

**ANDREY THYAGO CARDOSO SANTOS GOMES DA SILVA**

**SALINIDADE E VAZÃO DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
CULTIVO DA COUVE DE FOLHA CV. MANTEIGA**

**RECIFE – PE**

**2024**

**ANDREY THYAGO CARDOSO SANTOS GOMES DA SILVA**

**SALINIDADE E VAZÃO DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
CULTIVO DA COUVE-FOLHA CV. MANTEIGA**

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

Orientador: Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

**RECIFE – PE**

**2024**

**SALINIDADE E VAZÃO DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
CULTIVO DA COUVE-FOLHA CV. MANTEIGA**

**ANDREY THYAGO CARDOSO SANTOS GOMES DA SILVA**

Tese \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ pela Banca Examinadora em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

**ORIENTADOR:** \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva  
DEAGRI – UFRPE

**CORIENTADOR:** \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Hammady Ramalho e Soares  
UNINASSAU

**EXAMINADORES:** \_\_\_\_\_

Prof Dr. José Amilton dos Santos Junior  
DEAGRI – UFRPE

Prof Dr. Alexsandro Oliveira da Silva  
DENA – UFC

Profª Dra. Raquele Mendes de Lira  
UAST - UFRPE

Prof. Dr. Alexandre Nascimento dos Santos  
IFAL – MARAGOGI

**RECIFE - PE**

**2024**

## **DEDICO**

*A minha mãe Adriana  
dos Santos Gomes por todo o  
apoio incondicional.*

*A minha irmã Adrian por  
sempre estar comigo e nunca  
desistir de mim.  
A minha noiva Thaís por todo o  
companheirismo e paciência  
durante todo este caminhar.  
A minha filha Maria Helena  
que vem trazendo luz.*

## **OFEREÇO**

*Porque dEle, e por Ele, e para  
Ele são todas as coisas; glória,  
pois, a Ele eternamente.*

**“Romanos 11:36”**

## **AGRADECIMENTOS**

É com imensa satisfação que posso expressar o mais profundo e singelo agradecimento a todos aqueles que tornaram a realização deste trabalho possível.

Quero agradecer primeiramente a Deus, por sempre se fazer presente e me direcionar para os melhores caminhos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e todos os professores da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos e contribuições.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade e receptividade.

A FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante o período de realização do doutorado e auxílio financeiro e pesquisa.

Ao Professor Dr. Ênio Farias de França e Silva pela orientação, confiança e amizade construída.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas sugestões que contribuirão para a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais, por sempre acreditarem em meus sonhos e me ensinarem que é possível realizá-los com perseverança.

A minha irmã, por estar sempre comigo em todos os momentos, sem medir esforços.

A minha noiva Thaís, por todo o suporte dado no dia a dia da Universidade e fora dela, por sempre ver o que há de melhor em mim.

Por fim, todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que esse trabalho fosse realizado.

## RESUMO GERAL

A ausência de águas de boa qualidade, aliada com a alta demanda por produção de alimentos, impulsiona a utilização de reservas de aquíferos subterrâneos, que apresentam características muitas vezes desfavoráveis para culturas agrícolas do ponto de vista salino. A utilização de sistemas hidropônicos permite uma melhor convivência com o estresse salino, além de demais características que favorecem o bom desenvolvimento dos cultivos. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento e as trocas gasosas das plantas de couve-folha cv. Manteiga submetidas ao estresse salino e variações de vazão da solução nutritiva em cultivo hidropônico NFT. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo que os tratamentos consistiram de seis níveis da salinidade da água de irrigação (T1= 0,2; T2= 1,5; T3= 2,5; T4= 3,5 e T5= 4,5 e T6=5,5 dS m<sup>-1</sup>), duas vazões de aplicação de solução nutritiva (V1 = 1,5 e V2 = 2,5 L min<sup>-1</sup>), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Foram avaliados parâmetros biométricos de crescimento e trocas gasosas com avaliações aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o transplântio (DAT), bem como os acúmulos de matéria seca e fresca ao final do ciclo. Os parâmetros de crescimento foram afetados pelo incremento da salinidade, assim como também pelo aumento do fluxo de vazão da solução nutritiva. As trocas gasosas das plantas foram afetadas pela interação entre “salinidade x vazão” com decréscimos fisiológicos observados em função do aumento da salinidade e do fluxo de vazão.

**Palavras – chave:** Salinidade, trocas gasosas, crescimento, irrigação, *Brassica* spp.

## GENERAL ABSTRACT

The absence of good quality water, combined with the high demand for food production, drives the use of underground aquifer reserves, which often present unfavorable characteristics for agricultural crops from a saline point of view. The use of hydroponic systems allows for better coexistence with salt stress, in addition to other characteristics that favor the good development of crops. The present work was developed with the objective of evaluating the growth and gas exchange of cabbage plants cv. Butter subjected to saline stress and nutrient solution flow variations in NFT hydroponic cultivation. The experimental design used was completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme, with treatments consisting of six salinity levels of the irrigation water (T1= 0,2; T2= 1,5; T3= 2,5; T4= 3,5 and T5= 4,5 and T6=5,5 dS m<sup>-1</sup>), two application rates of nutrient solution (V1 = 1,5 and V2 = 2,5 L min<sup>-1</sup>), with four repetitions, totaling 48 experimental plots. Biometric parameters of growth and gas exchange were evaluated at 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after transplanting (DAT), as well as the accumulation of dry and fresh matter at the end of the cycle. The growth parameters were affected by the increase in salinity, as well as by the increase in the flow rate of the nutrient solution. Plant gas exchange was affected by the interaction between “salinity x flow rate” with physiological decreases observed as a function of increased salinity and flow rate.

Keywords: Salinity, gas exchange, growth, irrigation, Brassica spp.

## Sumário

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA .....	11
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. OBJETIVO GERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3. HIPÓTESES .....	14
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
4.1. A CULTURA DA COUVE DE FOLHA .....	14
4.2. QUALIDADE DE E USO DE ÁGUAS SALOBRAS NA AGRICULTURA 16	
4.3. CULTIVOS HIDROPÔNICOS COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS.....	18
4.6. A IMPORTÂNCIA DO PH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVOS HIDROPÔNICOS .....	23
4.7. EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO DAS PLANTAS 25	
4.8. EFEITOS DOS SAIS SOBRE AS RELAÇÕES HÍDRICAS .....	25
4.9. EFEITOS DOS SAIS SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS .....	26
4.10. EFEITOS SOBRE A DINÂMICA NUTRICIONAL.....	27
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
CAPÍTULO II - CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE COUVE FOLHA COM O USO DE ÁGUAS SALOBRAS E VAZÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	40
CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE COUVE FOLHA COM O USO DE ÁGUAS SALOBRAS E VAZÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	41
GROWTH DYNAMICS AND YIELD OF CABBAGE PLANTS USING BRACKET WATER.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	44
2.1. Delineamento experimental e tratamentos .....	46
2.2. Estrutura de plantio.....	47
2.3. Determinação das variáveis de crescimento e rendimento da couve-folha....	48
2.4. Análise estatística .....	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÕES .....	58
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

CAPÍTULO III: TROCAS GASOSAS DA COUVE FOLHA SUBMETIDA AO ESTRESSE SALINO E VAZÕES DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.	61
TROCAS GASOSAS DA COUVE FOLHA SUBMETIDA AO ESTRESSE SALINO E VAZÕES DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	62
GAS EXCHANGE OF CABBAGE LEAF SUBJECTED TO SALINE STRESS AND NUTRITIONAL SOLUTION APPLICATION FLOWS	63
1. INTRODUÇÃO	64
2. MATERIAL E MÉTODOS	66
2.1. Localização dos experimentos	66
2.2. Estrutura experimental	66
2.3. Delineamento experimental e tratamentos	67
2.4. Avaliação das trocas gasosas nas plantas	70
2.5. Análise estatística	70
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4. CONCLUSÕES	78
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

## **CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em diversas regiões do Brasil, a irregularidade e as baixas taxas de precipitação pluviométrica, aliadas às elevadas temperaturas e alta demanda evaporativa, favorecem a escassez de águas superficiais. Tais condições dificultam a implantação de sistemas convencionais de produção agrícola, e demandam o aproveitamento de fontes alternativas, tendo em vista a necessidade de relevantes quantidades de água, que, por consequência, dificultam a geração de renda e o estabelecimento de condições que promovam uma melhor qualidade de vida aos habitantes dessa região.

O uso de água subterrânea salobra para a agricultura, em condições não adequadas, pode acarretar prejuízos ao meio ambiente, promovendo a salinização dos solos e, como consequência, proporcionar perdas no crescimento e na produção agrícola (DIAS et al., 2021). As plantas submetidas às condições salinas sofrem com a influência do componente osmótico, o que reflete em uma redução da absorção de água e de nutrientes. Ademais, através da influência do componente iônico, podem ocorrer acúmulos de íons específicos em seus tecidos vegetais, causando problemas de toxicidade ou distúrbios nutricionais das plantas, de forma a refletir diretamente no metabolismo e desenvolvimento (PINHEIRO et al., 2022).

Como alternativa para utilização de águas salobras em atividades agrícolas, o uso de sistemas hidropônicos tem sido cada vez mais aceito, com o propósito de reduzir os efeitos deletérios dos sais nas culturas, além do aproveitamento de áreas não agricultáveis em virtude do processo contínuo de salinização dos solos. Diante disto, a possibilidade de produção em pequenas áreas se caracteriza como uma alternativa importante frente às adversidades de cultivo encontradas em solos salinizados.

Nesse sentido, alguns pesquisadores têm desenvolvido estudos que indicam a hidroponia como uma alternativa para a produção de plantas, mesmo com a utilização de águas salobras (CAVALCANTE et al., 2019; SOARES et al., 2019; SOARES et al., 2020;). Em sistemas hidropônicos, a resposta das plantas sob condições salinas é superior ao cultivo em solo devido à pouca representatividade do potencial mátrico, um dos responsáveis pela diminuição da energia livre da água.

O conhecimento da composição química da água subterrânea a ser utilizada no preparo da solução nutritiva é extremamente importante e a concentração de sais presente na água é um dos principais fatores que torna seu uso restritivo ao desenvolvimento das plantas. A concentração de sais pode ser determinada indiretamente pela condutividade

elétrica do meio aquoso, sendo esse parâmetro mais usado como indicador de salinidade. A viabilidade de exploração e o manejo a ser adotado para o uso de uma determinada água tem influência direta na magnitude deste parâmetro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

Os efeitos da salinidade nas plantas são observados de maneira direta a partir da redução de seu crescimento, desenvolvimento e produção. Entretanto, a resposta das plantas as condições de estresse compreendem uma modificação muito maior de sua estrutura. Desta forma, a compreensão dos processos fisiológicos subjacentes aos danos provocados por estresse e dos mecanismos de adaptação e aclimação das plantas ao estresse salino é de grande relevância para a agricultura e meio ambiente.

A cultura da couve folha é classificada como moderadamente suscetível ao estresse salino, apresentando uma salinidade limiar de  $1,8 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica do extrato de saturação. Contudo, em sistemas hidropônicos, o cultivo da couve-folha carece de mais estudos acerca do seu desenvolvimento e manejo adequado.

Dentre os fatores que influenciam em sua produção e desenvolvimento, destaca-se a temperatura, a demanda hídrica, disponibilidade de nutrientes e a salinidade do meio de cultivo. A tolerância a salinidade leva em consideração um limiar de concentração salina, bem como o estágio de desenvolvimento da planta, o tipo de sal presente e do manejo adotado (MAAS & HOFFMAN, 1977).

Muitos questionamentos podem ser levantados acerca do cultivo de couve-folha em sistemas hidropônicos com o uso de águas salobras, sobretudo com relação a minimização dos efeitos deletérios da salinidade nas características morfológicas e fisiológicas das plantas. O manejo adequado pode promover o aproveitamento de águas salobras para esta cultura, podendo criar oportunidades de incrementar a renda dos produtores, bem como aumentar a oferta de alimento aos moradores de comunidades localizadas distante dos centros urbanos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GERAL**

Analisar o potencial de uso de águas salobras em sistema hidropônico nos aspectos agronômicos e fisiológicos da cultura da couve folha em hidroponia NFT em função do uso de águas salobras e das vazões de aplicação da salinidade desta solução.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre as trocas gasosas, a partir da quantificação da quantidade de CO<sub>2</sub> (Ci) absorvida, condutância estomática (g), taxa transpiratória da planta (E) e fotossíntese líquida (A);

Avaliar o efeito do uso de águas salobras utilizadas sobre a dinâmica de crescimento da couve-folha;

Avaliar a influência da variação de vazões de aplicação e sua relação com a potencialização ou não dos efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas de couve-folha.

## **3. HIPÓTESES**

O incremento de salinidade na água mesmo em sistema hidropônico NFT promove efeitos deletérios nos parâmetros de crescimento das plantas de couve-folha;

As características fisiológicas são influenciadas negativamente pelo aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva;

As vazões de aplicação da solução nutritiva não interferem sobre os parâmetros analisados.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1.A CULTURA DA COUVE DE FOLHA**

A couve de folha (*Brassica oleracea* L.), hortaliça anual ou bienal, da família Brassicacea, também conhecida como couve-comum ou couve-manteiga, é originária do continente europeu (Filgueira, 2013). Seu consumo vem aumentando de maneira gradativa devido, provavelmente, às novas maneiras de utilização na culinária e quanto às suas propriedades nutricionais e medicinais. Comparativamente a outras hortaliças, a couve destaca-se quanto ao maior conteúdo de proteínas, carboidratos, fibras, cálcio, ferro, iodo, vitamina A, niacina e vitamina C (Silva et al. 2020).

A cultura tem estado presente na agricultura familiar brasileira principalmente pela sua facilidade de propagação, e tem sido classificada pela população pela diversidade de aparência, cor e textura da folha. Observa-se também, que a característica “tipo manteiga”, se refere à maciez da folha ao tato e ao tempo de cozimento, podendo ocorrer tanto em variedades de folhas de cor verde-clara até aquelas de coloração verde-escura (Filgueira 2013; Noboa et al.,2019).

Dentre as principais cultivares utilizadas comercialmente, destacam-se as cultivares “Manteiga de Ribeirão Pires”, “Manteiga de Jundiá”, “Manteiga de São José”, “Orelha de Elefante” sobretudo quanto ao número de folhas por planta, tamanho, aspecto e sabor agradáveis (KORUS, 2013).

A couve é uma cultura típica de outono-inverno, bem adaptada ao frio intenso e resistente à geada. No verão se desenvolve bem em áreas serradas, com altitudes acima de 800 m. De maneira geral, a produção da couve é melhor quando as temperaturas médias mensais se situam entre 16 e 22°C, com temperaturas mínimas de 5 a 10°C e temperaturas máximas de 28°C (KORUS; LISIEWSKA, 2009). Na ocorrência de temperaturas acima desse valor poderá haver danos no desenvolvimento das plantas, acarretando prejuízos com relação à produção comercial.

As cultivares de couve do tipo manteiga apresentam diferentes padrões de altura, sendo classificadas como média a alta, as plantas com tamanho entre 40 e 80 cm de altura e altas as que possuem acima de 90 cm (NOVO et al., 2010). As plantas são tutoradas quando possuem entre 60 e 100 cm de altura, as quais em geral estão na fase de colheita. Do ponto de vista nutricional, possui elevado teor de água, flavonoides, proteínas, fibras, vitaminas e nutrientes minerais, baixas propriedades calóricas, carboidratos e lipídeos (TRANI et al., 2015).

Ayaz et al. (2006) descreveram que a composição mineral de folhas de couve apresenta 19,7 mg g<sup>-1</sup> de cálcio (Ca), sendo este o macronutriente de maior concentração, seguido por potássio (K) e fósforo (P), com 13,5 mg g<sup>-1</sup> e 5,73 mg g<sup>-1</sup> respectivamente. Entre os micronutrientes os mais abundantes são o ferro (Fe), com 72,6 µg g<sup>-1</sup>, manganês (Mn) com 53,5 µg g<sup>-1</sup> e zinco (Zn) com 39,4 µg g<sup>-1</sup>.

A colheita é realizada a cada 7-10 dias em uma mesma planta, sendo retiradas as folhas bem desenvolvidas e que estejam no tamanho exigido pelo mercado (20-30 cm de comprimento). Estas devem ser colhidas puxando seus pecíolos (talos) para baixo, com o objetivo de destacá-los junto ao ponto de inserção com o caule. A produtividade média

da couve é de 3 a 5 kg de folhas por planta, durante o ciclo de 6 a 8 meses (KORUS, 2014).

A cultura da couve folha é classificada como moderadamente suscetível ao estresse salino, apresentando uma salinidade limiar (ou limite) de  $1,8 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica do extrato de saturação. Contudo, a tolerância das plantas a salinidade pode variar por diversos fatores, como a natureza catiônica dos sais, o tempo de exposição das plantas à salinidade e o estágio fisiológico da cultura. O sistema de cultivo hidropônico permite uma melhor tolerância das plantas a salinidade, visto que a influência da energia do potencial mátrico é minimizada (SOARES ET AL., 2020; NAVARRO et al., 2022).

As plantas, quando submetidas ao estresse salino, podem apresentar diferentes respostas, sendo esse fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos. As alterações no metabolismo induzidas pela salinidade são resultado de várias respostas fisiológicas da planta, dentre as quais se destacam as modificações no crescimento, comportamento estomático e capacidade fotossintética (Silva et al., 2023).

#### **4.2. QUALIDADE DE E USO DE ÁGUAS SALOBRAS NA AGRICULTURA**

A escassez de água representa uma das grandes preocupações enfrentadas pelo mundo contemporâneo, não só em termos de quantidade, mas também em qualidade, com impactos diretos no bem-estar dos povos, no funcionamento dos ecossistemas e no desenvolvimento socioeconômico. A população mundial continua crescendo, e assim aumentando a demanda por água em seus usos distintos – consumo humano, agricultura, saneamento e indústria (CABRAL et al., 2019).

Atualmente, cerca de 8,7% da superfície terrestre do mundo e entre 20% e 50% das terras agrícolas estão ameaçadas pela salinização (ONU, 2021). Os problemas associados à salinização da água são diversos e com diferentes consequências. A salinização antropogênica interrompe as funções e serviços do ecossistema, degrada os sistemas biológicos e pode afetar negativamente a saúde e o bem-estar humanos (HASSANI et al., 2021).

A região nordeste é composta por 1189 municípios localizados no semiárido, com destaque para presença de oito dos nove estados da região, e é caracterizada pela pouca precipitação e alta demanda evaporativa. Os principais problemas socioeconômicos encontrados na região estão relacionados muito mais pela má distribuição espacial e

temporal das chuvas do que pela insuficiência global deste recurso (SUDENE, 2017). Desta forma, se faz necessário maior atenção para alternativas de manejo visando aumentar a eficiência do uso da água como também a procura por fontes alternativas de água tanto para o uso pessoal como para o desenvolvimento agrícola da região.

A utilização de águas provenientes de fontes alternativas é impulsionada pela crescente demanda para produção agrícola, o que tem propiciado um aumento do uso de águas com características desfavoráveis. Com cerca de 85% da região semiárida localizada sobre rochas cristalinas (SUDENE, 2017), as águas subterrâneas atuam preenchendo as zonas de fraqueza das rochas, formando um aquífero fissural que, embora seja em geral referido como de baixo potencial hidrológico e com problemas de salinização, tem um papel muito importante no suprimento de água para produção rural, notadamente naqueles setores fora da área de influência de reservatórios superficiais ou barragens.

Dessa forma, diante da escassez de águas superficiais e de boa qualidade, a utilização de águas salobras para cultivos agrícolas constitui-se como fonte hídrica prioritária (MESQUITA et al., 2020; SALES et al., 2021). O processo de salinização está intimamente ligado ao uso extensivo de irrigação artificial com manejo inadequado, que, em combinação com estações de secas prolongadas, rapidamente transforma áreas produtivas em áreas desertificadas (SILVA et al., 2019). O uso da irrigação associado com a utilização de águas salobras pode representar um risco ainda maior para a produção agrícola das culturas além dos impactos ambientais promovidos pela salinização contínua dos solos (KUMAR et al., 2015; LI et al., 2015).

Diante do exposto, o conhecimento da qualidade da água é um fator preponderante para sua utilização. Diversos trabalhos atestam que a concentração e composição de sais das águas é o principal fator que torna o seu uso restritivo, sendo primordial o conhecimento da condutividade elétrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) como ferramenta para planejar a melhor forma de exploração e manejo (ANDRADE JUNIOR et al., 2006; AYERS & WESTCOT, 1999).

Alguns trabalhos são elaborados buscando quantificar o teor de sais presentes na água de irrigação e desta forma estabelecer padrões de uso. Costa et al. (2006), estudando os aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no Estado do Rio Grande do Norte, observaram que a condutividade elétrica, num contexto geral (espacial), variou de 0,03 a 24,32  $\text{dS m}^{-1}$ , com um valor médio de 4,36  $\text{dS m}^{-1}$  e um desvio padrão de 4,49.

Santos (2009), avaliando a composição química das águas de cinco diferentes poços tubulares para uso em cultivo hidropônico, exploradas de aquífero cristalino distribuídos no Município de Ibirimir, região semiárida do Estado de Pernambuco também registrou variações da condutividade elétrica dessas águas, com valor de 1,70 e 11,22 dS m<sup>-1</sup> para a menor e a maior leitura de condutividade elétrica entre os poços analisados, respectivamente, sendo o valor médio de 5,96 dS m<sup>-1</sup>.

Amaral; Ferreira & Navoni (2021) ao avaliar a dinâmica dos corpos hídricos subterrâneos do Rio Grande do Norte, observaram uma grande probabilidade de salinização das reservas de águas subterrâneas (43%), com as concentrações de pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) acima dos limites toleráveis pela maioria das culturas. A maior parte das restrições de uso foram relacionadas à atividade de irrigação, visto que o uso inadequado dessas fontes hídricas tende a acelerar o processo de degradação ambiental em virtude da salinização dos solos.

Alguns países já possuem instalações agrícolas em que as culturas são irrigadas com águas salobras. Várias são as estratégias de manejo estudadas para utilização de águas salobras na agricultura. Dentre essas, pode-se citar a escolha de espécies tolerantes a salinidade, a mistura e a substituição de águas de diferentes qualidades, as práticas de manejo da irrigação e o manejo do solo, utilização de sistemas diferenciados de cultivo, entre outras (ZELM; ZHANG; TESTERINK, 2020).

#### **4.3.CULTIVOS HIDROPÔNICOS COM USO DE ÁGUAS SALOBRAS**

O cultivo em sistemas hidropônicos vem se destacando por apresentar ganhos de produtividade e qualidade devido às possibilidades de controle microclimático. Os sistemas de produção são intensivos e competitivos, resultando em aumento da produtividade, redução na sazonalidade da produção, segurança da produção e uso racional da água e dos nutrientes (MALLER et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2023; VIOL et al., 2017).

O processo contínuo de salinização dos solos, observado principalmente em regiões semiáridas, tem tornado o uso de sistemas hidropônicos como ferramenta comum para continuidade dos cultivos. Desta forma, vários pesquisadores têm somado esforços para gerar informações que colaborem com a difusão dessa técnica, sendo o principal foco destes estudos a relação da produção de plantas em sistemas hidropônicos com o uso de água salobra (CAVALCANTE et al., 2019; SILVA et al., 2018; SOARES et al., 2019; SOARES et al., 2020).

A utilização de águas salobras em cultivo hidropônico é baseada na influência mínima do potencial mátrico nesse modelo de cultivo. Essa componente é uma das principais responsáveis pela diminuição da energia livre da água no solo (SOARES et al., 2007), o que faz com que as plantas tenham uma maior dificuldade na absorção de água sob condições de solos salinizados. Enquanto a tensão da água no solo aumenta entre um evento de irrigação e outro, o que se percebe no monitoramento com tensiômetros (SANTOS & PEREIRA, 2004), na hidroponia a tensão tende a nulidade, pois o meio é saturado com água e neste cultivo os eventos de irrigação são repetíveis em alta frequência.

Em razão da boa resposta observada em sistemas hidropônicos, muitos autores têm realizado pesquisas e constatado uma maior tolerância à salinidade pelas plantas, acrescentando a esse sistema de cultivo mais essa vantagem o que pode potencializar o aproveitamento das escassas reservas hídricas de regiões semiáridas, em que as águas possuem concentrações de sais que restringem a irrigação no cultivo em solo (GARTMAN et al., 2023; SABZIAN et al., 2021).

Diversas técnicas hidropônicas utilizadas no cultivo de plantas com água salobra apresentam diferenças quanto a forma de aplicação da solução nutritiva, que influenciam na distribuição de água e nutrientes às plantas e apresentam variabilidade de eficiência, a depender das condições locais de cultivo. (SILVA et al., 2022).

A técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT), é um modelo de sistema hidropônico mais difundido e utilizado no mundo, sendo caracterizado pela aplicação e circulação da solução nutritiva em canais de cultivos próximos da zona radicular das plantas, com frequências de irrigação e intervalos programados (Cooper, 1996). NFT é um sistema hidropônico fechado cuja solução nutritiva é bombeada de um reservatório, passando através do sistema radicular das plantas nos canais e retornando aos reservatórios por energia gravitacional (Faquin & Furlani, 1999; Santos 2000; Helbel Júnior, 2004).

Neste sistema, o sistema radicular das plantas é imerso na solução nutritiva sob determinada vazão, que por sua vez não deve imergir todo o sistema radicular na mesma, visto que se faz necessário que uma parte das raízes não fiquem submersas para absorver oxigênio (Staff, 1998). No entanto, apenas a solução nutritiva acumulada nos reservatórios pode não conter oxigênio suficiente para a respiração adequada das plantas.

Nesse caso, se faz necessário a diluição da solução nutritiva para permitir uma respiração adequada. Além disso, a circulação da solução nutritiva sob regimes turbulentos apresenta um papel essencial no processo de oxigenação do fluido (Carmelo, 1996), considerando que a distribuição de O<sub>2</sub> é desuniforme na solução que passa pelos canais produtivos. Portanto, quanto maior for a área de regime turbulento e a quantidade de água envolvida no movimento, melhor será a resposta das trocas gasosas (O<sub>2</sub> entrando na solução e CO<sub>2</sub> saindo para atmosfera).

Por outro lado, pouco ainda é conhecido acerca da influência da vazão da solução nutritiva em sistemas hidropônicos nas culturas de maneira geral. Esse tipo de informação é extremamente importante, visto que a vazão de circulação da solução é responsável pela condução de água, nutrientes e oxigênio para as culturas, que normalmente não dispõem de adaptações aquáticas (plantas aquáticas) (Rodrigues, 2002). Nesse sentido, podemos concluir que a taxa ideal (ou vazão ideal) do fluxo de nutrientes será capaz de alimentar as plantas melhor, permitindo maiores e mais rápidos crescimentos das culturas. Entretanto, a vazão também interfere no consumo de energia elétrica dos sistemas hidropônicos, razão pela qual muitos estudos, voltados principalmente para determinação de vazões adequadas, costumam trabalhar entre 1,5 a 2,0 L.min<sup>-1</sup>

#### **4.4.CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DAS RESERVAS DE ÁGUAS SALOBRAS UTILIZADAS EM CULTIVOS HIDROPÔNICOS**

No semiárido brasileiro, mais precisamente no semiárido nordestino, os reservatórios de água com maior capacidade geralmente apresentam água de boa qualidade, com pequena variação ao longo do ano.

Alguns pesquisadores realizaram trabalhos visando caracterizar as fontes de águas subterrâneas presentes na região semiárida. Medeiros (1992), ao avaliar as águas utilizadas na irrigação nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, observou variações pertinentes durante o ano, especialmente naquelas oriundas de poços naturais, em leitos de rios/riachos e pequenos e médios açudes.

Em levantamentos de avaliação de qualidade de água para irrigação realizados em Estados do Nordeste e considerando como de boa qualidade as que apresentam níveis de salinidade entre baixo e médio, foram observados os seguintes percentuais para as fontes incluídas nessa categoria: 74,3% na microrregião homogênea de Catolé do Rocha na Paraíba (COSTA & GHEYI, 1984); 64% no sertão de Pernambuco (Nunes Filho et al.,

1991); 71,9 a 75% no Seridó e Zona Oeste do Rio Grande do Norte (Pereira et al., 1992; Martins, 1993); 75% nas pequenas propriedades irrigadas do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (Medeiros, 1992).

Silva Jr. et al. (1999), ao avaliar a qualidade de águas do cristalino dos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, concluíram que as águas de maneira geral apresentam predominância de cloreto de sódio com poucas restrições de uso voltadas para irrigação. Da mesma forma, Morais et al. (1998) ao trabalhar com amostras de 5 anos (1990-1995) provenientes de aquíferos do Rio Grande do Norte observaram que 73,08% são de salinidade média a baixa, porém apresentaram um relativo risco de toxidez de sódio ou cloreto (60%).

Medeiros et al. (2003) afirmam que as fontes de água subterrânea da zona produtora de melão da chapada do Apodi, estados do Ceará e Rio Grande do Norte, apresentam níveis elevados de salinidade, altas concentrações de cloreto, baixa sodicidade e elevada alcalinidade. No mesmo sentido, Andrade Jr. et al. (2006) avaliando águas de 225 poços de 29 municípios do Piauí concluíram que os situados na formação Serra Grande são de alta vazão com baixa concentração de sais, não apresentando restrição para uso em irrigação. Por outro lado, os situados no embasamento cristalino do município de Simões apresentam alta salinidade.

Estudos realizado por Silva et al. (2007) avaliando a qualidade da água de poços de bacias sedimentar e do cristalino no estado do Ceará, mostram a predominância de embasamento cristalino, que sugere baixa disponibilidade de águas de substrato, a exploração deste recurso vem aumentando continuamente em razão de pressões de demanda. Os autores verificaram que os poços localizados no cristalino cearense possuem vazão específica em torno de 13% do valor observado em poços localizados em bacias sedimentares.

Os poços deste tipo litológico são 35% mais profundos que os de embasamento cristalino. As águas de poços do cristalino possuem maior conteúdo salino que as de litologia sedimentar. No cristalino, o grau de conformidade com padrões de potabilidade atinge a 47%, enquanto em bacia sedimentar chega a 90%. Para uso agrônômico, as águas subterrâneas do cristalino são mais restritivas, porém o risco de sodicização do solo não é tão alto. Maior atenção deve ser dada à toxicidade do íon cloreto nas águas desta litologia. Exige-se um manejo cuidadoso, com cultivo de culturas adequadas e monitorização do solo.

Pode-se verificar que, cerca de 70% das fontes de água avaliadas em Estados do Nordeste foram consideradas de boa qualidade para irrigação. Considerando apenas esse aspecto poderia se esperar que as áreas irrigadas com águas dessa qualidade não desenvolvessem problemas por acumulação de sais, o que não é verdade. Estima-se entre 25 a 30% dos perímetros irrigados do Nordeste são salinizadas (Goes, 1978; Cordeiro & Millar, 1978). Este fato deve-se essencialmente ao manejo de irrigação adotado, sob condição de intensa evaporação e drenagem deficiente, em solos de textura franco siltosa a argilosa, predominantes nas áreas de aluviões, onde se concentra a maioria dos perímetros irrigados.

No que se refere ao aproveitamento de águas salobras em sistemas hidropônicos e determinação do comportamento das plantas, diversos pesquisadores têm estudado de maneira intensa essa temática e trazido algumas vantagens inerentes ao uso da hidroponia. Lacerda et al. (2021) e Tavares Filho et al. (2022) relatam que a principal dificuldade de agricultores da região Nordeste Brasileira está na disponibilidade de águas superficiais, o que tem refletido em produções limitantes das culturas aproveitadas na região, especialmente para os pequenos agricultores.

Juntamente com Verdoliva et al. (2021), os autores atestam sobre a disponibilidade de águas de fontes subterrâneas e que os sistemas hidropônicos surgem como uma opção viável e que tem apresentado resultados satisfatórios especialmente no cultivo de diversas hortaliças e demais culturas olerícolas. Dentre as vantagens, é possível citar a melhor eficiência do uso da água e de nutrientes e uma boa convivência com o estresse salino.

#### **4.5. VAZÃO DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS**

A solução nutritiva é um parâmetro de grande importância dentro dos sistemas hidropônicos. Responsável por conferir a planta todo o aporte nutricional, o seu manejo de maneira assertiva tende a garantir uma boa produtividade das culturas além de um produto de qualidade (ANDRIOLO, 2002). Dalastra et al. (2017) afirmam que além da questão de fornecimento de nutrientes, o estudo da vazão da solução nutritiva é importante para evitar problemas de superaquecimento da solução em transporte para as plantas.

Genuncio et al. (2011) ao avaliarem a produtividade da rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões da solução nutritiva, puderam observar

acréscimos de biomassa de parte aérea nas plantas submetidas às vazões de 1,0 e 1,5 L min<sup>-1</sup> em comparação a vazão de 0,5 L min<sup>-1</sup>. Os autores atribuíram esse comportamento a maior disponibilidade de nutrientes, ocasionado pelo fluxo de massa na região da rizosfera, e possível incremento na absorção de nutrientes e oxigênio pela rúcula, com consequente crescimento da parte aérea. Além disso, o aumento da vazão da solução pode ter levado a menores temperaturas de solução nutritiva, comportamento este também observado por Dalastra et al. (2017) em seu trabalho.

Ao avaliarem a relação entre as vazões (0,5, 1,0 e 1,5 L min<sup>-1</sup>) de aplicação de solução nutritiva de 1,2 dS m<sup>-1</sup> em cultivo de alface hidropônico, Santos et al. (2011) verificaram que as três vazões utilizadas atenderam às necessidades das plantas, com destaque para a vazão de 1,5 L min<sup>-1</sup> que apresentou a maior massa, seguida da vazão de 1,0 L min<sup>-1</sup> e por último a vazão de 0,5 L min<sup>-1</sup>. Nesse caso os autores justificaram também que a maior disponibilidade de nutrientes presentes na rizosfera das plantas proporcionou um maior ganho de produtividade.

Na hidroponia, a utilização de uma vazão adequada da solução nutritiva além de nutrir melhor as plantas, podem também interferir em diversos fatores como no consumo de energia elétrica e no oxigênio dissolvido (DALASTRA et al., 2020). Outro parâmetro importante é a pressão e controle da vazão ao longo dos canais de cultivo. 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 (SANTOS et al., 2011).

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<sup>-1</sup>) e duas vazões de aplicação da solução nutritiva (1,5 e 2,5 L min<sup>-1</sup>), Polycarpo et al. (2019) verificaram que ambas as vazões elevaram a condutividade elétrica da solução nutritiva nos dois maiores níveis de salinidade da água utilizada (4,5 e 5,5 dS m<sup>-1</sup>), porém, na vazão de 2,5 L min<sup>-1</sup> e, para os mesmos níveis, os acréscimos na condutividade elétrica da solução foram mais acentuados.

#### **4.6.A IMPORTÂNCIA DO PH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVOS HIDROPÔNICOS**

Em sistemas hidropônicos de cultivo, os nutrientes são disponibilizados através da solubilização de fertilizantes na água, na preparação da solução nutritiva, e fornecidos via irrigação. A escolha das fontes e quantidades a serem utilizadas dependem de vários

fatores, destacando-se o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva como parâmetros primordiais no preparo e manejo da solução nutritiva (RESH, 2012).

O pH é um parâmetro importantíssimo no manejo da solução nutritiva e o uso de valores de inadequados nas soluções podem resultar em alterações na composição da solução devido à precipitação (LI et al., 2018). Furlani et al. (1999) afirmam que quando o pH está entre 4,0 e 7,0 não há grandes prejuízos para os cultivos hidropônicos. Todavia, valores entre 5,5 e 6,5 tendem a apresentar melhores resultados visto que nesta faixa os nutrientes se encontrarão em um melhor grau de disponibilidade para as plantas (OLIVEIRA et al., 2022; WORTMAN, 2015).

Diversos fatores podem levar à variação do pH em soluções nutritivas, sendo este fato bastante comum dentro dos cultivos hidropônicos. Podemos citar como principais fatores de mudanças as altas temperaturas, variação do pH da água, liberação de íons pelas raízes e diferentes fontes de fertilizantes utilizados na preparação da solução. Maciel et al. (2012), Silva et al. (2015) e Cova et al. (2017) observaram flutuações de pH na solução nutritiva entre 5,5 e 6,5, justificadas devido ao baixo poder tampão das soluções nutritivas. Como as mesmas não apresentam capacidade tampão, sua acidez ou alcalinidade necessita ser diariamente controlada para uma faixa de pH adequada, através da adição de uma solução básica ou ácida, respectivamente (BRACCINI et al., 1999).

A condutividade elétrica é uma medida indireta para medir a concentração de sais, e dessa forma monitorar as soluções nutritivas. Liopa - Tsakalidi et al. (2015) atestam para a importância do monitoramento da condutividade elétrica, visto que seu aumento tende a reduzir o rendimento das culturas. Diante de sua importância, é recomendável que a CE seja mantida em níveis minimamente aceitáveis. Ayers & Westcot (1999) relatam que até  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  as plantas apresentam bom desenvolvimento em sistemas hidropônicos.

Contudo, a condutividade elétrica é uma medida indiscriminada que apenas indica a concentração total dos sais não fornecendo informações suficientes para entender os desequilíbrios iônicos induzidos pela absorção de nutrientes nas plantas. Existem uma série de aspectos a serem considerados juntamente com a condutividade elétrica para que possa ser compreendido o desenvolvimento das plantas, dentre elas: a quantidade de íons absorvidos pelas plantas, a natureza catiônica dos sais presentes na solução e a fase fenológica da cultura (CHO et al., 2018).

Os nutrientes podem ser absorvidos em diferentes quantidades, de acordo com as condições em que a planta se encontra. Para se obter alta produtividade das plantas, além do monitoramento adequado do pH e da salinidade, os nutrientes devem ser

fornecidos em quantidades e proporções adequadas em todas as fases de seu ciclo. Portanto, além o uso de uma solução nutritiva que atenda às exigências nutricionais da cultura é o primeiro passo para o sucesso do cultivo hidropônico (DINIZ et al., 2015).

#### **4.7.EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE O CRESCIMENTO DAS PLANTAS**

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas em todo o mundo, sendo observados efeitos deletérios entre os mais variados órgãos das plantas, decorrentes principalmente da irrigação com águas de elevados níveis de salinidade, e do consequente acúmulo de sais no meio de cultivo (FREIRE et al., 2011).

Oliveira et al. (2024), com base em diversos trabalhos descritos, descrevem os principais componentes responsáveis pela limitação de crescimento das plantas em função das altas concentrações de sais. O primeiro componente é o osmótico, visto que a redução deste potencial diminui a absorção de água pelas plantas em função do acúmulo de solutos. O segundo é o surgimento de desequilíbrios nutricionais que podem influenciar a absorção e translocação de outros elementos que afetam o crescimento das plantas.

Diversas pesquisas vem sendo realizadas e é praticamente um senso comum o efeito negativo da salinidade sobre o crescimento das culturas agrícolas. Reduções na área foliar e no acúmulo de matéria seca foram observadas por Medeiros et al. (2012) na cultura do melão em função do incremento da condutividade elétrica da água de irrigação. Da mesma forma, Dias et al. (2019) constatou reduções na matéria fresca, área foliar e número de folhas da cultura da rúcula. Os autores relatam que a dinâmica de crescimento das plantas apresenta uma variabilidade em função do estágio de crescimento, tempo de exposição à salinidade, tipo de substrato e sistema de produção.

A redução dos parâmetros de crescimento das plantas é um reflexo da redução do potencial hídrico do meio, forçando a planta ao ajustamento osmótico, além de provocar alterações hormonais e nutricionais que interferem nos processos de alongamento e divisão celular e por consequência no desenvolvimento da planta (PEÇANHA et al., 2017; TAIZ & ZEIGER, 2013).

#### **4.8.EFEITOS DOS SAIS SOBRE AS RELAÇÕES HÍDRICAS**

A água é o principal recurso utilizado no desenvolvimento das plantas, considerada como principal fator limitante de produtividade, principalmente na região

semiárida. A relação água-planta é um dos principais parâmetros que explicam o comportamento das plantas em termos de controle da hidratação de suas células, que é essencial nos processos fisiológicos e metabólicos que determinam a quantidade e a qualidade do crescimento das plantas (ACOSTA-MOTOS et al., 2017).

O componente osmótico é o principal responsável pelas derivações existentes nas relações hídricas das plantas. O aumento da concentração de solutos reflete em uma série de alterações morfológicas, que partem do declínio do potencial hídrico foliar, redução da assimilação de CO<sub>2</sub> e desbalanço nutricional (AHMED et al., 2020).

Em determinadas situações, o aumento da pressão osmótica causada pelo excesso de sais solúveis poderá atingir um nível em que as plantas não terão forças de sucção suficientes para superá-la. Nestes casos, ocorre o fenômeno chamado de plasmólise, que é a perda de água através das células e tecidos das plantas para o meio externo. Ademais, em virtude do estresse hídrico imposto, as plantas ainda podem continuar perdendo água por transpiração, fenômeno este denominado de seca fisiológica, o que reflete em uma queda vertiginosa do crescimento e da produção (MARTINS et al., 2019).

Santos Junior et al. (2014) observaram que as relações hídricas foram prejudicadas em função do aumento da salinidade da solução nutritiva a partir da diminuição do consumo hídrico e da eficiência do uso da água em função da produção da biomassa da planta. Os autores relatam que apesar da redução do consumo hídrico, a elevada quantidade de solutos presentes não possibilitou um melhor aproveitamento da água. Cruz et al. (2018) trabalhando com a couve-flor observaram reduções nos potenciais hídrico e osmótico, o que culminou na queda do consumo hídrico e da suculência foliar. A dificuldade de absorção de água pelo sistema radicular imposta pelo gradiente osmótico resulta em um baixo conteúdo de água no tecido foliar, resultando em decréscimos de rendimento.

#### **4.9.EFEITOS DOS SAIS SOBRE OS ASPECTOS FISIOLÓGICOS**

Diversas são as modificações observadas a nível fisiológico nas plantas submetidas ao estresse salino. Com o acúmulo de sais no tecido foliar, uma série de alterações morfológicas ocorrem, refletindo em mudanças no balanço iônico, comportamento estomático e eficiência fotossintética, interferindo nos processos de alongamento e divisão celular (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais dominantes em plantas superiores resultado da interação de vários processos fisiológicos. O processo

fotossintético é um dos primeiros parâmetros a serem afetados pela salinidade. Em curto prazo, a salinidade pode afetar a fotossíntese por limitações estomáticas, levando a um decréscimo na assimilação de carbono. A longo prazo, o estresse salino também pode afetar o processo de fotossíntese devido a acumulação de sais nas folhas mais novas, levando ao decréscimo das concentrações de clorofila e carotenoides (ACOSTA – MOTOS et al., 2017).

O comprometimento da fotossíntese em função do aumento da salinidade é citado por Prazeres et al. (2015). Além da fotossíntese, há o comprometimento das trocas gasosas como um todo, visto que a redução da capacidade fotossintética resulta na redução do crescimento vegetal, o que compromete toda fisiologia da planta (CASSIMIRO; SOUZA; MORAES, 2015).

Melo Filho et al. (2020) ao avaliar as trocas gasosas da cultura da beterraba em função do aumento da salinidade constatou decréscimos na fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO<sub>2</sub>. A redução da condutância estomática restringe a disponibilidade de CO<sub>2</sub> devido as reações de carboxilação, além de minimizar a perda de água pelos estômatos, o que interfere no processo de transpiração (CHAVES et al., 2011).

Um outro impacto da salinidade sobre os aspectos fisiológicos está relacionado com alterações presentes no estado funcional das membranas. O acúmulo de sais no tecido foliar modifica as membranas dos tilacóides dos cloroplastos, o que interfere nos sinais de fluorescência e na atividade da clorofila e carotenóides (CHA-UM e KIRMANEE, 2011; SILVA et al., 2011). Possíveis desequilíbrios hormonais também são citados como resultantes do acúmulo de sais, além de danos causados pelas espécies reativas de oxigênio e desvio energético para realização do transporte de íons e síntese de solutos compatíveis (FLOWERS, MUNNS e COLMER, 2015).

#### **4.10. EFEITOS SOBRE A DINÂMICA NUTRICIONAL**

A salinidade afeta o status nutricional das plantas devido a uma complexa rede de interações, envolvendo os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes (NEVES et al., 2009). Pesquisas evidenciam problemáticas relacionadas com o decréscimo da absorção de nutrientes e/ou transporte da raiz para a parte aérea em função da presença de íons que causam desbalanço nutricional nas plantas a partir da limitação da absorção de nutrientes essenciais (MUNNS & TESTER, 2008).

As interações iônicas que afetam estes processos são altamente complexas. Em meios salinos essas interações se tornam ainda mais complexas em virtude das diferenças na concentração e na composição iônica dos meios salinos aos quais as plantas são submetidas, e das diferentes respostas das plantas em relação à salinidade (LACERDA, 2005; SOUSA et al., 2010). Normalmente, o desbalanço nutricional é provocado pela presença dos íons cloreto e sódio, podendo ser constatados decréscimos no conteúdo de  $N^+$ ,  $P^+$ ,  $K^+$  e  $Ca^{2+}$  nas folhas relacionados com antagonismos com  $Cl^-$  e  $Na^+$ .

A inibição da absorção de  $K^+$  nas plantas ocorre principalmente devido a similaridades químicas e físicas entre  $K^+$  e  $Na^+$  e a tendência de competição entre os íons pelos mesmos sítios de troca, incluindo o controle da atividade enzimática que ocorre em função de uma relação desfavorável entre  $K^+/Na^+$  (ADAMS & SHIN, 2014). Com relação ao  $Ca^{2+}$ , o decréscimo em sua absorção está relacionado ao antagonismo entre  $Ca^{2+}$  e  $Na^+$ , levando a dissolução da integridade da membrana e seletividade (KOPITTKKE, 2012).

Em condições salinas, a captação de nitrogênio é frequentemente interrompida principalmente devido ao antagonismo entre  $Cl^-$  e  $NO_3^-$  (MUNNS & GILLIHAM, 2015). O estresse salino também reduz a disponibilidade de P por causa do antagonismo entre  $Cl^-$  e  $H_2PO_4^-$  de acordo com Parihar et al. (2014). Reduções na absorção de P sob estresse salino pode ser também uma consequência da forte influência do processo de sorção que controla a concentração de P no solo e a baixa solubilidade de Ca-P (MARSCHNER, 2011).

Além dos distúrbios observados na disponibilidade de nutrientes, problemas relacionados a toxidez por íons específicos podem ser encontrados nas plantas. Os sintomas de toxicidade de sódio e cloreto aparecem em forma de queimaduras no tecido foliar, seguido de queda prematura das folhas (DIAS et al., 2016). Este efeito compromete a área fotossintética da planta, o que ocasiona perdas de rendimento em seu desenvolvimento e produção.

O elevado teor de sódio (Na) preocupa os produtores, uma vez que interfere diretamente na dinâmica nutricional da planta, visto que ocorre uma interferência direta em nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento das culturas (De Pascale et al., 2013). Quando absorvido e acumulado em grandes quantidades na planta, o  $Na^+$  se torna altamente tóxico em níveis fisiológicos diferenciados. Em geral, os danos fisiológicos causados pela toxidez de  $Na^+$  incluem deficiência dos nutrientes como  $K^+$  e  $Ca^{2+}$ , desenvolvimento de estresse hídrico e indução de danos celulares resultantes do

desbalanço do sistema oxi-redução, resultando a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio.

De acordo com Maas & Hofmann (1977), a alta relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  em razão da alta concentração salina inativam as enzimas e inibem a síntese proteica. Em termos de desordem nutricional, um dos principais efeitos deletérios do íon  $\text{Na}^+$  é deslocar o íon  $\text{Ca}^{2+}$  da membrana plasmática das células radiculares, com a conseqüente perda da seletividade iônica das raízes. A membrana plasmática, em condições normais, tem alta especificidade pelo íon  $\text{K}^+$ , a qual é reduzida em virtude da grande quantidade de  $\text{Na}^+$ . É importante destacar que o íon potássio é ativador de reações enzimáticas vitais, contribui significativamente para a manutenção do potencial osmótico no vacúolo e turgor celular e é essencial na síntese de proteínas (ROY et al., 2014).

A presença do cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) em níveis de toxidez para as plantas frequentemente está associada à uma concentração elevada de sódio ( $\text{Na}^+$ ). O  $\text{Cl}^-$  apresenta uma característica de pouca aderência as partículas de solo, mas move-se facilmente com a água, sendo absorvido pelas raízes, acumulando-se nas folhas. Em concentrações elevadas, pode interferir com a absorção de nitratos e o transporte de ácidos orgânicos dentro e entre as células (KUMAR; KHARE, 2016).

O cloreto assume funções-chave na regulação da fotossíntese (DUKIC et al., 2019), mas foi relatado que sua superacumulação nos cloroplastos altera especificamente os processos fotossintéticos por meio de efeitos não-tomatosos (degradação da clorofila e redução do rendimento quântico real do transporte de elétrons PSII), enquanto o  $\text{Na}^+$  atua principalmente na condutância estomática (TAVAKKOLI et al., 2010,2011).

Além da toxidez observada pelas plantas sob presença excessiva de sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), existe também relações observadas no desequilíbrio nutricional das plantas. Vários estudos têm associado os efeitos da salinidade sob o desequilíbrio nutricional e as interações iônicas no tecido vegetal (IRAZOKE et al., 2019).

No que diz respeito a estratégias de defesa, Yoshida (2002) relatou que o aumento de  $\text{NaCl}$  na solução do solo reflete em um déficit na absorção de nutrientes, com destaque maior para o  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , interferindo nas funções fisiológicas da planta. Então a habilidade dos genótipos de manter altos teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  no tecido vegetal e baixos níveis de  $\text{Na}^+$  pode ser caracterizado como um mecanismo de tolerância das plantas à salinidade (ZENG et al., 2003).

Blanco & Folegatti (2008) utilizaram água de irrigação de alta salinidade na irrigação do tomateiro em ambiente protegido e verificaram, nas folhas, aumento da relação N/Cl com as doses de N, e da concentração de K e prolina (aminoácido relacionado à tolerância das plantas em salinidade) com as doses de K. Entretanto, os efeitos da salinidade não foram aliviados e produtividade não foi alterada, demonstrando que o aumento na dose de fertilizantes aplicados não conferiu maior tolerância do tomateiro à salinidade.

A adição de  $\text{Ca}^{2+}$  ao ambiente radicular previne efeitos deletérios do  $\text{Na}^+$  em plantas cultivadas sob estresse de NaCl. Sabe-se que o  $\text{Ca}^{2+}$  estabiliza a estrutura das membranas celulares, mas se a concentração de  $\text{Na}^+$  aumenta no ambiente radicular há uma tendência de substituição do  $\text{Ca}^{2+}$  das membranas por  $\text{Na}^+$ , e como resultado disso as membranas celulares tornam-se permeáveis. Além disso, o  $\text{Na}^+$  compete com o  $\text{K}^+$  por sítios nos canais de membrana, resultando em aumento de  $\text{Na}^+$  e diminuição de  $\text{K}^+$  nas células que diminuíram a relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ . Essas alterações podem causar distúrbios no metabolismo celular que podem resultar em diminuição no crescimento e desenvolvimento de plantas submetidas à salinidade de NaCl (MUNNS et al., 2020; KHARE et al., 2020).

Portanto, aplicações exógenas de  $\text{Ca}^{2+}$  no ambiente radicular devem prevenir, pelo menos em parte, os efeitos deletérios do estresse de NaCl (IRAKOZE et al., 2019). Usando técnicas de biologia molecular e mutantes com tolerâncias diferenciais ao sal, foi demonstrado que o  $\text{Ca}^{2+}$  também pode estar envolvido no processo de transdução de sinal do local de percepção do estresse para o local de síntese proteica codificada pelos genes do estresse, que regulam o controle de células, tecidos ou homeostase da planta inteira (TAVAKKOLI et al., 2010; 2011). Infelizmente, a aplicação de cálcio exógeno nem sempre ocorreu como esperado sendo a eficiência desse tratamento dependente das condições ambientais em que as plantas são cultivadas (KUMAR; KHARE, 2016).

Diversas pesquisas relatam que os efeitos combinados do NaCl provocam efeitos deletérios mais nocivos do que trabalhando em separado (PRODJINOTO et al., 2021; KUMAR & KHARE, 2015). Entretanto, ainda são incipientes pesquisas que avaliem os efeitos individuais que esses íons podem causar, o que pode se configurar como uma alternativa de pesquisa futura (AMMAR, METALLI, ZID, 2024).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA-MOTOS, J.R. et al. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. **Agronomy**, 7, 18, 2017. ACOSTA-MOTOS, J.R.; ORTUÑO, M.F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M.J.; HERNANDEZ, J.A. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. **Agronomy** 2017, 7, 18.

ADAMS, E.; SHIN, R Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. **J Integr Plant Biol**, v.56, p.231-249, 2014.

AHMED, H.A.A. et al. Variability in salinity stress tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using in vitro screening. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020. AHMED, H. A. A., ŞAHIN, N. K., AKDOĞAN, G., YAMAN, C., KÖM, D., & URANBEY, S. Variability in salinity stress tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using in vitro screening. **Ciência E Agrotecnologia**, 44, 2020.

AMARAL, K.D., FERREIRA, D.D., & NAVONI, J.A. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte. **Águas Subterrâneas**, 2021.

AMORIM, Y.F. Produção de mudas de abobrinha híbrida em diferentes substratos e níveis de estresse salino. **Revista Ciência Agrícola**, v.13, n.1, p.27-32, 2015.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.873-880, 2006. ANDRADE JÚNIOR, A. S. de ., SILVA, Ê. F. de F. e ., BASTOS, E. A., MELO, F. de B., & LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 10(4), 873–880. (2006).

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BEN AMMAR, R. et al. Kinetics of growth, development and absorption of nutrients in stone pine (*Pinus pinea* L.) cultivated in the presence of NaCl. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024.

BRACCINI, M.C.L.; BRACCINI, A.L.E.; MARTINEZ, H.E.P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.20, n. 1, p.48-58, 1999.

CABRAL F; JOÃO FERREIRA, S; PATRÍCIA M; RIGOBERTO B; SEMAKO S; BÁRBARA L; VERA LUCIA D. N. (2019). Estatística multivariada na qualidade da água residuária utilizadas na irrigação na região semiárida brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. 10. 121-133.

CABRAL, J.H.A. et al. Trocas gasosas e injúrias foliares visíveis em plantas jovens de *Astronium graveolens* Jacq. fumigadas com ozônio. **Hoehnea**, v. 42, n.4, p.687-694, 2015.

CASSIMIRO, J.C.; SOUZA, S.R.M.; MORAES, R. Trocas gasosas e injúrias foliares visíveis em plantas jovens de *Astronium graveolens* Jacq. fumigadas com ozônio. **Hoehnea**, v. 42, n.4, p.687-694, 2015.

CAVALCANTE, A.R., SANTOS, J.A., Furtado, G. de F., & Chaves, L. H. G.. (2019). Gas exchanges and photochemical efficiency of hydroponic bell pepper under salinity and plant density. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 23(1), 3–8.

CHA-UM, S.; KIRDMANEE, C. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter: an investigation into improving glutinous rice productivity. **Scientia Agrícola**. v.68, n.4, p.406-410, 2011.

CHAVES, M.M.; COSTA, J.M.; SAIBO, N. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. **Advances in Botanical Research**, v.57, p.49-104, 2011.

CHO, W.J. et al. On-site ion monitoring system for precision hydroponic nutrient management. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 146, n. 3, p. 51-58, 2018.

COSTA, A.M.B.; MELO, J.G.E.; SILVA, F.M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v.20, n.1, p.67-82, 2006.

COVA, A. M.W. et al. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n. 3, p.150-155, 2017.

DALASTRA, C; TEIXEIRA FILHO, MCM; SILVA, MR; NOGUEIRA, TAR; FERNANDES, GC. 2020. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. **Horticultura Brasileira** 38: 21-26, 2020.

DIAS, A L; GHEYI, G; HANS, F, GUILHERME, S;, LAURIANE, N; REGINALDO, M; RÔMULO, F, P. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**. 42. 87-104, 2021.

DIAS, A.S. et al. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.42, p.87-104, 2021.

DIAS, M.S. et al. Crescimento de plantas de rúcula em substratos e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquim Agrariae**, v.15, n.4, p.22-30, 2019.

DIAS, N.S. et al. **Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade**. In: GHEYI, H. R. et al. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 151-162.

DINIZ, A.A. et al. Efeito da solução nutritiva sob o crescimento e composição mineral em pepino cultivado em substrato de fibra de coco. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3043-3054, 2015.

DUKIC, EE. et al. K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> channels/transporters independently fine-tune photosynthesis in plants. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 14 jun. 2019.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2013, Viçosa: Editora UVF, p. 421.

FLOWERS, T.J.; MUNNS, R.; COLMER, T.D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. **Annals of Botany**, v.115, p.419-431, 2015.

FRANCESCO G, et al. Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower, **Scientia Horticulturae**, Volume 236, 2018, Pages 166-174.

FRANCISCO, F et al. Electrical conductivity of the nutrient solution for soilless cultivation of kohlrabi. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 129–135, 1 jun. 2022.

FREIRE, J.L.OO. et al. Necessidade hídrica do maracujazeiro amarelo cultivado sob estresse salino, biofertilização e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 82-91, 2011.

FURLANI, P.R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. 1.ed. IAC, 1999. 52p. Boletim técnico, 180

GARTMANN, F. et al. BIOPONICS - An Organic Closed-Loop Soilless Cultivation System: Yields and Characteristics Compared to Hydroponics and Soil Cultivation. **Agronomy**. 2023.

GHARMANIA, H.; JALILI, Z.; DAICHIN, S. The effects of saline irrigation water on different components of Black cumin (*Nigella sativa* L.). **Internacional Journal of AgriScience**, v.10, p. 915-922, 2012.

HAMEED, M.K. et al. Differential Metabolic Responses of Lettuce Grown in Soil, Substrate and Hydroponic Cultivation Systems under NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Application. **ProQuest**, p. 444, 2022.

HASSANI, A.; AZAPAGIC, A.; SHOKRI, N. Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 18 nov. 2021.

HOSSAIN, M.M.; NONAMI, H. Effect of salt stress on physiological response of tomato fruit grown in hydroponic culture system. **Horticultural Science**, v.39, n.1, p. 26-32, 2012.

KOPITTKE, P. Interactions between Ca, Mg, Na and K: alleviation of toxicity in saline solutions. **Plant and soil**, v.352, n.1, p.353-362, 2012.

KORUS, A. Amino acid retention and protein quality in dried kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v.38, n.2, p.676-683, 2014.

KORUS, A. Effect of preliminary and technological treatments on the content of chlorophylls and carotenoids in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v.37, n.4 p.335-344, 2013.

KORUS, A.; LISIEWSKA, Z. Effect of cultivar and harvest date of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) on nitrogen compounds. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, v.18, n.2, p.235-241, 2009.

KUMAR V, KHARE T Differential growth and yield responses of salt-tolerant and susceptible rice cultivars to individual ( $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$ ) and additive stress effects of NaCl. **Acta Physiol Plant** 38:170, 2016.

KUMAR, P.; SARANGI. et al. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. **Agricultural Water Management**. 148(0): p.72–83, 2015.

LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G.; LIMA, G. S. Strategies for the use of brackish water for crop production in Northeastern Brazil. In: Taleisnik, E.; Lavado, R. S. (eds.). *Saline and alkaline soils in Latin America*. Cham: Springer, 2021

LACERDA, C.F. et al. **Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura**. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Ed). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT, 2010. Cap. 17, p.303-317.

LACERDA, C.F. Interação salinidade x nutrição mineral. In: Nogueira, R. J. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. (ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, 2005, p.127-137.

LI, C. et al. Effect of saline water irrigation on soil development and plant growth in the Taklimakan Desert Highway shelterbelt. **Soil and Tillage Research**.; 146, Part A (0): p.99–107, 2015.

LI, Z. et al. Defining appropriate methods for studying toxicities of trace metals in nutrient solutions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. 1, p. 872-880, 2018.

LIOPA-TSAKALDI, A.; BAROUCHAS, P.; SALAHAS, G. Response of zucchini to the electrical conductivity of the nutrient solution in hydroponic cultivation. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v.4, p.459-462, 2015.

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

MACHADO, R.M.A.; SERRALHEIRO, R.P. Soil salinity: Effect on vegetable growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticulturae**. V.3, n.2, p.30, 2017.

MACIEL, M.P. et al. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 2, p.165-172, 2012.

- MALLER, A. et al. Fertigation of zucchini in greenhouse environments. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.3, p.143-148, 2013.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed, Academic Press, 25<sup>th</sup> August 2011.
- MARTINEZ, P.F. **Manejo de substratos para horticultura**. In: FURLANI, A.M.C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.53-73.
- MARTINS, J.O. et al. Relações Hídricas Em Plantas De Salsa Cultivada Em Soluções Nutritivas Salobras De Naturezas Catiônicas Distintas. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 23, p. 662-668, 2019.
- MEDEIROS, J.F. et al. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.469-472, 2012.
- MELO FILHO, J. et al. Physiological responses of beet plants irrigated with saline water and silicon application. **Comunicata Scientiae**, v.11, n.1, p.1-8, 2020.
- MESQUITA, F.O. et al. Saline water and bovine biofertilizer chemically enriched on jackfruit seedlings var. soft. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 1919–1929, 23 ago. 2020.
- MI - Ministério da Integração Nacional. Nova Delimitação do Semiárido**. SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), pg. 1-63. 2017.
- MIRANDA, F.R. et al. **Produção de tomate em substrato de fibra de coco**. Circular Técnica (Embrapa), 20p. 2011.
- MORAIS, P. L. D. D., DIAS, N. D. S., OLIVEIRA, A. M. D., SOUSA NETO, O. N. D., SARMENTO, J. D. A., & GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, 31(3), 713–718, 2018.
- MORAIS, P.L.D. et al. Effect of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v.31, n.3, p.713-718, 2018.
- MUNNS R. et al. Osmotic adjustment and energy limitations to plant growth in saline soil. **New Phytol** 225:1091–1096, 2020.
- MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops – what is the cost? **New Phytologist**. V. 208, n.3, p. 668-673, 2015.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.
- NEVES, A.L.R. et al. Acumulação de biomassa e extração de 40 nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

NOBOA, C.S. et al. Hydroponic production, and sensory analysis of kale in the form of a pack of young plants. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, Araras, v.9, n.1, p.1-9, 2019.

OLIVEIRA, D. R., OLIVEIRA, W. C. de., Silva, A. O. da ., BEZERRA, B. G. M. da C., SOUSA, G. G. de ., & LACERDA, C. F. de .. (2023). Hydroponic watercress production through fish farming water reuse and varied nutrient solution recirculation times . **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 27(12), 919–926.

OLIVEIRA, F.A. et al. Strategies of fertigation with saline water for growing cucumber in a greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.606-610, 2017.

OLIVEIRA, L.M. et al. Salt stress and organic fertilization on the growth and biochemical metabolism of *Hylocereus costaricensis* (red pitaya) seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024.

PALÁCIO, H.A.Q. et al. Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, p.316–324, 2009.

PASCALE, S.; ORSINI, F.; PARDOSSI, A. **IRRIGATION water quality for greenhouse horticulture**. In: Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops; Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

PEÇANHA, A.L. et al. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v. 218, n. 5, p. 230-239, 2017. PEÇANHA, A.L., SILVA, J.R., RODRIGUES, W.P., FERRAZ, T.M., NETTO, A.T., LIMA, R.S., LOPES, T.S., RIBEIRO, M.S., DEUS, B.C., COUTO, T.R., SCHAFFER, B., & CAMPOSTRINI, E. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, 218, 230-239, 2017.

PINHEIRO, F.W.A. et al. Brackish water irrigation strategies and potassium fertilization in the cultivation of yellow passion fruit. **Ciência e Agrotecnologia**, v.46, p.1-12, 2022.

PRAXEDES, S.C. et al. Salt stress tolerance in cowpea is poorly related to the ability to cope with oxidative stress. **Acta Botanica Croatica**, v.73, n.1, 2014.

PRAZERES, S.S. et al. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Agro@mbiente online**, v.9, n.2, p111-118, 2015.

RESH, H. M. **Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower**. Washington: CRC Press, 2012. P. 560.

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

ROY, S.J.; NEGÃO, S.; Tester, M. Salt resistant crop plant. **Current Opinion in Biotechnology**, v.26, p.115–124, 2014.

SABZIAN, M. et al. Comparison of water productivity and crop performance in hydroponic and soil cultivation using AquaCrop software. **Irrigation and Drainage**, v.70, n.5, p.1261–1272, 2021.

SALES, J. R. da S., MAGALHÃES, C. L., FREITAS, A. G. S., GOES, G. F., SOUSA, H. C. de ., & SOUSA, G. G. de. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 25(7), 466–471, 2021.

SALES, S. et al. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.7, p.466–471, 1 jul. 2021.

SAM E. WORTMAN. Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system, **Scientia Horticulturae**, v, 194, p. 34-42, 2015, ISSN 0304-4238,

SANTOS JÚNIOR, J. A., GHEYI, H. R., CAVALCANTE, A. R., MEDEIROS, S. de S., DIAS, N. da S., & SANTOS, D. B. dos. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 19(12), 1152–1158, 2015.

SANTOS JUNIOR, J.A. et al. Substratos e tempo de renovação da água residuária no crescimento do girassol ornamental em sistema de semi-hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.8, p. 790-797, 2014. SANTOS JÚNIOR, J. A., GHEYI, H. R., DIAS, N. da S., MEDEIROS, S. de S., & FILHO, D. H. G. Substratos e tempo de renovação da água residuária no crescimento do girassol ornamental em sistema semi-hidroponia. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 18(8), 790–797, 2014.

SANTOS JUNIOR, J.A. et al. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1152-1158, 2015.

SANTOS, A.N. **Estratégia de manejo para utilização de água salobra em cultivo hidropônico de tomate cereja em substrato**. Tese de doutorado. Recife: UFRPE. 94 p. 2014.

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

SANTOS, A.N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface em sistema NFT no semiárido brasileiro utilizando águas salobras**. Dissertação Mestrado. Recife: UFRPE, 133p. 2009.

SANTOS, S.R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.569-577, 2004.

SILVA MG da, OLIVEIRA I de S, Soares TM, GHEYI HR, SANTANA G de O, PINHO J DE S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.22, n.8, p.547–552, 2018.

SILVA, C.B. et al. Efeitos da aplicação do ácido ascórbico em mudas de couve folha (*Brassica oleracea*) cultivadas em diferentes níveis salinos. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 18, n. 3, p. 23-26, 2020.

SILVA, D. et al. Leaf gas exchanges and production of kale under Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> concentrations in salinized nutrient solution. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.27, n.2, p.157–163, 2023.

SILVA, E.N. et al. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v.68, n.1, p.62-68, 2011.

SILVA, F.G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.946- 952, 2015.

SILVA, J.S et al. Physiological responses and production of mini-watermelon irrigated with reject brine in hydroponic cultivation with substrates. **Environmental Science and Pollution Research**, v., n.8, p.11116–11129, 16 set. 2021.

SILVA, J.S., DIAS, N., JALES, G.D.et al. Physiological responses and production of mini-watermelon irrigated with reject brine in hydroponic cultivation with substrates. **Environ Sci Pollut Res**, v.29, p.11116–11129, 2022.

SILVA, M.G. et al. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.22, n.8, p.547–552, 2018.,

SILVA, T et al. Análise da performance ambiental de um assentamento rural no semiárido nordestino. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v,9, n.1, p.1–9, 4 maio 2019.

SOARES, H. R. e ., SILVA, Ê. F. de F. e ., SILVA, G. F. da ., CRUZ, A. F. da S., Santos JÚNIOR, J. A., & ROLIM, M. M. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.24, n.4, p.258–265, 2020.

SOARES, H.R.E et al. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, v.50, n.2, p.216–222, 2019.SOARES, H. R. e ., SANTOS, J. A., SILVA, Ê. F. de F. e ., ROLIM, M. M., & SILVA, G. F. da. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Revista Ciência Agronômica**, 50(2), 216–222, 2019.

SOARES, H.R.E. et al. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v.24, n.4, p.258–265, 2020.

SOARES, T.M. et al. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, n.2, p.235-248, 2007.

SOUSA, G.G. et al. SOUSA, G. G. de ., LACERDA, C. F. de ., CAVALCANTE, L. F., GUIMARÃES, F. V. A., BEZERRA, M. E. de J., & SILVA, G. L. da. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de 44 milho irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, p.1143–1151, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 879p.

TAVAKKOLI R, RENGASAMY P, MCDONALD K. High concentrations of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. **J Exp Bot**, v.61, p.4449–4459, 2010.

TAVAKKOLI, E. et al. Additive effects of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions on barley growth under salinity stress. **J Exp Bot**, v.62, p.2189–2203, 2011.

TAVARES FILHO, G. S.; BATISTA, M. E. P.; ARAÚJO, C. A. S.; MATIAS, S. S. R.; GUALBERTO, A. V. S.; OLIVEIRA, F. F. Groundwater quality in a fraction of the river Brigida hydrographic basin for irrigation. **Water Resources and Irrigation Management**, v.11, p.36-46, 2022.,

VAN ZELM, EVA; ZHANG, YANXIA; TESTERINK, CHRISTA. Salt tolerance mechanisms of plants. **Annual review of plant biology**, v.71, p.403-433, 2020.

VERDOLIVA, S. G.; GWYN-JONES, D.; DETHERIDGE, A.; ROBSON, P. Controlled comparisons between soil and hydroponic systems reveal increased water use efficiency and higher lycopene and β-carotene contents in hydroponically grown tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v.279, p.1-8, 2021.

VIOL, M. A. et al. Déficit hídrico e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, p.1244-1253, 2017.

**CAPÍTULO II - CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE COUVE FOLHA COM  
O USO DE ÁGUAS SALOBRAS E VAZÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.**

## **CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE COUVE FOLHA COM O USO DE ÁGUAS SALOBRAS E VAZÕES DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.**

**RESUMO:** A falta de água superficial é uma problemática social que gera impacto direto nos habitantes da região, principalmente daqueles que dependem da agricultura como fonte de renda e/ou subsistência. Diante disso, busca-se alternativas viáveis para a otimização da produção agrícola da região, através da utilização das fontes disponíveis de água. A couve-folha é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, in natura ou como sucos, devido ao seu elevado valor nutricional e medicinal, através de suas propriedades organolépticas e compostos bioativos, tais como glicosinolato e flavonoides. Contudo, estudos são necessários para mitigar os problemas relacionados à salinidade da água na região, com intuito de otimizar a produção da cultura. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da utilização de águas salobras utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada, e vazões de aplicação desta solução nutritiva sobre o crescimento de cultivares de couve-folha em sistema hidropônico. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa: T1= 0,2; T2= 1,5; T3= 2,5; T4= 3,5 e T5= 4,5 e T6=5,5 dS m<sup>-1</sup>), duas vazões de aplicação de solução nutritiva (V1 = 1,5 e V2 = 2,5 L min<sup>-1</sup>), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Foram realizadas medidas biométricas e posteriormente a cada 15 dias, totalizando 6 avaliações durante o ciclo da cultura. Foram realizadas as medidas de altura de plantas e área foliar. Ao final do ciclo, foram realizadas as mensurações de matéria fresca da parte aérea, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz e matéria fresca acumulada. A salinidade da água de irrigação apresentou efeitos deletérios em todas as variáveis apresentadas, sendo observados decréscimos consideráveis especialmente nas variáveis biométricas. A variação de vazão de aplicação da solução nutritiva potencializou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação na maioria das variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** Estresse salino; vazões de aplicação; *Brassica oleracea*.

## **GROWTH DYNAMICS AND YIELD OF CABBAGE PLANTS USING BRACKET WATER**

**ABSTRACT:** The lack of quality surface water in the semi-arid region is a social problem that has a direct impact on the region's inhabitants, especially those who depend on agriculture as a source of income and/or subsistence. In view of this, viable alternatives are sought to optimize agricultural production in the region, through the use of available water sources. Cabbage is a vegetable widely consumed in Brazil, fresh or as juices, savory, and sweet dishes, due to its high nutritional and medicinal value, through its organoleptic properties and bioactive compounds, such as glucosinolate and flavonoids. However, studies are necessary to mitigate problems related to water salinity in the region, with the aim of optimizing crop production. In view of the above, this work aimed to evaluate the impact of using brackish water used to prepare the nutrient solution and to replace the evapotranspired layer, and application rates of this nutrient solution on the growth of cabbage cultivars in a system hydroponic. The experimental design used was completely randomized in a 6 x 2 factorial scheme, with six saline levels (T1= 0.2; T2= 1.5; T3= 2.5; T4= 3.5 and T5= 4.5 and T6 =5.5 dS m<sup>-1</sup>), two application rates of nutrient solution (V1 = 1.5 and V2 = 2.5 L min<sup>-1</sup>), with four replications, totaling 48 experimental plots. Biometric measurements were carried out every 15 days, totaling 6 assessments during the culture cycle. The number of leaves (NF), plant height (AP), stem diameter (DC) and leaf area (AF) were measured. At the end of the cycle, measurements of shoot fresh matter (MFPA), shoot dry matter (MSPA), root dry matter (MSR) and accumulated fresh matter (MFF) were carried out. The salinity of irrigation water had deleterious effects on all variables presented, with considerable decreases being observed especially in biometric variables. The variation in the application rate of the nutrient solution increased the harmful effects of the salinity of the irrigation water on most of the variables analyzed.

**Keywords:** Salt stress; application flow rates; Brassica oleracea.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste é caracterizada pela variabilidade espacial e temporal de suas precipitações ao longo do ano, com momentos de ausência ou escassez de água (SILVA et al, 2020). Vale salientar que a precipitação média anual da região não é baixa, com aproximadamente 700 bilhões de m<sup>3</sup>, dos quais 92% são destinados aos processos de evaporação e evapotranspiração, 5% geram escoamento superficial para os rios e 3% infiltram no solo. Os valores de precipitação mostram que a principal problemática para a região não é a escassez de chuva, mas a má distribuição ao longo do ano, bem como a alta taxa de evaporação, reduzindo a disponibilidade de água superficial e de qualidade (PORTO et al, 2019).

A falta de água superficial de qualidade na região é uma problemática social que gera impacto direto nos habitantes da região, principalmente daqueles que dependem da agricultura como fonte de renda e/ou subsistência. Diante disso, busca-se alternativas viáveis para a otimização da produção agrícola da região, através da utilização das fontes disponíveis de água (PORTO et al, 2019).

O uso de águas salobras torna-se cada vez mais evidente, como fonte alternativa, sendo a salinização dos solos um dos principais fatores que interferem na qualidade desta água. O balanço hídrico da Região Nordeste do Brasil é extremamente relacionado ao contexto geológico, no qual o Semiárido tem sua formação majoritariamente embasada no cristalino, com solos pouco profundos, rochas ígneas e metamórficas, praticamente impermeáveis, sem a existência de lençóis freáticos expressivos (PORTO et al, 2019; CERQUEIRA et al, 2021).

Os efeitos da salinidade podem ser observados nas plantas de diferentes maneiras, tais como desequilíbrio iônico, inibição da atividade enzimática, distúrbios na acumulação de solutos, íons específicos ou a combinação de todos estes fatores e alterações no metabolismo da planta. A redução na produtividade e no crescimento da cultura pode ocorrer devido à dificuldade em absorção de água, interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos) e toxicidade de íons específicos.

Os sistemas hidropônicos de cultivo são métodos de manejo adotados com o intuito de minimizar os impactos gerados pela salinidade da água nas culturas. A principal hipótese é a não existência do potencial mátrico, reduzindo a energia livre da água e elevando à tolerância das plantas à salinidade (SOARES et al., 2007).

Plantas de ciclo curto sofrem menos com os efeitos da salinidade, devido ao menor tempo de exposição aos sais, sendo as hortaliças as principais opções para o cultivo no

semiárido (CARNEIRO, 2017; CERQUEIRA et al, 2021). A introdução de novas culturas na região favorece a diversificação da produção local, gerando um incremento na renda do produtor. Culturas como couve-folha (*Brassica oleraceae*), quando plantadas em ambiente protegido, permitem o resgate de capital ao longo do ciclo (CARNEIRO, 2017).

A couve-folha é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, in natura ou como sucos, salgados e doces, devido ao seu elevado valor nutricional e medicinal, através de suas propriedades organolépticas e compostos bioativos, tais como glicosinolato e flavonoides. Em 2017, a produção nacional de couve-folha foi de 161.986 ton, com valor estimado da produção R\$320.615,00 (IBGE, 2017). Em Pernambuco, a produção foi de 2.865 toneladas em 2017, sendo Belo Jardim o principal município produtor. É classificada como moderadamente tolerante à salinidade e seu cultivo tem aumentado na região.

Contudo, estudos são necessários para mitigar os problemas relacionados à salinidade da água na região. Pesquisas sobre tolerância da couve-folha à salinidade em sistemas hidropônicos ainda são escassas no Brasil, especificamente na Região Nordeste. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da utilização de águas salobras utilizadas para o preparo da solução nutritiva e para a reposição da lâmina evapotranspirada, e vazões de aplicação desta solução nutritiva sobre o crescimento de cultivares de couve-folha em sistema hidropônico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido tipo casa de vegetação situada no Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco– UFRPE, em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8° 01' 05" de latitude sul e 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m.

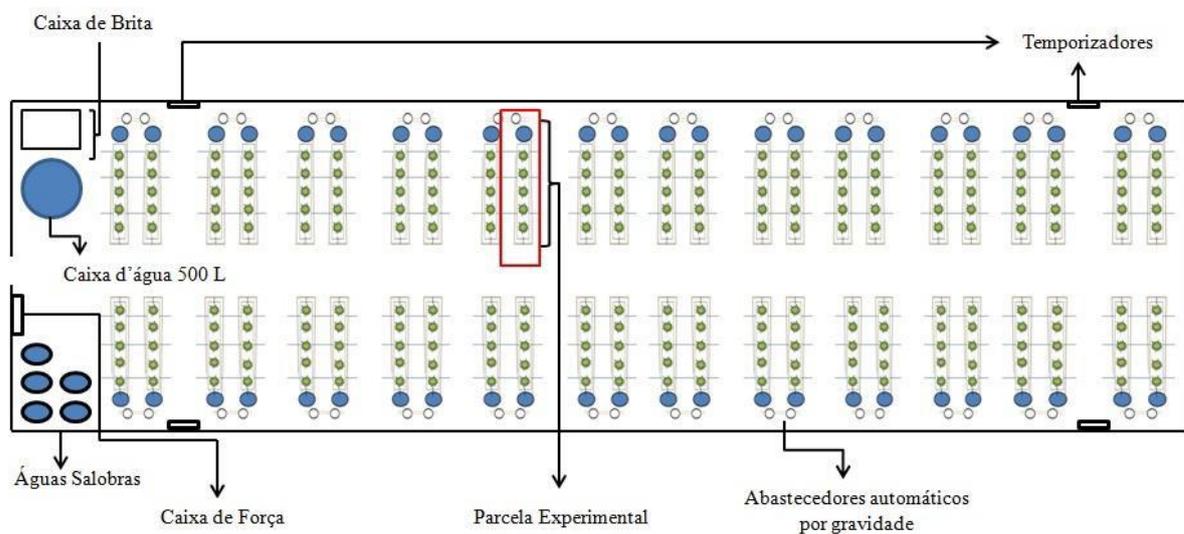
A casa de vegetação possui dimensões de 7 m de largura por 24 m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco e filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz. As paredes laterais e frontais são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento (Figura 1). O interior da casa de vegetação possui o piso totalmente coberto com manta geotêxtil (bidin), com o objetivo de impedir a germinação de plantas daninhas, que podem servir de abrigo de pragas e doenças.



**Figura 1.** Casa de vegetação localizada no DEAGRI-UFRPE utilizada no experimento.

## 2.1. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis níveis salinos (CEa: 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m<sup>-1</sup>), duas vazões de aplicação de solução nutritiva (V1 = 1,5 e V2 = 2,5 L min<sup>-1</sup>), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Cada parcela apresentou cinco plantas de couve folha (Figura 2) em perfil hidropônico. Os tratamentos salinos foram obtidos mediante a adição de NaCl tanto na água utilizada no preparo da solução nutritiva como na reposição da lâmina evapotranspirada, sendo a solução nutritiva preparada de acordo com metodologia proposta por Furlani et al. (1998). Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória, mediante sorteio, dentro da área útil, conforme mostra o croqui da Figura 2.

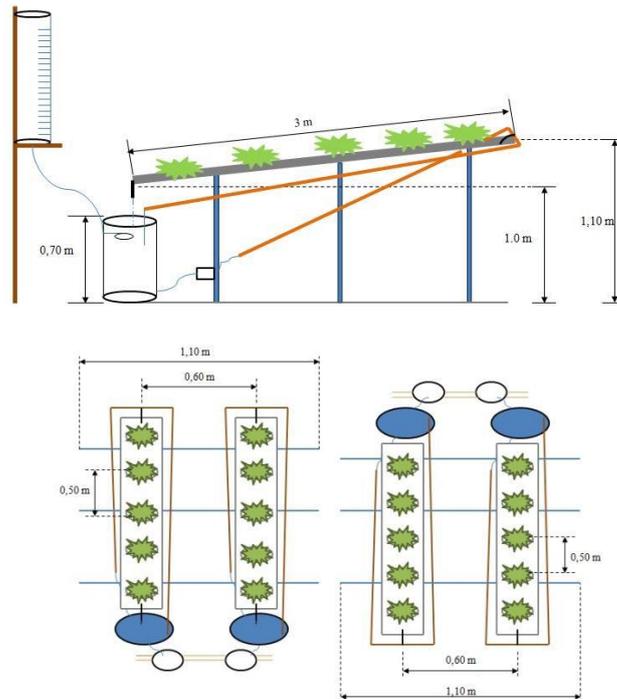


**Figura 2.** Vista superior da área experimental com disposição das parcelas experimentais.

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Em cada parcela, foi adotado um perfil hidropônico independente de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entre as plantas e 0,60 m entre perfis trapezoidais de 150 mm (Figura 3). A altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi em torno de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de 5%. A vazão foi regulada e observada em função do próprio sistema de bombeamento.

Foram montados sistemas de abastecimento automático individualizado para a reposição da água evapotranspirada para cada parcela, construindo-se de uma tubulação de PVC de seção contínua com diâmetro de 150 mm, permitindo que a água siga automaticamente para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia. O

depósito de abastecimento tinha uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente para cálculo do volume evaporado por planta.



**Figura 3.** Vista lateral da parcela experimental espaçamento utilizado para a produção hidropônica da couve-flor e couve folha.

O preparo de águas foi realizado em caixa d'água com capacidade para 500 L, medindo-se a condutividade elétrica da água e o pH, sendo em seguida acrescentado os macros e micronutrientes para a preparação da solução nutritiva. Para adição dos micronutrientes foi preparada uma solução estoque em 1 L com concentração 1000 vezes, com exceção do ferro, que foi preparada uma solução estoque individual para ele, e na mesma proporção que os demais micronutrientes. Após a homogeneização foram sempre realizadas leituras de pH e condutividade elétrica da solução (CESol).

O monitoramento da solução nutritiva foi realizado mediante coleta em dias alternados de amostras da solução de cada tratamento, com o objetivo de verificar o comportamento da solução nutritiva em função dos tratamentos aplicados ao longo do ciclo da cultura.

## 2.2.Estrutura de plantio

As mudas de couve folham cv. "Manteiga" foram produzidas em bandejas de 200 células preenchida com pó de coco já tratado para este fim. Vinte dias após a semeadura, elas foram transferidas para o perfil hidropônico, fixando uma planta por célula, ou seja, em cada perfil (parcela experimental) possuirá cinco plantas, irrigadas com solução

nutritiva indicada por Furlani et al. (1998) para hortaliças folhosas, caracterizada com 2 dS m<sup>-1</sup> quando produzida a partir de água com baixa salinidade com 0,2 dS m<sup>-1</sup>.

A aplicação da solução nutritiva dos perfis foi controlada por um temporizador elétrico programado para intervalos regulares de 15 minutos entre cada irrigação, que teve duração também de 15 minutos, isto no período entre às 7 horas da manhã e 18 horas do dia. No período das 18 horas às 7 horas, o temporizador foi programado para uma aplicação a cada 2 horas com duração de 15 minutos cada, em função desse período corresponder a uma menor taxa de evapotranspiração da cultura.

### **2.3.Determinação das variáveis de crescimento e rendimento da couve-folha**

Após as plantas serem distribuídas nos perfis hidropônicos foram realizadas medidas biométricas e posteriormente a cada 15 dias, totalizando 6 avaliações durante o ciclo da cultura. Foram realizadas as medidas de altura de plantas (AP) e área foliar (AF) em diferentes épocas de avaliação (15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o transplântio (DAT)). A área foliar foi medida de acordo com a metodologia proposta por Pereira e Machado (1987), utilizando os discos foliares.

Na colheita as plantas foram separadas em parte aéreas e raiz. Para obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA) foi utilizada balança de precisão (0,01 g). Em seguida todo o material colhido foi levado à estufa com circulação de ar forçado à temperatura de 65 °C até obtenção de peso constante para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), ambas em g. planta<sup>-1</sup>. Foi determinada ainda a matéria fresca acumulada, com auxílio também da balança de precisão (0,01g) sendo expressa em kg. planta<sup>-1</sup>.

### **2.4.Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F para as fontes de variação “níveis de salinidade da água”, “vazões de aplicação de solução nutritiva” bem como, para suas interações. As variáveis com efeitos significativos foram submetidas à análise de regressão e análise de comparação de média. Para as variáveis estudadas dentro da fonte de variação “níveis de salinidade da água” foi feita análise de regressão, ajustando modelos de comportamento, selecionados após análise pelo teste F a 5% de probabilidade e pelo maior valor do coeficiente de determinação, levando em consideração também o comportamento biológico das plantas. Já para as variáveis estudadas dentro das fontes de variação “vazões de aplicação de solução nutritiva” os

dados foram analisados pelo teste de comparação de médias a uma probabilidade de 5% (PIMENTEL GOMES, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar a avaliação realizada ao fim do ciclo, Na tabela 2, é apresentado o resumo da análise de variância (valores de F) das características matéria seca da parte aérea (MSPA) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ), matéria fresca da parte aérea (MFPA) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ) matéria seca da raiz (MSR) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ) e matéria fresca acumulada (MFFacum) ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ). De maneira geral, verificou-se que os parâmetros avaliados foram significativamente ( $p < 0,01$ ) influenciados pela salinidade da água de irrigação (CEa). No que diz respeito aos níveis de vazão (V), com exceção da matéria seca da raiz (MSR), todas as variáveis apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) em função da variação de vazão aplicada dos tratamentos.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas para as variáveis Matéria seca da parte aérea (MSPA) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ); matéria fresca da parte área (MFPA) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ), matéria seca da raiz (MSR) ( $\text{g.planta}^{-1}$ ) e e matéria fresca acumulada (MFFacum) ( $\text{kg.planta}^{-1}$ ), em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva (V).

Fonte de variação	GL	Teste F			
		Variáveis			
		MSPA	MFPA	MSR	MFFacum
CEa	5	481,771**	1453,62**	4,739 <sup>ns</sup>	144,042**
V	1	170,479**	412,38**	0,310 <sup>ns</sup>	219,586**
CEa*V	5	2,047 <sup>ns</sup>	2,112 <sup>ns</sup>	0,952 <sup>ns</sup>	0,505 <sup>ns</sup>
CV(%)		2,28	2,46	5,30	4,34

\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

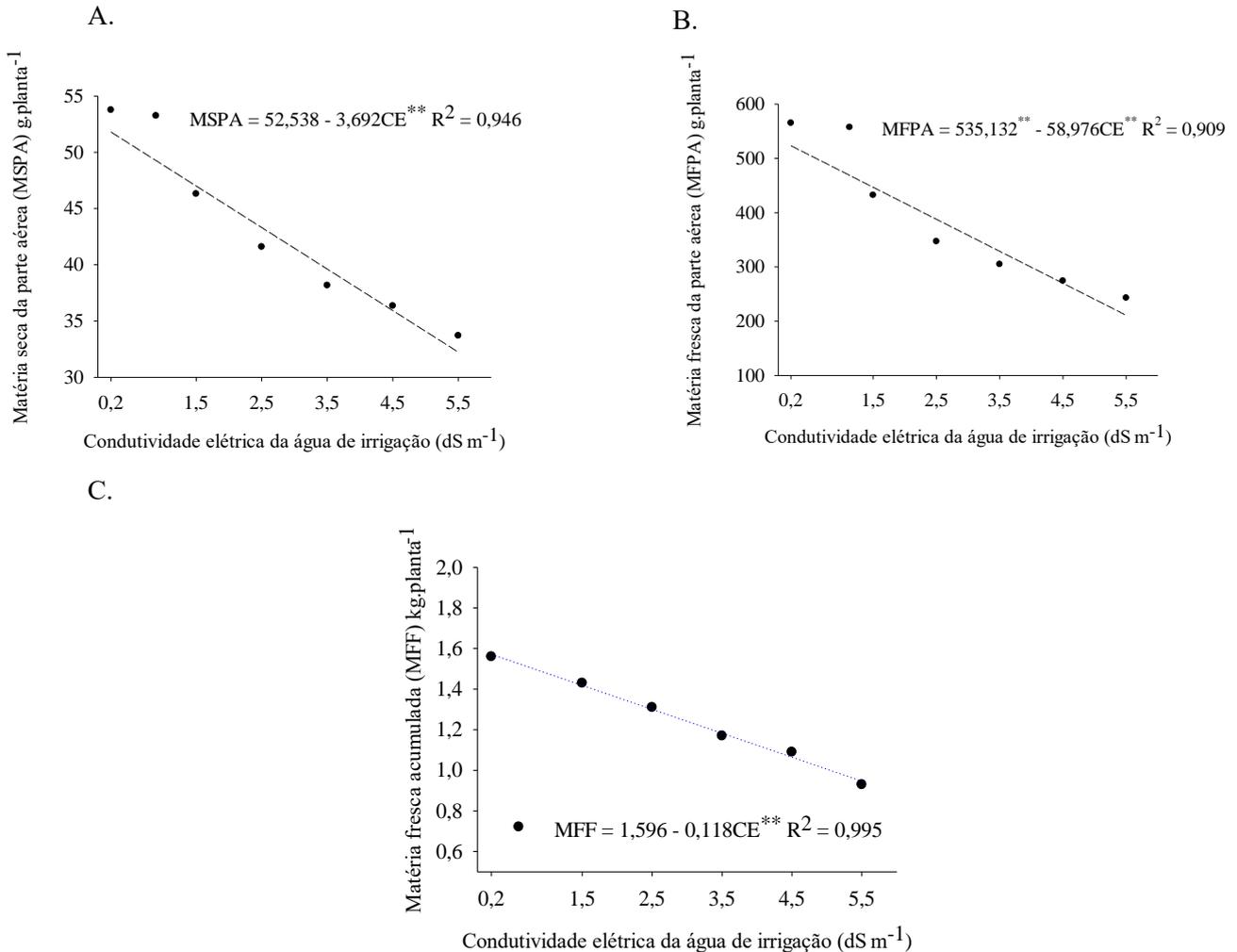
\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns: Parâmetro não significativo.

Na figura 4, podemos analisar os desdobramentos da salinidade da água de irrigação sobre os parâmetros de crescimento mostrados na análise de variância acima. O valor da MSPA mínimo foi de  $33,7 \text{ g planta}^{-1}$ , na CEa estimada em  $5,5 \text{ dS m}^{-1}$  e, neste mesmo valor de CEa, estimou-se a menor MFPA ( $242,97 \text{ g planta}^{-1}$ ) para o intervalo de CEa proposta. Já para a matéria fresca acumulada ao final do ciclo (MFF), foi observado

um decréscimo linear, com reduções de 0,118 kg em função do incremento unitário de salinidade ( $\text{dS m}^{-1}$ ). (Figura 4).

**Figura 4** Gráficos de dispersão e equações de regressão para matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria fresca acumulada (MFF) em função da salinidade da água de irrigação (CEa).



\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns: Parâmetro não significativo.

A modificação de parâmetros de crescimento é resultante de diversos processos de adaptação das plantas ao estresse salino (ZHANG et al., 2022). Sob estresse salino, as plantas tendem a se ajustar osmoticamente, o que interfere nos processos de absorção de água e fotoassimilados, resultando em decréscimos de rendimento, e principalmente do crescimento das plantas. Essa osmoregulação prejudica os processos de expansão e

crescimento celular dos tecidos das plantas, o que pode ser visto de maneira visível na redução de seu crescimento.

Além do componente osmótico, o desequilíbrio nutricional oriundo do incremento salino na rizosfera das plantas também é um fator que desequilibra o balanço iônico delas, justificando as respostas encontradas em razão do aumento da salinidade da água de irrigação nas variáveis analisadas (ZHOU et al.,2023).

Cruz et al. (2021), trabalhando com a cultura da couve, observou reduções das variáveis de biomassa seca e verde em função do aumento da salinidade da água de irrigação. Soares et al. (2020), também trabalhando com a cultura da couve em sistema hidropônico NFT, também observou reduções das variáveis biométricas da cultura em função do incremento da salinidade da água de irrigação.

Zhou et al. (2023) e Zhang et al. (2022) descrevem acerca do comportamento das plantas e suas adaptações ao estresse salino. Dentre as primeiras sinalizações feitas pelas plantas em resposta ao estresse, o aparato radicular é o primeiro que passa por modificações estruturais. Os autores relatam que sob pequenos incrementos salinos, as plantas podem estimular o crescimento de raízes laterais de absorção, e que, a partir de um determinado nível salino, a depender da cultura, esse estímulo de crescimento é cessado e a translocação de fotoassimilados é interrompida (MAGDALENA et al.,2014). Esse comportamento pode ser observado na MSR, que encontrou um pico de inflexão máxima, como foi citado.

Ao analisar os desdobramentos dos efeitos dos tratamentos sob a área foliar (AF) (m<sup>2</sup>), foram observadas interferências significativas da salinidade da água de irrigação e da vazão da solução nutritiva nesta variável, a depender da época de avaliação realizada, conforme podemos observar na tabela de resumo de análise de variância a seguir:

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas para a variável área foliar (AF) aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após transplântio (DAT), em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva (V).

Fonte de variação	Teste F						
	GL	Variáveis					
		AF15	AF30	AF45	AF60	AF75	AF90
CEa	0,595 <sup>ns</sup>	97,198 <sup>**</sup>	89,408 <sup>**</sup>	143,138 <sup>*</sup>	222,822 <sup>*</sup>	369,664 <sup>*</sup>	
V	0,099 <sup>ns</sup>	31,092 <sup>**</sup>	181,216	956,89 <sup>**</sup>	8,792 <sup>**</sup>	60,738 <sup>**</sup>	
Cea*V	0,63 <sup>ns</sup>	1,141 <sup>ns</sup>	10,894 <sup>**</sup>	40,545 <sup>**</sup>	1,547 <sup>ns</sup>	7,113 <sup>**</sup>	

CV(%)	8,77	4,09	5,27	3,14	3,24	5,36
-------	------	------	------	------	------	------

\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

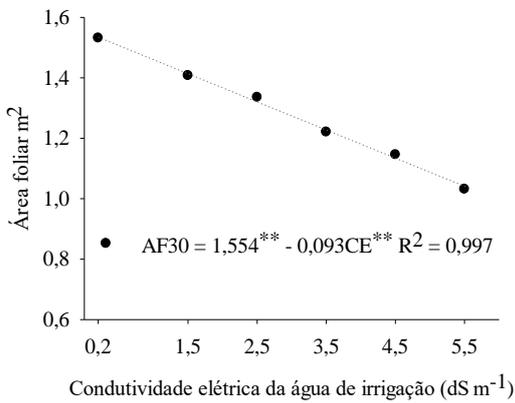
ns: Parâmetro não significativo.

Nas avaliações de área foliar (AF) realizadas no decorrer do experimento, apenas na primeira avaliação não foram evidenciadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Aos 30 DAT, foi observado um decréscimo linear da área foliar em função do aumento da salinidade da água de irrigação, com reduções de 0,094 m<sup>2</sup> por incremento unitário de salinidade (dS m<sup>-1</sup>). Aos 45 DAT, foi observada a interação entre salinidade x vazão sendo significativa, de forma que para a vazão de 1,5 L.min<sup>-1</sup> (V1), a área foliar apresentou comportamento quadrático, com ponto de inflexão máximo para a salinidade de 2,46 dS m<sup>-1</sup>. Para a vazão de 2,5 L min<sup>-1</sup> (V2), foi observado um decréscimo linear, com reduções de 6,928 m<sup>2</sup> por incremento unitário de salinidade.

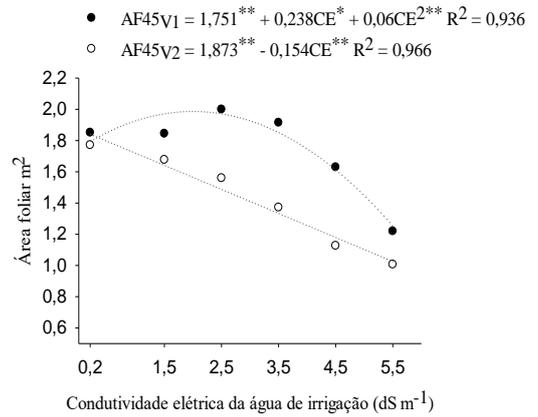
Na avaliação realizada aos 60 DAT, também foi evidenciado o efeito das interações entre os tratamentos, onde para V1 foi apresentado um comportamento quadrático, com ponto de inflexão máximo de 2,41 dS m<sup>-1</sup> e para a V2 um comportamento linear, com reduções de 6,883 por incremento unitário de salinidade. Aos 75 DAT, foi observado apenas efeito da salinidade da água de irrigação, com decréscimo linear da área foliar total de 0,765 m<sup>2</sup>. Na avaliação realizada aos 90 DAT, o efeito da interação dos tratamentos analisados voltou a ser preponderante, apresentando decréscimos lineares para V1(1,5 L min<sup>-1</sup>) e V2 (2,5 L min<sup>-1</sup>) de 0,806 e 0,7525 m<sup>2</sup>, respectivamente .

**Figura 5** Gráficos de dispersão e equações de regressão para área foliar (AF), aos 30, 45, 60, 75 e 90 DAT em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva.

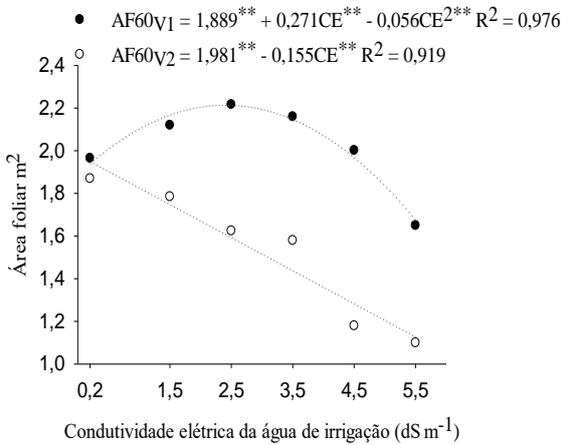
A.



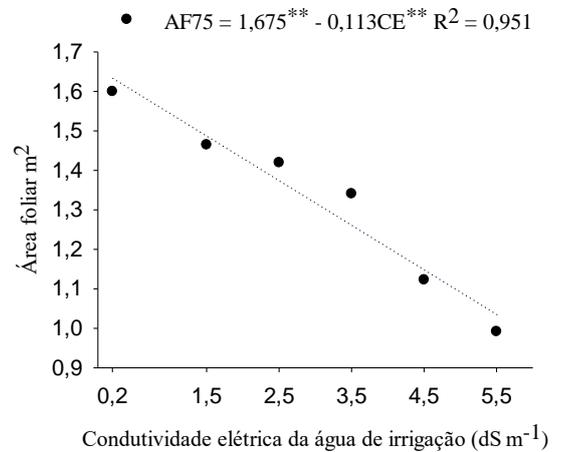
B.



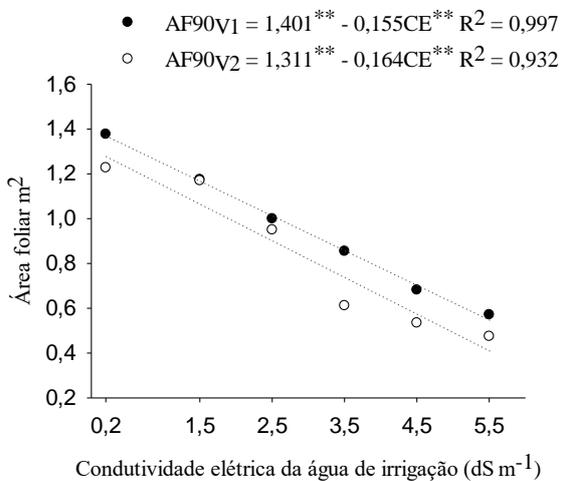
C.



D.



E.



\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns : Parâmetro não significativo.

A área foliar é uma das principais estruturas biológicas envolvidas na interceptação de resultados relacionados com a produção fotossintética, evapotranspiração e diversos outros processos importantes na planta relacionados ao crescimento, com reflexos no rendimento final das culturas. A percepção de estresse salino por parte das plantas se dá nível molecular e o ajustamento osmótico interfere diretamente no processo de expansão celular, refletindo em variações na dinâmica de crescimento das plantas e das folhas (ZHANG et al., 2023).

Além da própria interferência no processo de expansão celular, Zhou et al. (2023) relatam que a senescência das folhas é uma resposta bastante evidenciada pelo estresse salino, o que também contribui nesta variável, visto que em determinadas situações a ausência de folhas tende a prejudicar as aferições e determinações da área foliar.

Ao analisar os desdobramentos dos efeitos dos tratamentos sob a altura da planta (AP) (m), foram observadas interferências significativas da salinidade da água de irrigação e da vazão da solução nutritiva nesta variável, a depender da época de avaliação realizada, conforme podemos observar na tabela de resumo de análise de variância a seguir:

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas para a variável altura de planta (AP) aos 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após transplântio (DAT), em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva (V).

Fonte de variação	GL	Teste F					
		Variáveis					
		AP15	AP30	AP45	AP60	AP75	AP90
CEa	5	19,339**	69,704**	180,804**	468,999**	418,025**	377,796**
V	1	20,740*	63,889*	352,00**	411,110*	218,146*	158,185*
CEa*V	5	2,102 <sup>ns</sup>	1,150 <sup>ns</sup>	4,086**	5,75**	1,297 <sup>ns</sup>	3,39*
CV(%)		3,15	2,57	1,65	1,36	1,39	1,53

\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns: Parâmetro não significativo.

O desdobramento dos tratamentos avaliados na altura das plantas mostrou que em todas as avaliações houve significâncias em pelo menos um dos tratamentos avaliados e/ou presença do efeito das interações na altura das plantas (AP), a depender da época de avaliação.

No que diz respeito aos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 15 DAT, a AP apresentou um decréscimo linear em função do aumento da salinidade da água de irrigação (CEa), com reduções totais de 3,1 cm. Aos 30 DAT, as plantas também apresentaram decréscimos lineares, com reduções totais de 7,88 cm ao ser submetida aos tratamentos mais salinos. Aos 45 DAT, foi observado efeito da interação salinidade x vazão, de forma que para a V1 (1,5 L min<sup>-1</sup>) as reduções totais foram de 9,5 cm e para V2 (2,5 L min<sup>-1</sup>) as reduções totais foram de 12,5 cm.

Para as avaliações realizadas aos 60 DAT, os decréscimos lineares observados foram de 13,25 cm para V1 e de 16,75 cm para V2. Aos 75 DAT, ocorreu apenas o efeito do incremento salino da água de irrigação, com reduções totais de 16,88 cm na altura das plantas. E aos 90 DAT, houve novamente efeito da interação salinidade x vazão, onde foram observados os decréscimos unitários de 26,83 e 32,61 cm por incremento unitário de salinidade respectivamente para V1 e V2.

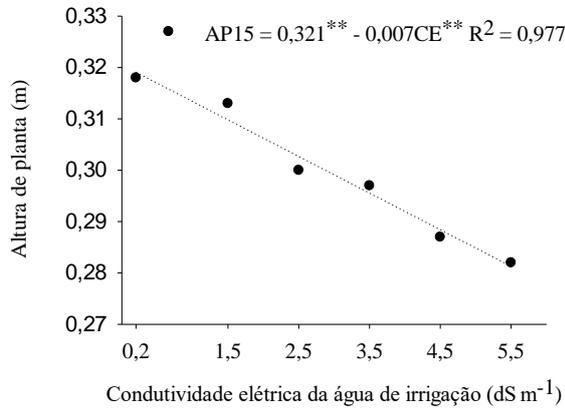
A altura de plantas é uma variável biométrica visível, que em determinadas situações pode-se não se mostrar em evidência os efeitos majorados do estresse. Neste caso em específico, as plantas de couve-folha notadamente foram afetadas prejudicialmente não só pelo estresse salino como também pela influência na vazão dentro de todo esse comportamento.

Conforme foi comentado, a dinâmica de crescimento é afetada em razão do estresse salino, e suas modificações morfofisiológicas apresentam como último estágio as modificações de ordem visível nas plantas, sejam elas sintomas de toxidez ou a própria redução de crescimento, evidenciada neste comportamento supracitado.

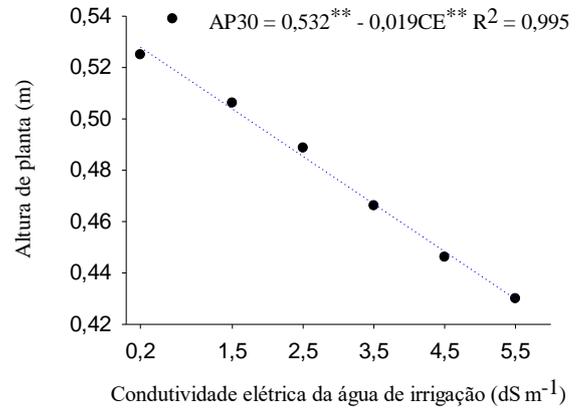
Soares et al. (2020) trabalhando com a cultura da couve-flor, observou reduções nas variáveis biométricas das plantas em função do incremento da salinidade da água de irrigação. Foi observado como o aumento da condutividade elétrica refletiu em diversas variáveis, como área foliar, diâmetro de caule, altura das plantas e variáveis de matéria fresca e seca. Neste mesmo sentido, Cruz et al. (2021), constatou reduções das variáveis biométricas tanto em função da salinidade como também em razão das diferentes vazões de aplicação da solução nutritiva.

**Figura 5** Gráficos de dispersão e equações de regressão para altura de plantas (AP), realizadas aos 15,30,45,60,75 e 90 DAT em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva.

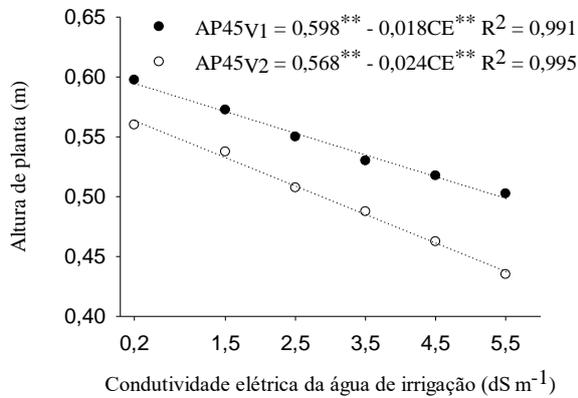
A.



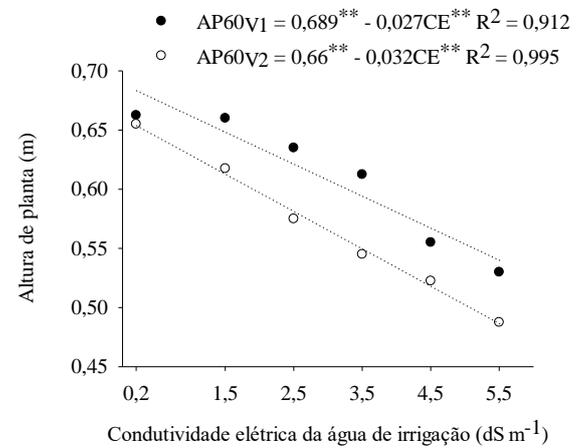
B.



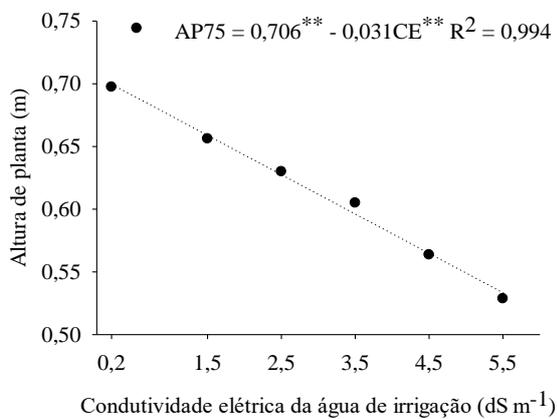
C.



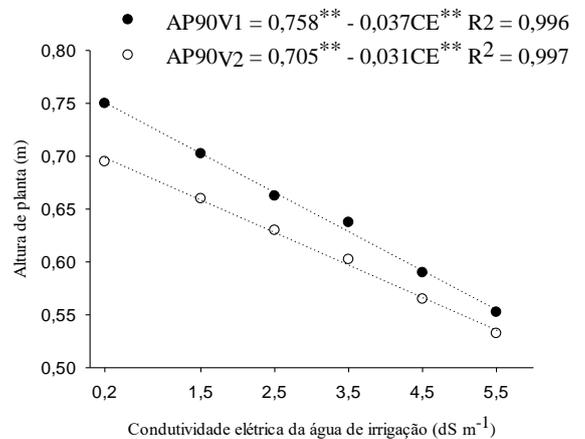
D.



E.



F.



\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns: Parâmetro não significativo.

A variação de vazão na aplicação da solução nutritiva é uma característica ainda pouco discutida, porém pode interferir de maneira direta nos parâmetros de crescimento das plantas, como foi no caso da couve-folha.

Alguns trabalhos de pesquisadores recentes têm evidenciado essa temática de variação de vazão e constatado que as plantas tendem a apresentar variações tanto em seus parâmetros biométricos, como morfofisiológicos (CRUZ et al., 2021; SOARES et al., 2020). Ambos evidenciaram que o aumento do fluxo de vazão tende a trazer um maior fluxo de sais próximo a rizosfera das plantas, e dessa forma, ocasionando maiores reduções nos parâmetros avaliados, fato este que corrobora com os resultados obtidos no trabalho.

#### **4. CONCLUSÕES**

A salinidade da água de irrigação apresentou efeitos deletérios em todas as variáveis apresentadas, sendo observados decréscimos consideráveis especialmente nas variáveis biométricas. Entretanto, para algumas variáveis, a tolerância favoreceu inicialmente algumas variáveis de crescimento, como a matéria seca de raiz e a área foliar

A variação de vazão de aplicação da solução nutritiva potencializou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação nas variáveis analisadas, sobretudo na altura de plantas e na área foliar, devido ao maior fluxo de sais presentes na rizosfera das plantas.

E ainda de maneira isolada, o aumento do fluxo de vazão reduziu os parâmetros de rendimento da cultivar couve-folha cv. "Manteiga". Entretanto se faz necessário a utilização de mais fluxos e mais estudos relacionados a esta temática afim de obter uma resposta mais precisa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARNEIRO VIANA, P. **Eficiência do uso de águas salobras no cultivo hidropônico da couve-folha**. Tese (Doutorado)—Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas: [s.n.].

CERQUEIRA, P.R.S. et al. **Agricultura irrigada em ambientes salinos** / editores técnicos, Paulo Cerqueira *et al.* – Brasília : Codevasf, 2021. 363 p : il. ISBN 978-65-88380-06-2 - eBook

CRUZ, RUANA I. F. et al. Produtividade da água e consumo hídrico pela couve-flor utilizando águas salobras e diferentes vazões. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.25, p.422-28, 2021.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/couve/br>>. Acesso em: 04/12/2023

MAGDALENA, M. et al. Capturing Arabidopsis Root Architecture Dynamics with ROOT-FIT Reveals Diversity in Responses to Salinity. **Plant Physiology**, v.166, n.3, p.1387-1402, November 2014, <https://doi.org/10.1104/pp.114.248963>.

NOBOA, C.S. et al. Produção hidropônica e análise sensorial de couve-de-folhas na forma de maço de plantas jovens. **Ciência, Tecnologia & Ambiente**, vol. 9, 2019, e09121. <https://doi.org/10.4322/2359-6643.09121>

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477 p.

PORTO, E.R. et al. **AGRICULTURA BLOSSALINA: DESAFIOS E ALTERNATIVAS PARA O USO DE ÁGUAS SALOBRAS E SALINAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. PDF (38p.) – (**Documentos / Embrapa Meio Ambiente**, 1516 - 4691; 121).

SILVA, R. M. A. DA et al. Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, 17 dez. 2020.

SOARES, H.R.E. et al. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in nft hydroponic system. **Revista brasileira de engenharia agrícola e Ambiental**, v.24, n.4, p.258-65, 2020.

SOARES, T.M. et al. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, v.12, p. 235 - 248, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. **Artmed**, Porto Alegre, BR. 2013, 918 p.

ZHANG, U. et al. Abiotic stress responses in plants. **Nat. Ver. Genet**, v.23, p.104-119, 2022.

ZHANG, Y. et al. Plants Response to Abiotic Stress: Mechanisms and Strategies. **Int. J. Mol. Sci.**, v.24, p.10915, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms241310915>.

ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, 28 ago. 2023.

**CAPÍTULO III: TROCAS GASOSAS DA COUVE FOLHA SUBMETIDA AO ESTRESSE SALINO E VAZÕES DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.**

## **TROCAS GASOSAS DA COUVE FOLHA SUBMETIDA AO ESTRESSE SALINO E VAZÕES DE APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

**RESUMO:** A salinidade é uma problemática presente praticamente em todas as regiões agrícolas do mundo, limitando de maneira considerável a produção. No Nordeste, além da presença de áreas salinizadas, existe ainda a escassez de águas superficiais, que, somado ao processo contínuo de salinização dos solos, são os principais fatores limitantes da atividade agrícola da região. O presente estudo teve por objetivo avaliar as trocas gasosas da couve folha sob cultivo hidropônico em função da salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva e das vazões de aplicação dessa solução. O experimento foi realizado em casa de vegetação, utilizando a cultura da couve de folha cv. Manteiga. Foi utilizado o delineamento experimental casualizado, com fatorial 6x2, sendo esses fatores: seis níveis de salinidade da água utilizada para o preparo da solução nutritiva (CEa: 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 dS m<sup>-1</sup>) e duas vazões de aplicação da solução (1,5 e 2,5 L. min<sup>-1</sup>). Avaliou-se a fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E) e eficiência instantânea do uso da água (EU<sub>Ain</sub>). Foram observados efeitos deletérios em todas as variáveis analisadas em função do aumento da salinidade da água de irrigação (CEa). Da mesma forma, o aumento das vazões de aplicação contribuiu para potencializar o efeito do estresse salino nas plantas, onde foram apresentadas maiores reduções à medida que a vazão de 2,5 L min<sup>-1</sup> foi adotada.

**Palavras-chave:** Aspectos fisiológicos, salinidade, estresse abiótico, cultivo hidropônico

## **GAS EXCHANGE OF CABBAGE LEAF SUBJECTED TO SALINE STRESS AND NUTRITIONAL SOLUTION APPLICATION FLOWS**

**ABSTRACT:** Salinity is a problem present in practically all agricultural regions of the world, considerably limiting production. In the Northeast, especially in the semi-arid region, in addition to the presence of salinized areas, there is also a scarcity of surface water, which, added to the continuous process of soil salinization, are the main factors limiting agricultural activity in the region. to evaluate the gas exchange of leaf cabbage under hydroponic cultivation as a function of the salinity of the water used to prepare the nutrient solution and the application rates of this solution. The experiment was carried out at the Department of Agricultural Engineering (DEAGRI – UFRPE) in a greenhouse, using cv. Butter. A randomized experimental design was used, with a 6x2 factorial, with these factors being: six levels of salinity of the water used to prepare the nutrient solution (T1 = 0.2; T2 = 1.5; T3 = 3.5; T4 = 3.5; T5 = 4.5 and T6 = 5.5 dS m<sup>-1</sup>) and two application flow rates of the solution (1.5 and 2.5 L. min<sup>-1</sup>). In general, deleterious effects were observed in all variables analyzed due to the increase in irrigation water salinity (ECa). Deleterious effects were observed for net photosynthesis (A), stomatal conductance (gs), internal CO<sub>2</sub> concentration (Ci), leaf transpiration (E) and instantaneous water use efficiency (EU<sub>Ain</sub>). Likewise, the increase in application flow rates contributed to enhancing the effect of saline stress on plants, where greater reductions were shown as the flow rate of 2.5 L min<sup>-1</sup> was adopted.

**Keywords:** Gas exchange, salinity, abiotic stress, hydroponic cultivation

## 1. INTRODUÇÃO

A salinidade é uma problemática presente praticamente em todas as regiões agrícolas do mundo, limitando de maneira considerável a produção. No Nordeste, além da presença de áreas salinizadas, existe ainda a escassez de águas superficiais, que, somado ao processo contínuo de salinização dos solos, são os principais fatores limitantes da atividade agrícola da região (COLLA et al., 2006; PINHEIRO et al., 2022).

No nordeste brasileiro, é bastante comum a presença de aquíferos subterrâneos, que na maioria dos casos se mostra como única fonte de água disponível para o uso humano e para a utilização nas atividades agrícolas dessas localidades. Porém, dada a composição mineralógica local, é bastante comum que esses aquíferos apresentem grande quantidade de sais em sua composição, sendo necessário cuidado com as destinações dessa suplementação hídrica (ROCHA NEVES *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2015).

A utilização de águas salobras, principalmente no que diz respeito ao seu uso inapropriado, tende a trazer efeitos deletérios ao ambiente, de forma a promover a salinização e sodificação dos solos em virtude do acúmulo de sais e as alterações em suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas (OLIVEIRA et al., 2024), o que reflete diretamente na diminuição da produção da maioria das culturas (AGUIAR *et al.* 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018).

Contudo, a problemática da salinidade associada as perdas de produção podem ser minimizadas através de técnicas de cultivo que possam promover melhores condições ao desenvolvimento das plantas sem a utilização do solo como principal fonte de sustentação e nutrição. Nesse sentido, tem sido cada vez mais disseminada a técnica da hidroponia como uma alternativa, especialmente quando se trata do uso de águas salobras (COSME *et al.* 2011; OLIVEIRA *et al.* 2017; SOARES *et al.*, 2015).

A fotossíntese juntamente com o crescimento celular está entre os processos primários a serem afetados pelo estresse salino (CHAVES et al., 2009). Segundo Silva *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2015), os efeitos induzidos pela salinidade promovem alterações nas trocas gasosas das plantas, em razão de um natural ajustamento osmótico. Dessa forma, o aumento da concentração salina reflete no processo de abertura e fechamento dos estômatos, influenciando na condutância estomática, na taxa fotossintética e na eficiência do uso da água (SOARES *et al.*, 2013).

A cultura da couve folha é classificada como moderadamente suscetível ao estresse salino, apresentando uma salinidade limiar (ou limite) de 1,8 dS m<sup>-1</sup> de condutividade elétrica do extrato de saturação. Contudo, a tolerância das plantas a

salinidade pode variar por diversos fatores. O sistema de cultivo hidropônico permite uma melhor tolerância das plantas a salinidade, visto que a influência da energia do potencial mátrico é minimizada (SOARES et al., 2020; NOBOA et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas da couve-folha sob cultivo hidropônico em NFT em função do uso de água salobra para fins de irrigação e das vazões de aplicação da solução nutritiva.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Localização dos experimentos**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido tipo casa vegetação situada no Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em Recife, PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8°01'05'' latitude sul e 34° 56' 48'' de longitude oeste e altitude média de 6,5 m.

### **2.2. Estrutura experimental**

A casa de vegetação possui dimensões de 7 m de largura por 24m de comprimento e 3 m de pé direito, com cobertura do tipo arco filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz. As paredes laterais e frontais são constituídas de telas de nylon, cor preta, com 50% de sombreamento (Figura 1). O interior da casa de vegetação possui o piso totalmente coberto com manta geotêxtil (bidin), com o objetivo de impedir a germinação de plantas daninhas, que podem servir de abrigo de pragas e doenças.



**Figura 1.** Casa de vegetação localizada no DEAGRI – UFRPE a ser utilizada nos experimentos.

### 2.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6x2, sendo seis níveis de condutividade elétrica da água (CEa: 0,2; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5  $\text{dS m}^{-1}$ ), duas vazões de aplicação de solução nutritiva ( $V1 = 1,5$  e  $V2 = 2,5 \text{ L min}^{-1}$ ), com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Cada parcela possuía cinco plantas de couve-folha (Figura 2). Os tratamentos salinos foram obtidos mediante a adição de NaCl tanto na água utilizada no preparo da solução nutritiva como na reposição da lâmina evapotranspirada, sendo a solução nutritiva preparada de acordo com a metodologia proposta por Furlani et al. (1998). Os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória, mediante sorteio, dentro da área útil, conforme mostra o croqui da Figura 2.

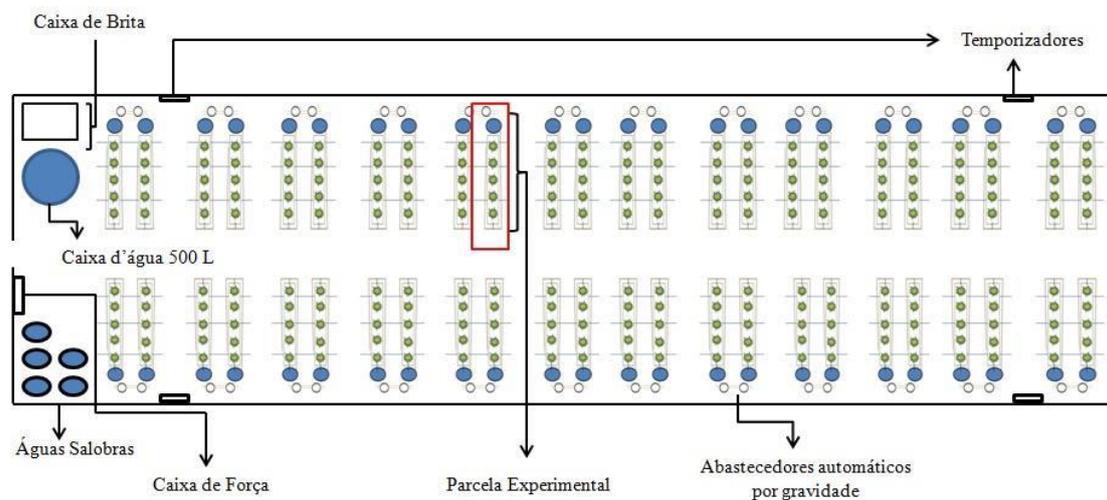
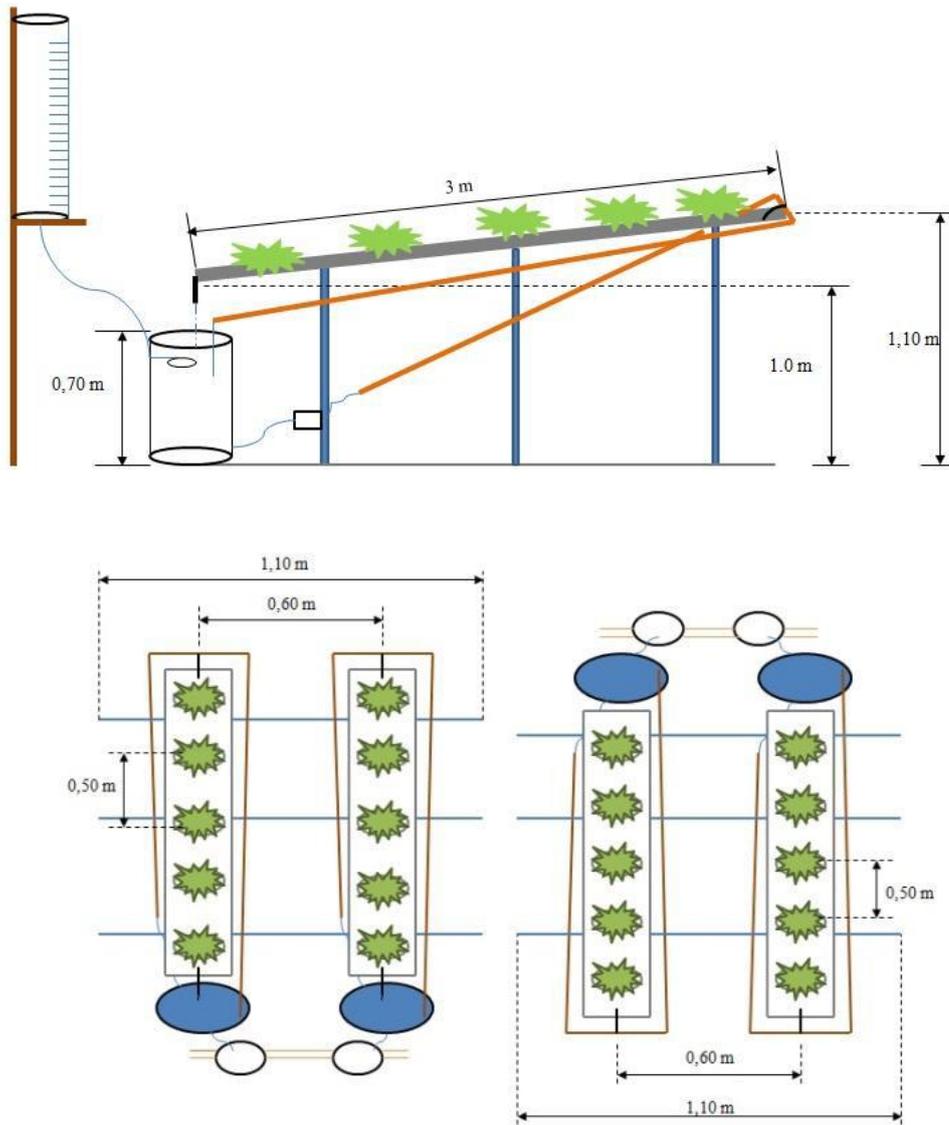


Figura 2. Vista superior da área experimental com disposição das parcelas experimentais

O sistema hidropônico foi o NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes). Em cada parcela, foi utilizado perfil hidropônico independente de 3 m de comprimento, com espaçamento de 0,50 m entre plantas e 0,60 m entre perfis trapezoidais de 150 mm (Figura 3). A altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi de 1,10 m possuindo três pontos de apoio e uma inclinação de até 5%.

Também foram monitorados sistemas de abastecimento automático individualizado para a reposição da água evapotranspirada para cada parcela, construindo-se de uma tubulação de PVC de seção contínua com diâmetro de 150 mm, permitindo que a água siga automaticamente para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia. O depósito de abastecimento foi dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente para cálculo do volume evapotranspirado por planta.



**Figura 3.** Vista lateral da parcela experimental (A) espaçamento utilizado para a produção hidropônica de couve-folha (B).

Cada tipo de água foi preparado em caixa d'água com capacidade para 500 L, medindo-se a (CEa) e o pH, sendo em seguida acrescentando os macro e micronutrientes para a preparação da solução nutritiva. Para adição dos micronutrientes foi preparada uma solução estoque em 1 L com concentração 1000 vezes, com exceção do ferro, no qual, foi preparada uma solução estoque individual para ele, e na mesma proporção para os demais micronutrientes. Após a homogeneização foram realizadas leituras de pH e condutividade elétrica da solução.

O monitoramento da solução nutritiva foi realizado mediante coleta em dias alternados de amostras da solução de cada tratamento, com o objetivo de verificar o comportamento da solução nutritiva em função dos tratamentos aplicados ao longo do ciclo da cultura.

As mudas de couve-folha cv. "Manteiga" foram adquiridas de viveirista especializado 20 dias após a semeadura, sendo essas produzidas em bandejas de 200 células preenchida com pó de coco já tratado para este fim. Após aquisição das mudas, elas foram transferidas para o perfil hidropônico, fixando uma planta por célula, ou seja, em cada perfil (parcela experimental) possuiu cinco plantas, irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1998) para hortaliças folhosas, caracterizada com 2 dS m<sup>-1</sup> quando produzida a partir de água com baixa salinidade com 0,2 dS m<sup>-1</sup>.

A irrigação foi controlada por um temporizador elétrico programado para intervalos regulares de 15 minutos entre cada irrigação, que teve duração também de 15 minutos, isto no período entre às 7 horas da manhã e as 18 horas do dia. No período das 18 às 7 horas, o temporizador foi programado para uma irrigação a cada duas horas com duração de 15 minutos cada, em função desse período corresponder a uma menor taxa de evapotranspiração da cultura.

Com base nas leituras de pH e CEa, quando necessário, o pH foi ajustado mediante adição de KOH ou HNO<sub>3</sub>, visando mantê-lo na faixa de 5,0 a 7,0. Quando atingiu um valor inferior a 1 dS m<sup>-1</sup> da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) foi realizada a troca da mesma.

#### **2.4. Avaliação das trocas gasosas nas plantas**

Foram selecionadas folhas maduras fisiologicamente de cada tratamento para determinação periódica (a cada 15 dias) das trocas gasosas. A determinação das trocas gasosas foi realizada através do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer – IRGA) modelo Li 6400 XT (LI-COR), sob radiação fotossinteticamente ativa mantida em 2500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Foram realizadas as seguintes avaliações: taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de transpiração (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), condutância estomática (gs) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea do uso da água (EUAin) ( $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) e eficiência instantânea de carboxilação (EICi) ( $\text{mmol mmol}^{-1}$ ).

#### **2.5. Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F para as fontes de variação “níveis de salinidade da água”, “vazões de aplicação de solução nutritiva” bem como, para suas interações. As variáveis com efeitos significativos foram submetidas à análise de regressão e análise de comparação de média. Para as variáveis estudadas dentro da fonte de variação “níveis de salinidade da água” foi feita análise de regressão, ajustando modelos de comportamento, selecionados após análise pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ; respectivamente) e pelo maior valor do coeficiente de determinação. Já para as variáveis estudadas dentro das fontes de variação “vazões de aplicação de solução nutritiva” os dados foram analisados pelo teste de comparação de médias a uma probabilidade de 5% (PIMENTEL GOMES, 2000).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação realizada, como podemos observar na tabela 3, o fator salinidade da água de irrigação (CEa) apresentou influência ( $p < 0,01$ ) sobre a fotossíntese líquida (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea do uso da água (EU<sub>Ain</sub>) ( $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) e na eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) ( $\text{mmol mmol}^{-1}$ ). Foi observado ainda o efeito isolado da vazão ( $p < 0,05$ ) na eficiência instantânea do uso da água (EU<sub>Ain</sub>) ( $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ). Já para a condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), para a concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e para a transpiração foliar (E) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) o efeito da interação entre a salinidade da água de irrigação e os níveis de vazão adotados foram significativos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para as avaliações realizadas para as variáveis fotossíntese líquida (A) condutância estomática concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci), transpiração foliar (E), eficiência intrínseca do uso da água (EU<sub>Ain</sub>) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi), em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva (V).

Fonte de variação	GL	Teste F					
		Variáveis					
		A	$g_s$	Ci	E	EU <sub>Ain</sub>	EiCi
CEa	5	15,608**	42,025**	17,144**	48,013**	6,224**	3,728**
V	1	1,431 <sup>ns</sup>	3,439 <sup>ns</sup>	10,099**	12,396**	4,892*	0,080 <sup>ns</sup>
CEa*V	5	2,260 <sup>ns</sup>	2,784**	4,943**	3,337*	1,901 <sup>ns</sup>	1,664 <sup>ns</sup>
CV (%)		13,55	12,76	9,79	15,07	11,97	11,02

\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

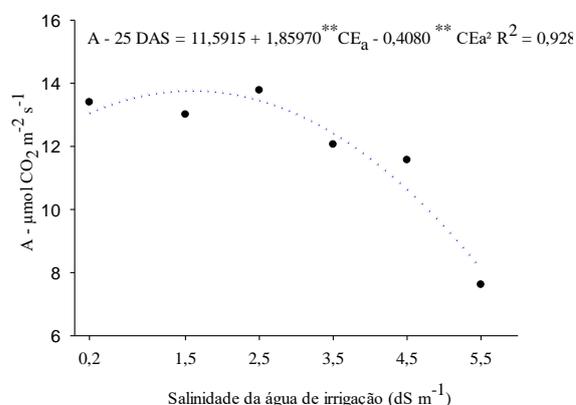
\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> : Parâmetro não significativo.

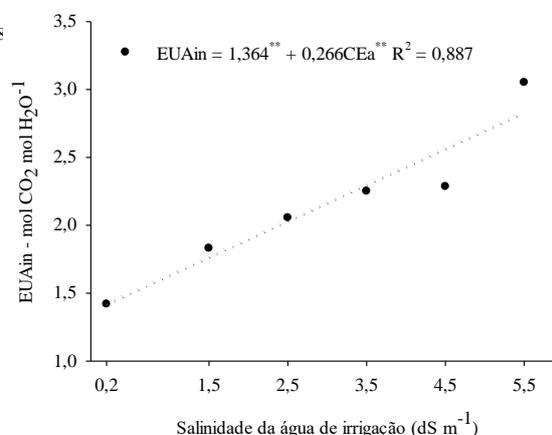
Na avaliação realizada, a salinidade da água de irrigação (CEa) apresentou um comportamento quadrático na fotossíntese líquida das plantas (A), com um ponto de máxima encontrado em  $2,27 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 4A). A eficiência instantânea do uso da água (EU<sub>Ain</sub>) apresentou um comportamento linear, com um acréscimo linear positivo de  $0,308 \text{ mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$  por incremento unitário da salinidade da água de irrigação (Figura 4B). Já a eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) apresentou um comportamento quadrático em função da utilização da salinidade da água de irrigação, com ponto de inflexão máxima aos  $2,25 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 4C).

**Figura 4** Gráficos de dispersão e equações de regressão para fotossíntese líquida (A), eficiência intrínseca do uso da água (EUAin) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) no tecido foliar da couve-folha em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva.

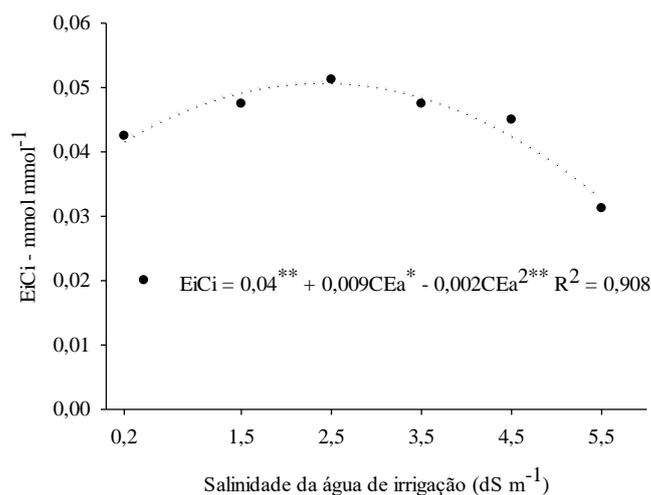
A.



B.



C.



\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns : Parâmetro não significativo.

A fotossíntese é um dos principais processos fisiológicos realizados pelas plantas, e sua conclusão e realização depende de inúmeros fatores (ROCHA et al., 2019). No caso de plantas sob estresse salino, a partir do acúmulo de sais no tecido foliar, alterações

diversas podem ocorrer nas plantas, refletindo na sua eficiência fotossintética (ZEESHAN et al., 2020). O acúmulo de sais resulta em um desbalanço osmótico, o que reflete na limitação da atividade fotossintética por limitações estomáticas.

Silva et al. (2023), ao trabalhar com a cultura da couve sob concentrações salinas da solução nutritiva, pode constatar resultados semelhantes aos obtidos no trabalho, com reduções da atividade fotossintética das plantas em função do uso de águas salobras no preparo da solução nutritiva. Neste caso em específico, as plantas ainda se aproveitaram positivamente da concentração de solutos até o ponto de máxima supracitado e após esse limite os efeitos do estresse salino foram majorados nas plantas.

Dias et al. (2022) ao trabalharem a eficiência fotoquímica do gergelim em função do estresse salino, também observaram reduções na atividade fotossintética das plantas, observaram que o estresse salino, sobretudo em regiões semiáridas, resultou na redução da fotossíntese das plantas.

A eficiência instantânea do uso da água ( $EUA_{in}$ ) é um parâmetro que apresenta uma forte correlação com a atividade fotossintética das plantas, onde é esperado que ocorra um aumento da eficiência da água a medida em que ocorre uma redução da atividade fotossintética (ZHOU et al., 2023). Ademais, o incremento salino promovido pelo uso de águas salobras promove uma melhor otimização da água pelas plantas, devido ao ajustamento osmótico que ocorre nessas condições (ZHANG et al., 2022).

Wanderley et al. (2022) e Silva et al. (2023) observaram em seus trabalhos que a redução da atividade fotossintética refletiu em um maior aproveitamento do uso da água, ao analisar sua eficiência instantânea. Essa característica se tornou mais evidente ainda nos tratamentos de maior salinidade. Tal tendência corrobora com a ideia de Shimazaki *et al.* (2007), que afirma que sob estresse salino as plantas tendem a ser mais eficientes com relação ao uso da água, devido a regulação estomática e a diminuição da entrada de  $CO_2$  pelas plantas, como mecanismos de adaptação

A eficiência instantânea de carboxilação ( $EiCi$ ) é reduzida também em função do incremento da salinidade da água de irrigação devido a redução da taxa fotossintética. A redução da fotossíntese interfere na taxa de assimilação de  $CO_2$ , ocasionando a redução dela. Machado *et al.* (2005) citam que a  $EiCi$  possui estreita relação com a concentração interna de  $CO_2$  e com a taxa de assimilação ( $A$ ). Neste caso, verifica-se que a redução da  $EiCi$  se deu principalmente pela redução de  $A$ .

Sob condições de menor quantidade de  $CO_2$ , ocorre uma menor metabolização desse dióxido de carbono, reduzindo a eficiência de carboxilação. Como trata-se de uma

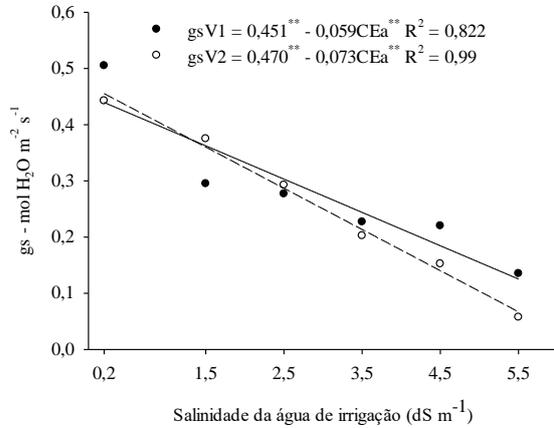
relação, o processo de adaptação das plantas para tolerância ao estresse interfere na fotossíntese e por consequência, na  $E_iC_i$  (ZHANG et al.,2022; ZHOU et al., 2023).

Na figura 5, ao analisar as variáveis que apresentaram interação entre os tratamentos apresentados, pudemos constatar que a condutância estomática (gs) apresentou comportamentos lineares tanto para a primeira como para a segunda vazão de circulação da solução nutritiva. Para o primeiro fluxo de vazão foi observado um decréscimo linear de  $0,0811 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na condutância estomática das plantas por incremento unitário de salinidade da água de irrigação (CEa). Já para o segundo fluxo de vazão, foi observado um comportamento linear de decréscimo da ordem de  $0,072 \text{ mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em função do incremento salino (Figura 5A).

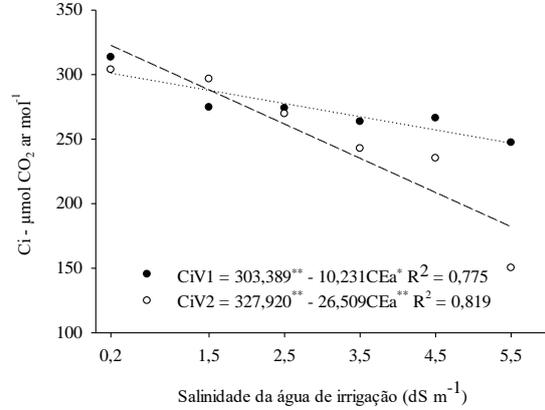
Para a concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), foi observado um decréscimo linear para o primeiro fluxo de vazão, com reduções de  $12,47 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$  (Figura 5B). Ao analisar o comportamento do incremento salino utilizando o segundo fluxo de vazão, foi observado também um comportamento linear, com reduções máximas de  $28,98 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$  por incremento unitário de salinidade. No caso da transpiração foliar (E), foram observados decréscimos lineares da taxa de transpiração em função do incremento salino para os dois níveis de vazões, com reduções de respectivamente  $1,21$  e  $1,35 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  por incremento unitário de salinidade para a Vazão 1 e Vazão 2 (Figura 5C).

**Figura 5.** Gráficos de dispersão e equações de regressão para condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E) no tecido foliar da couve-folha em função da salinidade da água de irrigação (CEa) e vazões de aplicação da solução nutritiva.

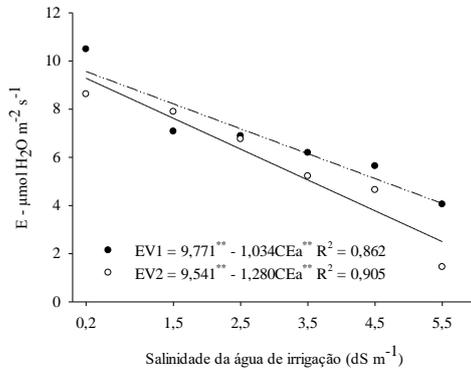
A.



B.



C.



\*\* : Parâmetro significativo ao nível de 1% de probabilidade

\* : Parâmetro significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns : Parâmetro não significativo.

Ao analisar os desdobramentos da avaliação, nota-se que essas variáveis evidentemente se mostraram mais sensíveis aos tratamentos avaliados, o que pode ser observado quando vemos o efeito das interações entre SALINIDADE x VAZÃO ocasionou nas variáveis observadas na figura acima.

No que diz respeito a sensibilidade, pudemos observar quedas vertiginosas na condutância estomática das plantas em função do incremento salino, tanto para a vazão 1 (V1), como para a vazão 2 (V2). A condutância estomática é uma medida da abertura dos estômatos e indica a capacidade das folhas de realizar trocas gasosas (vapor d'água e CO<sub>2</sub>)

com o meio (ZHU, 2016). Por estarem posicionados na epiderme das folhas, os estômatos respondem rapidamente às variações ambientais, o que justifica tamanha sensibilidade ao estresse salino.

Freire *et al.* (2014), trabalhando com a cultura do maracujazeiro, utilizando duas concentrações diferentes de sais presentes na água de irrigação, observaram que a salinidade influenciou negativamente a fotossíntese das plantas, bem como a condutância estomática e a taxa de transpiração. As mesmas respostas também foram encontradas por Colla *et al.* (2006) com a cultura da melancia, onde foram observadas reduções na taxa fotossintética e na condutância estomática das plantas.

Sob condições de estresse salino, as plantas tendem a fechar seus estômatos para evitar a perda de água. Dessa forma, ocorre uma redução da condutância estomática e, além disso, o próprio efeito deletério da salinidade reduz a absorção de fotoassimilados, o que prejudica o transporte e regulação da atividade estomática, corroborando ainda mais com a redução da condutância (ZHANG *et al.*, 2022).

A redução de todo o processo de fotossíntese, reflete na absorção de CO<sub>2</sub> por parte das plantas, reduzindo a concentração interna neste elemento nas plantas. Da mesma forma, a transpiração foliar acompanha o mesmo comportamento, visto que as plantas ao fecharem seus estômatos, reduzem por consequência a transpiração foliar. Com a maior intensidade das plantas à salinidade, a tendência pelo ajustamento é maior, o que interfere diretamente sobre a condutância estomática, que, por sua vez, regula a taxa de transpiração da planta e a fotossíntese líquida (CHAVES *et al.*, 2009; ROBINSON *et al.*, 1997).

Maiores reduções foram observadas na condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), e na transpiração foliar (E) em condições em que o maior fluxo de vazão foi aplicado ( $V_2 = 2,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ), o que pode estar relacionado a uma maior concentração de sais devido ao fluxo maior de sais presentes na rizosfera das plantas (ZHOU *et al.*, 2023).

Na tabela 4 abaixo, podemos observar o comportamento das variáveis que foram significativas em função da alteração de vazão:

**Tabela 4.** Médias observadas de condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e transpiração foliar (E) em função da variação de vazão de aplicação da solução nutritiva.

CE	V	gs	Ci	E
0,2	V1	0,56 a	313,46 a	10,48 a
	V2	0,44 b	303,84 a	8,62 b
1,5	V1	0,37 a	296,6 a	7,89 a
	V2	0,29 b	274,6 a	7,07 b
2,5	V1	0,29 a	274,00 a	6,88 a
	V2	0,27 a	269,57 a	6,75 b
3,5	V1	0,22 a	263,61 a	6,19 a
	V2	0,20 a	242,80 a	5,22 b
4,5	V1	0,22 a	266,26 a	5,63 a
	V2	0,15 b	235,22 a	4,65 b
5,5	V1	0,12 a	247,32 a	4,05 a
	V2	0,05 a	150,26 b	1,44 b

De acordo com as médias observadas, podemos observar o que foi constatado e discutido no tópico anterior, que a sensibilidade para a aplicação da vazão foi maior para a condutância estomática. Neste caso, o efeito da aplicação do fluxo de vazão foi mais evidente nos tratamentos com menor índice salino, fazendo com o que ocorresse uma diferença significativa entre as vazões aplicadas (V1 e V2).

Com relação a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), o efeito da vazão foi evidenciado apenas no tratamento mais salino. O mesmo comportamento foi observado na transpiração foliar (E), com diferenças significativas entre as vazões no último tratamento de salinidade da água de irrigação (CEa).

Cruz et al. (2018), ao trabalhar com a cultura da couve-flor, observou que o aumento do fluxo de vazão da solução nutritiva refletiu em reduções nas variáveis hídricas avaliadas, o que corrobora com o comportamento observado nas variáveis fisiológicas presentes neste estudo.

#### **4. CONCLUSÕES**

As trocas gasosas foram afetadas pelo aumento progressivo da salinidade, causando redução das variáveis estudadas;

O aumento da vazão de aplicação da solução nutritiva incrementa o efeito da salinidade nas trocas gasosas da couve-folha, cv. Manteiga

O aumento da vazão da solução nutritiva tende a majorar os efeitos deletérios da salinidade na cultura da couve.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAVES, M.M; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n.4, p. 551-560, 2009.
- COLLA, G; ROUPAHEL, Y; CARDARELLI, M. Effect of salinity, fruit quality, leaf gas exchange and mineral composition of grafted watermelon plants. **Hortscience**, v.41, n.3, p. 622-627, 2006.
- CRUZ, A.F. DA S. et al. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 622–627, set. 2018.
- DIAS, A.S. et al. Gas exchange, photosynthetic pigments, and photochemical efficiency of sesame under salt stress and phosphate fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 1237–1256, 22 mar. 2022.
- MACHADO, E.C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.12, p. 1161-1170, 2005.
- NEVES, A.L.R. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste – CE. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 1, p. 124-135, 2017.
- NOBOA, C.S. et al. Hydroponic production, and sensory analysis of kale in the form of a pack of young plants. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, Araras, v.9, n.1, p.1-9, 2019.
- OLIVEIRA, F.A. et al. Strategies of fertigation with saline water for growing cucumber in a greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 9, p. 606-610, 2017.
- OLIVEIRA, L.M. et al. Salt stress and organic fertilization on the growth and biochemical metabolism of *Hylocereus costaricensis* (red pitaya) seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024.

PINHEIRO, F.W.A. et al. Quantum yield, chlorophyll, and cell damage in yellow passion fruit under irrigation strategies with brackish water and potassium. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 16 set. 2022.

ROBINSON, M.F. et al. How can stomata contribute to salt tolerance? **Annals of Botany**, v.80, n.4, p.387-393, 1997.

ROCHA, M.E.L. et al. Morfofisiologia de plantas de couve manteiga sob concentrações de húmus líquido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 4, p. 438–443, 12 dez. 2019.

SILVA, F.G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p. 946-952, 2015.

SILVA, F.L.B. et al. Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-caupi. **Irriga**, v.18, p.304-317, 2013.

SILVA, M.G. et al. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018.

SOARES, H.R.E. et al. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 24(4), 258–265, 2020.

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

SOARES, L.A. et al. Troca de CO<sub>2</sub> do feijão-caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.30-37, 2013.

ZHANG, H. et al. Abiotic stress responses in plants. **Nature Reviews Genetics**, p. 1–16, 24 set. 2021.

ZHOU, H. et al. Insights into plant salt stress signaling and tolerance. **Journal of Genetics and Genomics**, 28 ago. 2023.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de águas salobras para cultivos hidropônicos constitui-se uma prática agrícola eficaz, sobretudo diante da problemática da escassez de águas superficiais e a crescente demanda por aumento de produção dos sistemas agrícolas. Com isso, o aproveitamento de águas salobras em cultivos hidropônicos, especialmente nessas regiões torna-se uma alternativa viável, pois é possível aliar um modelo que não precisa da utilização de solos com uma fonte hídrica presente em quantidades satisfatórias. Todavia, faz-se necessário cada vez mais estudos que abordem esta temática da salinidade e a sua influência no desenvolvimento e produtividade das culturas.

Os resultados obtidos sugerem que o uso de águas salobras para o preparo da solução nutritiva, bem como o manejo da salinidade, levando em consideração o manejo da irrigação, são práticas que podem possibilitar retornos interessantes. Exemplo prático é o manejo com a vazão como alternativa de mitigação dos efeitos majorados da salinidade.

Entretanto, no caso específico deste estudo, os resultados sugerem que a utilização de águas salobras no preparo da solução nutritiva e o manejo da vazão de aplicação tendem a prejudicar a planta sob níveis de salinidade mais elevados. Entretanto, para se ter maior assertividade sobre a afirmativa, seria interessante a realização de mais estudos procurando fragmentar mais os fluxos de vazão associados com os níveis de salinidade da água de irrigação. Entretanto, como ponto positivo, está a produção satisfatória mesmo em níveis de salinidade considerados elevados para cultivos convencionais.