLYCARPO, Julyane Silva Mendes et al. Teores de macronutrientes e sódio em plantas de couve-flor utilizando águas salobras em cultivo hidropônico. IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2019. <http://dx.doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0089>

PRACHAYASITTIKUL, Veda et al. Coriander (*Coriandrum sativum*): A promising functional food toward the well-being. **Food Research International**, v. 105, p. 305-323, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.019>

REBOUÇAS, Jonatas Rafael Lacerda et al. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p624>

REESE, Ronald S. **Hydrogeology and the distribution and origin of salinity in the Floridan aquifer system, southeastern Florida**. US Department of the Interior, US Geological Survey, 1994. <https://pubs.usgs.gov/wri/1994/4010/report.pdf>. Acesso em 11 de ago. 2021.

RHOADES, JD; KANDIAH, A .; MASHALI, AM O uso de águas salinas para a produção de culturas - FAO irrigação e papel de drenagem 48. **FAO, Roma** , v. 133, 1992. Disponível em <http://www.fao.org/3/T0667E/t0667e00.htm>. Acesso em 11 de ago. 2021.

RICHARDS, Lorenzo Adolph. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. LWW, 1954. Disponível em https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf. Acesso em 30 de Ago. 2021.

RUPERTI, Benedetto et al. Flooding responses on grapevine: a physiological, transcriptional, and metabolic perspective. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 339, 2019. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2019.00339>

SAMBO, Paolo et al. Hydroponic solutions for soilless production systems: Issues and opportunities in a smart agriculture perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 923, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>

SANDHU, Devinder et al. Variable salinity responses of 12 alfalfa genotypes and comparative expression analyses of salt-response genes. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-18, 2017. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsrep42958>

SANTOS JÚNIOR, J. Á. et al. Eficiência do uso da água para girassol cultivado em sistema hidropônico sob estresse salino. *Engenharia Agrícola*, v. 33, p. 342-350, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400011>

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, Claudiana Moura dos et al. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, 2011. <https://doi.org/10.5777/paet.v3i3.1269>

SANTOS, José Higino Ribeiro dos; ALVES, José Maria Arcanjo. Biofenologia do coentro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 6, p. 73-78, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061992000100006>

SANTOS, Reginaldo Ferreira et al. Relação entre as vazões de aplicação de solução nutritiva em cultivo de alface hidropônica. **Revista Cultivando o Saber**, v. 4, n. 4, p. 204-216, 2011. Disponível em <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/415>. Acesso em 13 de ago. 2022.

SHAHVERDI, MehdiAghighi; OMIDI, Heshmat; TABATABAEI, SeyedJalal. Plant growth and steviol glycosides as affected by foliar application of selenium, boron, and iron under NaCl stress in *Stevia rebaudiana*Bertoni. **Industrial Crops and Products**, v. 125, p. 408-415, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.029>

SILVA JÚNIOR, Fernando J. da et al. Water relations of chives in function of salinity and circulation frequency of nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 359-365, 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p359-365>

SILVA, Anna CRA 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, Francisco José da; SOUSA, João Alencar de. Coentro (*Coriandrum Sativum* L). in: Hortaliças não-convencionais da amazônia. 1997. Disponível em <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1MenUk3hRgIJ:ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98413/1/Hortalicas-nao-convnecionais.pdf&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em 18 de ago. 2022.

SILVA, Francisco V. da et al. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013. <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i3a1689>

SILVA, Francivaldo Balbino da et al. CONTROLE AUTOMATIZADO DA ÁGUA NO CULTIVO HIDROPÔNICO. Anais III CONAPESC, 2018c. Disponível em <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/43031>. Acesso em 17 de ago. 2022.

SILVA, Jucicléia. Soares. et al. Produção hidropônica de rúcula sob diferentes combinações de água salobra. **Inovagri**, IV Inovagri International Meeting, 2017. <http://dx.doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res3180471>

SILVA, Luiz Gonzaga de Albuquerque; GHEYI, Hans Raj; MEDEIROS, José Francismar de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 11-17, 1999. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v3n1p11-17>

Silva, M. G.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Santos, C. C.; Oliveira, M. G. B. 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>

SILVA, Mairton G. da et al. Growth, production and water consumption of coriander in 1003 hydroponic system using brackish waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 547-552, 2018a. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

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, 2016a. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p447-454>

SILVA, Mairton Gomes da, 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, 2015b. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v9n400319>

SILVA, Vicente de PR et al. Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of 1098 coriander grown in tropical environment. *Horticultura Brasileira*, v. 36, p. 446-452, 2018b. 1099 <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180404>

SOARES, Cláudio Silva; DA SILVA, Jeneilson Alves; DA SILVA, Gildevânio Nunes. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, n. u, 2017. <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2017.001>

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, T. M. et al. Uso de águas salobras em sistemas hidropônicos de cultivo. IN: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **Gheyi, HR; Dias, N. da S.; Lacerda,**

CF de, p. 373-390, 2016. ISBN 978-85-420-0948-4. Disponível em <https://ppgea.ufc.br/wp-content/uploads/2018/04/manejo-da-salinidade-na-agricultura.pdf>. Acesso em 09 de Ago. 2022.

SOARES, Tales M. et al. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 705-714, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700004>

SOBHANI, Zahra et al. Ethnobotanical and phytochemical aspects of the edible herb *Coriandrum sativum* L. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 4, p. 1386-1422, 2022. <https://doi.org/10.1111%2F1750-3841.16085>

SOUZA, Carlos Donato da Silva et al. Nutrient and inorganic solute (Na⁺ and Cl⁻) content in green onion plants under hydroponic cultivation using brackish water. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 44, 2020. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044013320>

STANTON, Jennifer S. et al. **Brackish groundwater in the United States**. US Geological Survey, 2017. <https://doi.org/10.3133/pp1833>

TAIZ L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Lincoln Taiz ... [et al.] ; [tradução: Alexandra Antunes Mastroberti ... et al.] ; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. – 6. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2017. Disponível em <https://www.meulivro.biz/biologia/biologia-vegetal/1467/fisiologia-e-desenvolvimento-vegetal-taiz-6-ed-pdf/>. Acesso em 09 de ago.2022.

TRENDECONOMY - Exportações e Importações Mundiais de Mercadorias por Commodity: Coentro. Ano 2021. Disponível em https://trendeconomy.com/data/commodity_h2/090920. Acesso em 12 de ago. 2022.

TURNER, Ashley J.; ARZOLA, Camila I.; NUNEZ, Gerardo H. High pH Stress Affects Root Morphology and Nutritional Status of Hydroponically Grown *Rhododendron* (*Rhododendron* spp.). **Plants**, v. 9, n. 8, p. 1019, 2020. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fplants9081019>

UITTERHAEGEN, Evelien et al. Characterization of French coriander oil as source of petroselinic acid. **Molecules**, v. 21, n. 9, p. 1202, 2016. <https://doi.org/10.3390%2Fmolecules21091202>

VAN DELDEN, Sander H.; NAZARIDELJOU, Mohammad Javad; MARCELIS, Leo FM. Nutrient solutions for *Arabidopsis thaliana*: a study on nutrient solution composition in

hydroponics systems. **Plantmethods**, v. 16, p. 1-14, 2020. <https://dx.doi.org/10.1186%2Fs13007-020-00606-4>

VASCONCELOS, Leirson Salvador Bezerra de et al. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 11-19, 2014. <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2014.003>

VIANA, Paula Carneiro. Efeito da salinidade sobre a eficiência produtiva do uso da água em couve-folha hidropônica. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2017. Disponível em https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/PAULA_CARNEIRO_VIANA.pdf. Acesso em 14 de ago. 2022.

XI, Jie-Jun et al. Sodium-related adaptations to drought: New insights from the xerophyte plant *Zygophyllumxanthoxylum*. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1678, 2018. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffpls.2018.01678>

YOBBI, Dann K. **Simulation of subsurface storage and recovery of treated effluent injected in a saline aquifer, St. Petersburg, Florida**. US Department of the Interior, US Geological Survey, 1996. <https://doi.org/10.3133/wri954271>