

CARLOS DONATO DA SILVA SOUZA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DE NITRATO EM CEBOLINHA SOB CULTIVO
HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS**

RECIFE - PE
FEVEREIRO DE 2019

CARLOS DONATO DA SILVA SOUZA

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DE NITRATO EM CEBOLINHA SOB CULTIVO
HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva

RECIFE - PE
FEVEREIRO DE 2019

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

S729a Souza, Carlos Donato da Silva
Acúmulo de nutrientes e de nitrato em cebolinha sob cultivo
hidropônico com águas salobras / Carlos Donato da Silva Souza. -
2019.
61 f.: il.

Orientador: Gerônimo Ferreira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências e anexo(s).

1. Salinidade 2. Minerais na nutrição 3. Hidroponia
4. Plantas - Efeito dos produtos químicos 5. Hortaliças I. Silva,
Gerônimo Ferreira da, orient. II. Título

CDD 631

**ACÚMULO DE NUTRIENTES E DE NITRATO EM CEBOLINHA SOB CULTIVO
HIDROPÔNICO COM ÁGUAS SALOBRAS**

CARLOS DONATO DA SILVA SOUZA

Dissertação defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2019 pela Banca Examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. Alessandro Oliveira da Silva
DENA - UFC

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior
DEAGRI - UFRPE

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** por ter dado dom da vida e ser o motivo principal dos bons acontecimentos, por sempre ser meu amigo íntimo em quem eu tanto confio, meu refúgio e fortaleza presente nas angústias e atribulações;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Engenharia Agrícola;

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

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

Ao meu orientador Professor Dr. Gerônimo Ferreira da Silva, por todas as palavras de incentivo em continuar no mestrado quando a realidade encontrava-se adversa em permanecer, por toda dedicação, orientação, aprendizado, ajuda, conhecimentos repassados e paciência ao longo desse trabalho, tornando-se um exemplo de profissional;

Aos meus pais José Carlos e Vera Lúcia por terem dedicado as suas vidas para minha educação e sem eles, não estaria aqui;

A minha noiva Raphaela Revorêdo, por ser a grande mudança na minha vida e pelo constante incentivo;

Aos meus tios que sempre depositaram toda expectativa e confiança na minha formação;

A equipe de trabalho, pela amizade, esforço, dedicação e compreensão: Sirleide Menezes, José Édson e Anna Cecília;

A grande amiga Sirleide Menezes, por não medir esforços em compartilhar conhecimento e experiência técnica acadêmica, por sempre exigir o melhor possível nas atividades científicas, pelo companheirismo e por ser uma referência de profissional;

Em especial, ao amigo José Edson Florentino, por transbordar humildade, fé, dedicação e amor pela pesquisa. Sem dúvidas um grande exemplo a ser seguido de caráter e profissionalismo. Serei eternamente grato por ter o conhecido. Toda colaboração, paciência, força, incentivo, são pouco a dizer por essa pessoa que contagia bondade;

Ao grande amigo que a UFRPE me presenteou, Anízio Godoy. Pelas longas e boas conversas, ideais criadas e implementadas, pelo incentivo e parceria, e principalmente por refletir a fé que o conduz;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a efetivação da pesquisa, desde as atividades de campo até às análises laboratoriais.

Sou imensamente grato!

BIOGRAFIA

CARLOS DONATO DA SILVA SOUZA, nascido em 18 de novembro de 1988, Recife-PE, filho de José Carlos de Souza e Vera Lúcia da Silva Souza. É Engenheiro Agrícola e Ambiental formado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, campus Sede (2008-2014), onde realizou atividades de pesquisas sendo PIBIC/CNPq, avaliando produtividade hidropônica em condições salobras. Após formado trabalhou no desenvolvimento e instalação de projetos de hidroponia. Em março de 2017 ingressou no mestrado do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE, onde foi finalizado em fevereiro de 2019.

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Geral	12
2.2. Específicos.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Hidroponia – definições e técnicas de cultivo	13
3.2. Acúmulo de nitrato pelas plantas	14
3.3. Efeito do uso de águas salobras sobre a nutrição mineral de culturas produzidas hidroponicamente	15
3.3.1. Componente osmótico.....	16
3.3.2. Componente iônico	16
3.4. A cultura da cebolinha.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Localização e caracterização do ambiente da pesquisa	18
4.2. Estrutura experimental utilizada.....	19
4.3. Delineamento experimental e tratamentos	20
4.4. Preparo da solução nutritiva	20
4.5. Cultura avaliada, produção de mudas e condução do experimento.....	21
4.6. Variáveis analisadas	21
4.6.1. Massa seca.....	21
4.6.2. Acúmulo de nitrato na parte aérea da cultura.....	22
4.6.3. Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e de sódio na parte aérea da cultura	22
4.7. Análise estatística	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÕES.....	50
7. REFERÊNCIAS.....	50
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
ANEXOS.....	61

RESUMO

A hidroponia permite o uso de água salobra para produção de diversas hortaliças. No entanto, a salinidade pode provocar antagonismos iônicos entre os nutrientes, ocasionando redução do crescimento e do desenvolvimento vegetal proporcionado pelo desequilíbrio nutricional. Diante disto, foi conduzido dois experimentos em hidroponia de baixo custo em ambiente protegido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE (8° 1' 7" Sul e 34° 56' 53" Oeste, altitude média de 6,5 m), objetivando-se avaliar o acúmulo de nutrientes e de nitrato na cultura da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) expostas a níveis de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) adotando-se duas e três frequências de circulação desta solução. No experimento I a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada usando-se a respectiva água salobra utilizada no preparo de cada um dos níveis de soluções nutritivas avaliados e no experimento II com água de abastecimento da UFRPE (0,12 dS m⁻¹). Em ambos, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Em ambos os experimentos, o aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu a produção de matéria seca e o acúmulo de nutrientes pela cultura da cebolinha até a obtenção de níveis críticos. Verificou-se nos dois experimentos que a frequência com três circulações da solução nutritiva ao dia mitigou os efeitos dos níveis de salinidade e proporcionou incrementos nos acúmulos dos nutrientes N, NO₃⁻, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Fe, Mn, Cu e Zn e do íon Na. O teor de nitrato manteve-se no limite máximo permitido pela Comunidade Europeia para a cultura da alface em ambos experimentos. Nos dois maiores níveis de salinidade da solução da solução nutritiva (7,5 e 9,0 dS m⁻¹) as plantas apresentaram sintomas severos de deficiência nutricional.

Palavras-Chave: *Allium fistulosum* L.; solução nutritiva; salinidade; nutrição mineral.

ABSTRACT

The hydroponics allows the use of brackish water for the production of various vegetables. However, salinity can cause ionic antagonisms between nutrients, causing reduced growth and plant development due to nutritional imbalance. Therefore, two experiments in low cost hydroponics in a protected environment were conducted at the Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE (8°1'7" South and 34°56'53" West, average altitude 6.5 m), aiming to evaluate the accumulation of nutrients and nitrate in the chives (cv. Every year Evergreen - Nebuka) cultivation exposed to salinity levels of the nutrient solution (1.5; 3.0; 4.5; 6.0; 7.5 and 9.0 dS m⁻¹) adopting two and three frequencies of circulation of this solution. In experiment I the evapotranspirated slide was replaced using the brackish water used in the preparation of each of the evaluated nutrient solution levels and in experiment II with UFRPE supply water (0.12 dS m⁻¹). In both, a completely randomized experimental design in a 6 x 2 factorial scheme with five replications was used. The increase in salinity reduced the dry matter yield of chives in both experiments. In both experiments developed there was a reduction in the accumulation of dry matter and nutrients by the crop due to the increase of salinity in the nutrient solution until reaching critical levels and the plants express symptoms of deficiency. In both experiments, the frequency with three circulations of the nutrient solution per day mitigated the effects of salinity levels and provided increases in nutrient accumulation: N, NO₃⁻, P, K, Ca, Mg, S, Cl⁻, Fe, Mn, Cu and Zn and Na ion. The nitrate content remained at the maximum limit allowed by the European Community for lettuce cultivation in both experiments. In the two highest salinity levels of the nutrient solution (7.5 and 9.0 dS m⁻¹) the plants showed severe symptoms of nutritional deficiency.

Key words: *Allium fistulosum* L.; hidroponic solution; salinity; mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil o cultivo hidropônico encontra-se numa crescente expansão, com destaque principalmente para a produção de hortaliças, como alface, rúcula, agrião, cebolinha, tomate, entre outras. Entre as vantagens da utilização desse sistema, destacam-se a possibilidade de cultivo em qualquer época do ano, a uniformização da produção e a diminuição do uso de defensivos agrícolas, pois no cultivo hidropônico sob condições protegida a incidência de pragas e doenças é reduzida (FURLANI et al., 1999; CORRÊA et al., 2012; ARAÚJO et al., 2016).

As plantas respondem de forma diferente às mesmas condições de salinidade da solução quando cultivadas em solo e sob condições hidropônicas. No cultivo hidropônico o potencial mátrico é insignificante devido ao estado de saturação ao qual as plantas estão submetidas, o que se constitui numa vantagem quando se utilizam águas salobras, o que pode representar uma absorção maior de água e de nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético (SILVA et al., 2013).

A salinidade pode provocar antagonismos iônicos devido ao excesso de íons de sódio, provocando redução do crescimento e do desenvolvimento vegetal devido ao desequilíbrio nutricional provocado pela elevada concentração iônica da solução nutritiva e inibição de absorção de outros cátions pelo sódio (SILVA, 2014).

A busca pelo desenvolvimento de uma agricultura sustentável está fundamentada em inovações tecnológicas que visem reduzir os custos e melhorar a qualidade dos produtos. Neste sentido, variações nos sistemas de cultivo hidropônico têm sido desenvolvidas (cultivo hidropônico de baixo custo) visando adaptar esta técnica às condições peculiares do semiárido brasileiro, tais como, deficiência na infraestrutura elétrica, o baixo potencial de investimento financeiro dos produtores e a menor disponibilidade de área para agricultura familiar (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).

A cebolinha (*Allium fistulosum* L.) é uma hortaliça folhosa utilizada como condimento muito apreciada na alimentação humana (CARDOSO e BERNI, 2012). Em todo território brasileiro é muito comum encontrar essa hortaliça sendo comercializada junto com o coentro ou a salsa em forma de molhos compondo o tempero conhecido como “cheiro verde”. Adapta-se a vários tipos de solos e não apresenta alta exigência nutricional o que lhe confere característica de rusticidade facilitando seu cultivo durante todo o ano (ARAÚJO et al., 2017; COSTA et al., 2017). Em relação ao cultivo da cebolinha em sistema hidropônico com águas

salobras, as informações são escassas ou inexistem, havendo a necessidade de investigações sobre da nutrição mineral dessa cultura sob essas condições.

A qualidade nutricional dos alimentos pode ser influenciada pela composição da solução nutritiva, pela variação da condutividade elétrica desta solução e pelo tipo de manejo adotado, porém, a hidroponia surge como uma técnica auxiliar para compreensão desses efeitos nas culturas (PORTELA et al., 2012). Uma preocupação crescente nos últimos anos tem sido os teores de nitrato em vegetais, uma vez que a influência do nitrato, oriundo da degradação do nitrato, interfere na saúde humana (KREUTZ et al., 2012).

Em sistema hidropônico é comum a utilização de fertilizantes proveniente de fonte nítrica, o que pode vir a proporcionar teores mais elevados de nitrato nas plantas. Além disso, pesquisas têm relatado aumentos dos teores de nitrato em plantas em função de níveis mais elevados de salinidade (CHUNG et al., 2005; PAULUS et al., 2010).

É de grande importância o monitoramento dos teores de nitrato nos alimentos utilizado na alimentação humana, dessa forma, sendo a cebolinha bastante utilizada no preparo de diversos pratos, é imprescindível a determinação do acúmulo desse íon pela cultura, bem como conhecer as necessidades nutricionais da cebolinha cultivada com águas salobras na zona da mata de Pernambuco.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar o acúmulo de nutrientes e de nitrato na cultura da cebolinha cultivada em sistema hidropônico com águas salobras.

2.2. Específicos

- Determinar o acúmulo foliar dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e dos micronutrientes cobre, ferro, manganês, zinco e cloreto, além do acúmulo do elemento sódio na parte aérea da cultura;
- Gerar informações às comunidades produtoras da região acerca da nutrição mineral da cultura estudada e do acúmulo de nitrato em função da utilização de águas salobras para a produção da cultura;

- Gerar informações às comunidades produtoras da região acerca da viabilidade do cultivo hidropônico de baixo custo utilizando águas salobras;
- Elaboração e submissão de um artigo científico em revista especializada;
- Formação de recursos humanos por meio da titulação de um Mestre em Engenharia Agrícola.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Hidroponia – definições e técnicas de cultivo

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas com solução nutritiva, em que o solo é substituído por substratos naturais ou artificiais como o pó de coco, a esponja fenólica, a casca de arroz, a argila expandida, dentre outros. As plantas são colocadas em canais de cultivo por onde circula uma solução nutritiva que contém os nutrientes necessários ao desenvolvimento das mesmas (APRÍGIO et al., 2012).

O cultivo hidropônico representa uma alternativa ao cultivo convencional, diante do quadro de baixa oferta de água potável, já que permite o uso de águas salinas na produção de alimentos (PAULUS et al., 2010). Assim o sistema hidropônico proporciona vantagens para o produtor como: obtenção de produtos de alta qualidade, redução do ciclo de cultivo, maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra, maior rendimento por área, redução da perda de nutrientes por lixiviação e volatilização (MARTINEZ e CLEMENTE, 2011).

Os sistemas hidropônicos são classificados em abertos e fechados. No sistema aberto a solução nutritiva é aplicada uma única vez às plantas e posteriormente descartada. No sistema fechado, a solução nutritiva aplicada é recuperada, e reutilizada, sendo periodicamente corrigida a composição da solução nutritiva, seja por meio da adição de água, ou de nutrientes minerais (BEZERRA NETO e BARRETO, 2011).

Os sistemas de cultivo hidropônico diferem entre si, destacando-se: “Deep film technique” – DFT ou floating (as plantas são cultivadas em vasos, sem substrato, com as raízes submersas na solução nutritiva, e um sistema de bombeamento de ar para a oxigenação), o NFT (Técnica do Filme Laminar de Nutriente – Nutrient Film Technique, em que a solução de nutrientes é bombeada do reservatório para os canais de cultivo) e a aeroponia, onde nesse

sistema as raízes ficam suspensas no ar e recebem nebulizações intermitentes de solução nutritiva (BEZERRA NETO e BARRETO, 2000).

Um outro tipo de hidroponia em destaque é a hidroponia de baixo custo, que consiste em um sistema hidropônico convencional ajustado, para adaptar-se às condições peculiares do semiárido, no qual visa eliminar as desvantagens conhecidas da hidroponia, pois não depende exclusivamente da energia elétrica. Pode ser construído em sua maior parte, com materiais disponíveis na propriedade, além disto, trabalha com o conceito de alta densidade de plantio em condições protegidas, reaproveitamento da solução em sistema fechado e ergonomia do usuário do sistema, que no caso do agricultor familiar da região semiárida brasileira fica exposto a horas de insolação em posição incômoda para a coluna cervical (SANTOS JÚNIOR et al., 2013).

3.2. Acúmulo de nitrato pelas plantas

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para o ciclo vegetal, e assim como no solo, no sistema hidropônico, o N também é fornecido, em sua maioria, em forma de nitrato. Dentre os problemas que afetam os cultivos hidropônicos convencionais das olerícolas, em geral, destaca-se o elevado teor de nitrato (NO_3^-) que se acumula nas folhas durante o processo de produção, geralmente associado à utilização de fertilizantes químicos nitrogenados e seus efeitos sobre o ambiente, além de fatores genéticos e o manejo adotado (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

A concentração de nitrato é um importante índice da qualidade dos alimentos. Quando ingerido pelo homem, o nitrato sofre ação microbiana na saliva e é reduzido a nitrito, o qual reage com aminas e dá origem a compostos nitrosos, como as nitrosaminas, que são carcinogênicos (MANTOVANI et al., 2005). Em crianças, o nitrito pode provocar a metemoglobinemia, doença que causa o impedimento do transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos, o que pode levar à morte (WOLFF e WASSERMAN, 1972; SWANN, 1975).

O acúmulo de nitrato em plantas ocorre quando há desequilíbrio entre a absorção e a assimilação do íon, sendo que as quantidades excedentes são armazenadas nos vacúolos. Estudos mostraram que a capacidade diferenciada de acúmulo de nitrato não ocorre apenas entre espécies, mas também entre cultivares. A esse respeito, Blom-Zandstra e Eenink (1985) verificaram diferenças significativas no acúmulo do íon ao compararem oito genótipos de alface.

Dentre os alimentos, os vegetais são a principal fonte de nitrato, contribuindo com cerca de 50% do total ingerido pelo homem (MANTOVANI et al., 2005). Ainda segundo os autores, a preocupação com características de qualidade dos alimentos, entre as quais o teor de nitrato nos vegetais, levou alguns países a fixarem limites aceitáveis.

A Comunidade Europeia estabeleceu como limites máximos permitidos para alface produzida em ambiente protegido e no campo, teores de NO_3^- de 3,5 e de 2,5 g kg^{-1} de matéria fresca, respectivamente (MCCALL e WILLUMSEN, 1998; SCHRÖDER e BERO, 2001). Entretanto, no Brasil, não há legislação vigente dos padrões ao consumo de nitrato (ZAGO et al., 1999). Já para a FAO, para os humanos, o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível para o nitrato e nitrito é de 3,65 mg kg^{-1} e de 0,2 mg kg^{-1} de peso corporal, respectivamente.

3.3. Efeito do uso de águas salobras sobre a nutrição mineral de culturas produzidas hidroponicamente

No semiárido brasileiro a disponibilidade hídrica é restrita e muitas vezes a única fonte de água disponível possui altas concentrações de sais. A hidroponia permite o uso dessas águas para a produção de diversas culturas, dentre elas as hortaliças, entretanto, o aumento da salinidade pode ocasionar distúrbios nutricionais. Segundo López et al. (2014), as concentrações dos íons sódio (Na) e cloreto (Cl) podem exceder as concentrações dos outros nutrientes essenciais, podendo resultar em distúrbios na absorção de Ca^{2+} e K^+ pela modificação na absorção radicular desses nutrientes e translocação na planta.

Além disso, sabe-se que o acúmulo e a extração de nutrientes pelas plantas dependem da condutividade elétrica da solução nutritiva existindo uma proporcionalidade em relação às concentrações dos íons responsáveis pelo potencial osmótico dessa solução afetando a absorção de água, de nutrientes, a produtividade entre outros distúrbios fisiológicos (SHANNON, 1997). Assim, condutividades elétricas elevadas podem mudar a taxa de absorção de nutrientes pelas plantas em decorrência da diminuição da absorção de água sendo influenciada pelo potencial osmótico do meio nutritivo e, conseqüentemente a absorção de nutrientes (HUETT, 1994).

Altas concentrações de sais solúveis na solução nutritiva afetam, entre outros fatores, o crescimento, que pode ser descrito por dois processos: componente osmótico e componente iônico.

3.3.1. Componente osmótico

No que se refere aos efeitos do estresse salino nas plantas, o efeito osmótico é causado pelo acúmulo de solutos na zona radicular das plantas, ocasionando diminuição na absorção de água devido à redução no potencial osmótico (PEÇANHA et al., 2017).

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais na solução poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água nem nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, podendo, esse processo, ser chamado de seca fisiológica (DIAS e BLANCO, 2010).

Esse acúmulo de sais diminui o crescimento da planta, pois para que as plantas possam suportar esse estresse as mesmas fecham os estômatos para reduzir a transpiração, tendo como consequência a minimização da taxa fotossintética (ALVES et al., 2011).

Efeitos negativos do aumento da salinidade na solução nutritiva foram observados por Rebouças et al. (2013), na cultura do coentro; Paulus et al. (2012a), na cultura da alface e por Silva et al. (2012) na cultura da rúcula. Concluindo assim que com o aumento da salinidade ocorre uma resposta negativa das plantas que apresentam uma redução na produtividade.

3.3.2. Componente iônico

O efeito iônico está associado a mudanças nas relações Na/K, Na/Ca e Cl/NO₃, provocando distúrbios nas plantas, podendo levar a morte (CAVALCANTE et al., 2010). Existem dois tipos de interações entre os nutrientes: o sinergismo, em que dois ou mais elementos trabalhando juntos para criar uma melhoria no estado fisiológico na planta, sendo um efeito benéfico; e o antagonismo, em que o excesso de um nutriente reduz a absorção de outro nutriente, sendo um efeito negativo entre nutrientes (MALVI, 2011).

Para Garcia et al. (2007) e Bosco et al. (2009), plantas submetidas à estresse salino apresentam redução na absorção de macronutrientes como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, comportamento esse contrário àquele apresentado pelos íons Na⁺ e Cl⁻. Isso pode ser constatado a partir das avaliações dos teores desses íons em folhas de diferentes espécies, provando que o aumento da absorção de sódio e cloro provoca um desequilíbrio na absorção de nutrientes essenciais. Além disso, é possível constatar um aumento da relação Na⁺/K⁺ em raízes, caules e folhas de plantas submetidas a estresse.

Santos et al. (2017) ao avaliarem o cultivo de tomate cereja em vasos com substrato submetidos a seis níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (3,01; 4,51; 5,94; 7,34; 8,71 e 10,40 dS m⁻¹) inferiram que o aumento da salinidade provocou aumentos nas concentrações de sódio e cloro e redução nas concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar. Da mesma forma Soares et al. (2016), utilizando cinco níveis de água salobra (0,2; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m⁻¹), concluíram que o aumento da salinidade da água utilizada no preparo da solução nutritiva, proporcionou redução nos teores foliares de fósforo e potássio e aumento os teores de cloreto e sódio na cultura da alface.

3.4. A cultura da cebolinha

Originária da Sibéria, a cebolinha (*Allium fistulosum* L.) é uma espécie de planta herbácea pertencente à família Alliaceae. É uma das hortaliças condimentares mais apreciadas na alimentação humana e tem como partes de interesse econômico o caule e as folhas (CARDOSO e BERNI, 2012).

A planta é considerada perene, apresenta folhas tubulares-alongadas, macia e aromáticas, de alto valor condimentar e caracteriza-se pelo intenso perfilhamento formando touceiras (FILGUEIRA, 2008). A cebolinha, ainda é cultivada de forma tradicional, isto é, em canteiros a céu aberto, nesse sistema, as plantas ficam expostas a diversos fatores bióticos e abióticos, que podem causar reduções da quantidade e da qualidade do produto colhido (CARDOSO e BERNI, 2012).

Dentre todas as hortaliças cultivadas, a cebolinha foi produzida em 42.391 estabelecimentos, com uma produção de 99.952 toneladas, das quais, 96.688 toneladas foram vendidas, representando um total de aproximadamente 96,73% e, a maior parte dessa produção e comercialização encontra-se na região nordeste, responsável por 49,45% da produção do país, das quais mais da metade (61,58%) são produzidos pelo estado do Ceará (IBGE, 2006).

No Brasil, é cultivada tanto para fins comerciais como em hortas domésticas, sendo empregada como tempero no preparo de inúmeros pratos, e comercializada predominantemente na forma in natura em maços solteiros ou mistos com salsa ou coentro. A planta é perene, com folhas cilíndricas, podendo atingir até 50 cm de altura. No entanto, seu ciclo cultural no cultivo comercial é rápido, possibilitando vários cortes por ano (FILGUEIRA, 2008; SEBRAE, 2011). Segundo Zárte et al. (2003), geralmente a colheita ocorre a partir de 50 dias pós plantio ou próximo a 90 dias após a semeadura, quando as folhas atingem no mínimo 20 cm de altura.

As cultivares mais empregadas no cultivo comercial são Todo Ano, Futonegui e Hossonegui. Após o primeiro corte, a rebrota da cebolinha é comumente aproveitada para novos cortes, podendo um cultivo ser explorado por até três anos, principalmente quando é conduzido em condições ambientais favoráveis (FILGUEIRA, 2008; ZÁRATE et al., 2010).

Alguns produtores arrancam a planta inteira, conseguindo assim uma melhor remuneração, devido ao produto ser considerado de maior qualidade, justificando a renovação da cultura após cada colheita (FILGUEIRA, 2008). A qualidade e o aspecto visual da cebolinha no período entre a colheita e comercialização podem ser mantidos por meio da realização de uma irrigação momentos antes da colheita. A cultura da cebolinha suporta frios prolongados e também existem cultivares resistentes ao calor (SEBRAE, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e caracterização do ambiente da pesquisa

Foram conduzidos dois experimentos entre dezembro de 2017 e maio de 2018 na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-PE, cujas coordenadas geográficas são: 08° 01' 07" de latitude sul e 34° 56' 53" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m.

As parcelas experimentais foram instaladas em ambiente protegido (Figura 1). Durante o período experimental, verificou-se dentro da casa de vegetação temperatura média máxima de 37,4 °C e mínima de 32,2 °C, bem como umidade relativa média máxima de 61,4% e mínima de 44,5%.



Figura 1. Ambiente protegido onde foram realizados os experimentos. Recife, 2019.

A casa de vegetação utilizada dispõe das seguintes dimensões: 6,0 m de largura, 18,0 m de comprimento, 4,0 m de pé direito e 5,5 m na parte mais alta da coberta. A cobertura é do tipo arco, e as laterais são confeccionadas com telas, possui rodapé de 20 cm em concreto armado. A cobertura consiste de filme de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratado contra a ação de raios ultravioletas.

O piso foi revestido com manta geotêxtil, com o objetivo de evitar o crescimento de plantas daninhas, melhorar as condições fitossanitárias e minimizar os efeitos da poeira sobre o sistema.

4.2. Estrutura experimental utilizada

A estrutura experimental (Figura 2), consiste de um módulo hidropônico de baixo custo (SANTOS JÚNIOR et al., 2013). A estrutura foi composta de um suporte de madeira, impermeabilizada com tinta a óleo, com dimensões de 6 x 1,40 m. Projetada para suportar 12 tubos de PVC de 6 m de comprimento cada, em nível, e 100 mm de diâmetro. Nestes tubos, foram perfurados orifícios de 60 mm de diâmetro, espaçados de forma equidistantes a cada 7 cm, considerando-se o eixo central de cada orifício.



Figura 2. Módulo hidropônico de baixo custo utilizado. Recife, 2019

Foram acoplados aos tubos de PVC, joelhos de mesma bitola, e a estes, uma torneira para saída de água, num sistema “tipo vertedouro” visando induzir a existência de um nível constante de 4 cm de solução nutritiva em toda a extensão do tubo, disponibilizando assim equitativamente a solução para todas as plantas. Na saída dos joelhos, foi colocado um CAP perfurado para viabilizar a troca gasosa por ocasião da queda de água de um tubo para outro.

4.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, analisado em esquema fatorial 6 x 2, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram da utilização de seis níveis crescentes de salinidade da solução nutritiva (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹) e duas frequências de circulação (duas vezes ao dia - às 8 e às 16 horas; e três vezes ao dia - às 8, 12 e 16 h). No primeiro experimento, a reposição da lâmina evapotranspirada foi efetuada com a respectiva água salobra utilizada no preparo da solução nutritiva de cada um dos tratamentos e, no segundo experimento, com água de abastecimento público (0,12 dS m⁻¹).

4.4. Preparo da solução nutritiva

Em relação ao preparo da solução nutritiva, foram utilizados doze reservatórios distintos, onde em cada um colocou-se 90 L de água de abastecimento (CE 0,12 dS m⁻¹) e, em seguida foi solubilizado o quantitativo de fertilizantes recomendado por Furlani et al. (1999) (Tabela 1). Feito isso, foi adicionado NaCl de acordo com procedimentos metodológicos propostos por Richards (1954), visando-se a obtenção dos níveis de salinidades da solução nutritiva preconizados para os experimentos (1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e 9,0 dS m⁻¹).

Tabela 1. Quantidades de fertilizantes e a respectiva concentração de nutrientes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva para cultivo hidropônico de culturas folhosas

Fertilizante	g m ⁻³	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de cálcio	750,0	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de potássio	500,0		65		182,5									
MAP	150,0	16,5		39										
Sulfato de magnésio	400,0						40	52						
Sulfato de cobre	0,15									0,02				
Sulfato de zinco	0,3													0,07
Sulfato manganês	1,5											0,39		
Ácido bórico	1,8								0,31					
Molibdato de sódio	0,15												0,06	
Fe-EDTA- 13% Fe	16,0										2,08			
Recomendação		24	173,8	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Fonte: Furlani (1999)

O manejo da solução nutritiva foi baseado na reciclagem de água e nutrientes (sistema fechado), sendo a reposição da solução nutritiva evapotranspirada realizada semanalmente conforme cada tratamento. A frequência de circulação foi efetuada conforme tratamentos, no

entanto, a cada evento de circulação foi aplicado duas vezes o volume estabelecido pela torneira dentro do tubo, com a pretensão de homogeneizar e aerar a solução. Os parâmetros de condutividade elétrica (CESn) e o pH da solução nutritiva (pHsn) foram aferidos diariamente, não sendo realizado ajustes, visando simular as condições reais de campo para o agricultor que não disponha dos equipamentos necessários para tal procedimento.

4.5. Cultura avaliada, produção de mudas e condução do experimento

A cultura avaliada foi à cebolinha (cv. Todo Ano Evergreen - Nebuka). Inicialmente, foi realizado um teste de germinação buscando viabilizar uma germinação homogênea. Após isso, foi realizado o semeio em copos plásticos descartáveis com capacidade para 180 ml utilizando como substrato o pó de coco tratado e deixando-se 8 sementes da cebolinha para garantir a germinação. Do semeio até a germinação, a umidade foi mantida por meio de pulverização com água de abastecimento sobre as mudas.

Após a germinação realizou-se o desbaste deixando 1 plântula. Os copos foram inseridos nos tubos de cultivo definitivos e receberam a solução de Furlani et al. (1999) até os 24 dias. Aos 25 dias após semeio (DAS) as plantas receberam os tratamentos com água salobra. A colheita das plantas foi realizada no final do experimento (65 DAS).

Os tratos culturais foram realizados de acordo com aqueles feitos por produtores da região de forma a promover um desenvolvimento ótimo da cultura, garantindo desta forma a obtenção das variáveis a serem analisadas sem a interferência de fatores externos.

O monitoramento fitossanitário foi realizado a fim de prevenir ataques de pragas e doenças com a aplicação preventiva de defensivos agrícolas, com o intuito de reduzir quaisquer efeitos sobre a planta que pudessem comprometer o experimento.

4.6. Variáveis analisadas

4.6.1. Massa seca

Ao final do ciclo da cultura, foi coletado a parte aérea de quatro plantas por parcela para a determinação do acúmulo de massa seca (MS). As plantas coletadas foram levadas para o laboratório e lavadas em água deionizada e, posteriormente, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e, em seguida, levadas para secar em estufa com circulação forçada

de ar (65 °C) até obtenção de peso seco constante com auxílio de uma balança de precisão (0,01g). Os resultados dessa variável foram expressos em g molho⁻¹.

4.6.2. Acúmulo de nitrato na parte aérea da cultura

As plantas coletadas para a obtenção da massa seca foram posteriormente processadas em moinho tipo Willey e passadas em peneira de 2 mm, para posterior quantificação do acúmulo de nitrato. Essa análise foi realizada seguindo-se procedimentos metodológicos do ácido salicílico preconizados por (CATALDO et al., 1975) e os resultados expressos na ordem de g molho⁻¹.

4.6.3. Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e de sódio na parte aérea da cultura

Também por ocasião da coleta das plantas realizada no fim do ciclo da cultura e após serem secas e moídas, foram determinados o acúmulo dos macronutrientes: nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg) e enxofre (S), dos micronutrientes: ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e cloro (Cl), e também do elemento sódio (Na).

O nitrogênio total foi determinado pelo método de arraste de vapor (Kjeldahl), potássio e sódio pelo método de fotometria de chamas, fósforo pelo método colorimétrico molibdo-vanadato, enxofre pelo método turbidimétrico do sulfato de bário, cloreto pelo método volumétrico de Mohr e o cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco foram determinados pelo método da espectrofotometria de absorção atômica seguindo procedimentos metodológicos preconizados por Bezerra Neto e Barreto (2011).

4.7. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e à análise de variância (ANAVA) pelo teste F ($p < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Quando constatados efeitos significativos, os níveis de salinidade da solução nutritiva foram comparados mediante análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade, já as frequências de circulação da solução nutritiva foram comparadas mediante o teste médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância apresentada na Tabela 2, verifica-se que no experimento onde a reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura foi realizada com água salobra (AS) (Experimento I) houve efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade e a frequência de circulação da solução nutritiva sobre a produção de matéria seca (MS) e o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), nitrato (NO_3^-), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), cobre (Cu), cloreto (Cl) e sódio (Na). Para os nutrientes ferro (Fe) e zinco (Zn) houve efeito significativo apenas para o fator níveis de salinidade. Em relação ao Experimento II, onde a reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura foi realizada com água de abastecimento (AB), a análise de variância demonstrou efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade e a frequência de circulação para a produção de MS e para o acúmulo de NO_3^- , Ca, Mg, S, Fe, Cu, Cl e Na. Houve efeito isolado dos fatores para o acúmulo de N e Zn, e apenas do fator níveis de salinidade para o acúmulo de P, K e Mn.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para a produção matéria seca (MS) e acúmulo de macronutrientes (N, P, K, NO₃⁻, Ca, Mg e S), de micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn e Cl) e do íon Na na cultura da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função dos níveis de salinidade e das frequência de circulação da solução nutritiva, Recife, 2019

Experimento I – Reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura com água salobra (AS)									
FV	GL	Quadrado Médio							
		Macronutrientes							
		MS	N	P	K	NO ₃ ⁻	Ca	Mg	S
Salinidade (S)	5	2,18**	4,5E-3**	1,3E-4**	7,1 ^{-4**}	2,2E-5**	18,8E-3**	1,5E-5**	0,2E-5**
Frequência (F)	1	0,69**	1,4E-3**	6,4E-5**	4,6 ^{-4**}	0,3E-5**	41,8E-5**	4,5E-7**	1,3E-5**
S x F	5	0,037**	7,8E-5**	0,2E-5**	3,7 ^{-5**}	4,0E-7**	2,4E-5*	3,1E-7**	5,9E-7**
Resíduo	44	0,0039	0,9E-5	4,7E-7	0,1 ⁻⁵	8,4E-8	0,1E-5	4,6E-8	8,1E-9
CV	%	6,25	7,37	9,06	8,31	13,06	14,76	10,98	10,87
FV	GL	Micronutrientes						Íon	
		Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Na		
Salinidade (S)	5	0,0668**	83,7E-5**	3,8E-5**	33,2E-4**	5,6E-5**	2,6E-5**		
Frequência (F)	1	0,0013 ^{ns}	4,8E-3**	0,3E-5**	6,6E-7 ^{ns}	1,2E-4**	6,7E-5**		
S x F	5	0,0008 ^{ns}	2,4E-4**	6,6E-7**	8,3E-5 ^{ns}	0,4E-5**	0,4E-5**		
Resíduo	44	0,0005	3,6E-5	1,9E-7	3,1E-5	1,7E-7	2,7E-7		
CV	%	15,46	18,85	13,71	10,42	6,93	8,72		
Experimento II - Reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura com água de abastecimento (AB)									
FV	GL	Quadrado Médio							
		Macronutrientes							
		MS	N	P	K	NO ₃ ⁻	Ca	Mg	S
Salinidade (S)	5	0,89**	15,8E-4**	4,6E-5**	4,8E-4**	1,0E-5**	25,1E-4**	0,1E-4**	3,4E-7**
Frequência (F)	1	0,28**	7,6E-4**	2,04E-7 ^{ns}	0,4E-5 ^{ns}	0,6E-5**	19,3E-5**	0,1 ^{-5**}	8,6E-7**
S x F	5	0,007*	1,9E-5 ^{ns}	2,56E-7 ^{ns}	0,2E-5 ^{ns}	0,1E-5**	4,1E-5**	2,1E-7**	5,1E-8**
Resíduo	44	0,0027	0,8E-5	2,16E-7	0,2E-5	1,03E-7	0,8E-5	3,7E-8	5,3E-9
CV	%	4,06	6,65	8,20	8,09	14,13	8,21	7,72	15,24
FV	GL	Micronutrientes						Íon	
		Fe	Mn	Cu	Zn	Cl	Na		
Salinidade (S)	5	0,067**	3,4E-4**	8,34E-7**	13,4E-4**	0,4E-5**	0,6E-5**		
Frequência (F)	1	0,0093*	0,1E-5 ^{ns}	0,6E-5**	20,4E-4**	4,8E-5**	4,7E-5**		
S x F	5	0,0092**	1,6E-4 ^{ns}	3,83E-7**	2,0E-5 ^{ns}	5,6E-7**	0,2E-5**		
Resíduo	44	0,0013	1,1E-5	6,81E-8	7,0E-5	1,3E-7	2,2E-7		
CV	%	20,63	9,06	7,45	8,44	8,70	9,56		

GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ns = não significativo; AS = reposição com água salobra e AB = reposição com água de abastecimento.

Por meio da Figura 3 pode-se observar o efeito significativo da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva sobre a produção de MS pela cebolinha para os experimentos utilizando água salobra para a reposição da lâmina

evapotranspirada (AS) (Figura 3A) e água de abastecimento para a reposição da referida lâmina (AB) (Figura 3B).

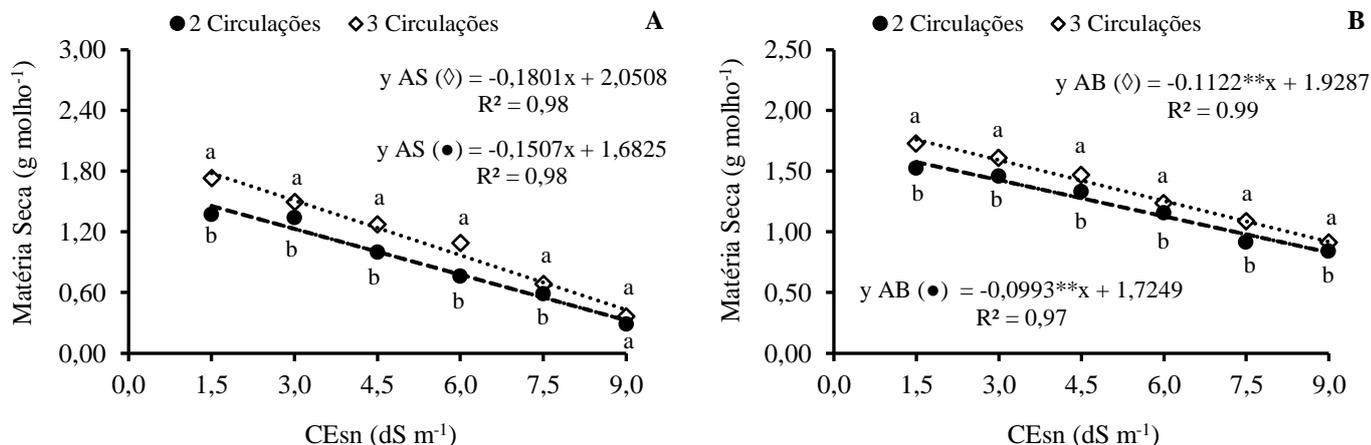


Figura 3. Produção de massa seca (MS) pela cultura da cebolinha (cv. Todo ano Evergreen - Nebuka) em função da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura realizada com água salobra (AS) (A) e com água de abastecimento (AB) (B). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de médias de Scott Knott ($p < 0,05$).

Para o experimento onde a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada com água salobra (AS), observa-se por meio da análise de desdobramento que houve diferença significativa dos níveis de salinidade dentro das frequências de duas e três circulações em relação a produção de MS (Figura 3A). Em ambas as circulações a produção de MS reduziu linearmente em função do aumento dos níveis de salinidade, onde para a frequência com duas circulações verificou-se um decréscimo de $0,15 \text{ g molho}^{-1}$ para cada aumento unitário da salinidade. A máxima produção de MS para essa frequência foi de $1,46 \text{ g molho}^{-1}$ no nível de salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a uma redução de 342% na produção de MS entre os níveis de salinidade de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Já para a frequência com três circulações esse decréscimo unitário na produção de MS foi de $0,18 \text{ g molho}^{-1}$, tendo o acúmulo máximo encontrado sido de $1,78 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível de salinidade estudado, o que corresponde a uma redução de 313% ao comparar os valores de produção de MS produzidos com os níveis de salinidade variando entre $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$. Araújo et al. (2016) estudando o crescimento da cultura da cebolinha sob diferentes concentrações de NPK na solução nutritiva, obtiveram uma produção de MS de $1,47$; $1,55$ e $1,50 \text{ g molho}^{-1}$ nas concentrações ideais de NPK, respectivamente.

Ainda de acordo com a Figura 3A, observa-se que houve diferença significativa entre os diferentes manejos de circulação da solução nutritiva dentro de cada um dos níveis de salinidade avaliados, tendo o manejo com três circulações e dentro das salinidades de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 dS m⁻¹ proporcionado incrementos na produção de MS de 21,9; 22,8; 24,0; 24,4 e 27,0%, respectivamente, em relação a produção de MS com duas circulações da solução nutritiva. De acordo com estes resultados, Silva et al. (2016) avaliando frequências de circulação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de coentro com água salobra, verificaram que o maior número de recirculações da solução nutritiva minimizou o efeito da salinidade sobre as plantas, promovendo, conseqüentemente, maior crescimento das mesmas.

No experimento em que a reposição da lâmina evapotranspirada foi realizada com água de abastecimento (AB) (Figura 3B), a análise de desdobramento revelou diferença significativa da produção de MS em função dos níveis de salinidade dentro de ambas frequências circulação. Houve redução linear na produção de MS para as frequências com duas e três circulações em função do aumento dos níveis de salinidade. Aplicando a frequência com duas circulações observou-se um decréscimo de 0,10 g molho⁻¹ para cada aumento unitário da salinidade, com máximo de 1,56 g molho⁻¹ na salinidade correspondente 1,5 dS m⁻¹, o equivalente a uma redução de 88% na produção de MS ao comparar o menor e o maior nível de salinidade estudados.

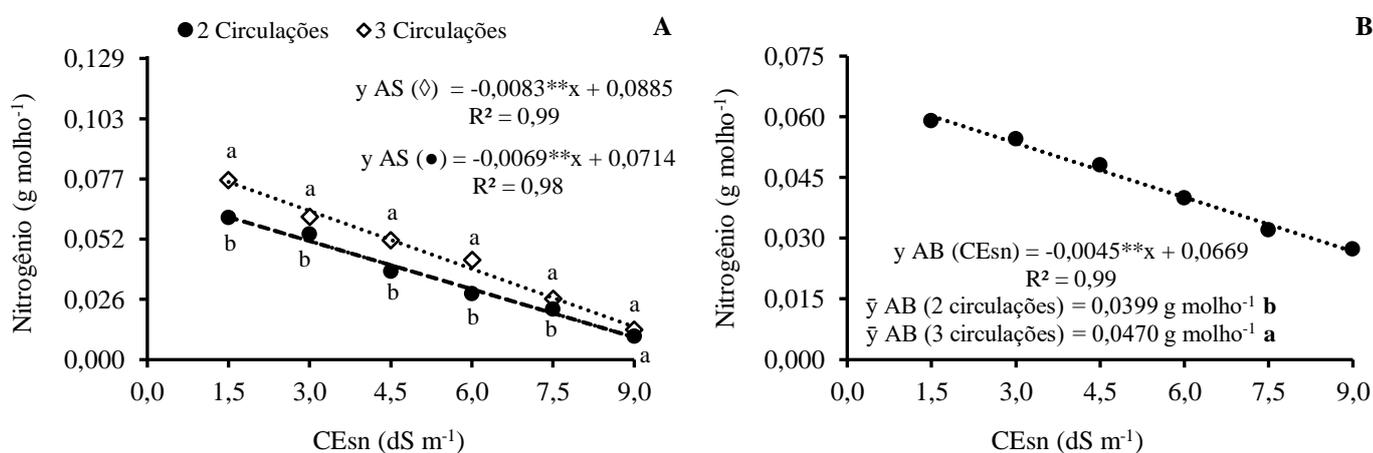
Na frequência com três circulações da solução nutritiva houve um decréscimo unitário na produção de MS de 0,11 g molho⁻¹, com acúmulo máximo de 1,76 g molho⁻¹ no nível salino de 1,5 dSm⁻¹, o que representa uma redução de 91,3% entre os níveis de salinidade de 1,5 e 9,0 dS m⁻¹. Estudando a produção de cebolinha consorciada com salsa sob fertirrigação, Schmitt et al. (2016) obtiveram no sistema de cultivo solteiro uma produção média de MS de 2,12 g molho⁻¹ de cebolinha numa condutividade elétrica da solução nutritiva de 0,8 dS m⁻¹.

De acordo com os resultados obtidos pode-se inferir que em ambos os experimentos o aumento da salinidade da solução nutritiva reduziu a produção de MS pela cultura da cebolinha. De acordo com Sá et al. (2013), altas concentrações de sal interagem negativamente com a fisiologia das plantas, pois promovem interações iônicas, osmóticas e nutricionais deletérias nas plantas, embora o efeito ocorra em diferentes níveis de intensidade, dependendo da tolerância das espécies, com reflexo na produção de biomassa vegetal.

Em relação ao desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro dos níveis de salinidade (Figura 3B), evidenciou-se diferença significativa da produção de MS entre duas e três circulações da solução nutritiva em todos os níveis de salinidade estudados,

onde, para a frequência com três circulações constatou-se incrementos na ordem de 12,8; 11,2; 10,9; 11,5; 11,2 e 10,8% para as salinidades correspondentes a 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 dS m⁻¹, respectivamente. Verifica-se que ao circular a solução nutritiva no sistema hidropônico três vezes ao dia atenuou-se os efeitos da salinidade em ambos os experimentos, favorecendo ao acréscimo da produção de MS. Silva Júnior et al. (2019) estudando a produção de cebolinha sob frequências de circulação da solução nutritiva com águas salobras, observaram que ao circular a solução nutritiva mais vezes durante o dia ocorreu uma redução na concentração de sais presentes na solução que ficava retida no perfil hidropônico, o que possivelmente está associado a frequente homogeneização entre a solução do perfil e o tanque abastecedor e consequentemente o aumento da oxigenação do sistema.

O efeito da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com a utilização de água salobra (AS) para a reposição da lâmina evapotranspirada sobre o acúmulo de N, P e K pode ser verificado por meio das Figuras 4A, 4C e 4D, respectivamente. Verifica-se por meio da Figura 4B que os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva influenciaram de forma isolada o acúmulo de N pelas plantas ao se repor a lâmina evapotranspirada com água de abastecimento (AB). Já o efeito apenas dos níveis de salinidade da solução nutritiva sobre o acúmulo de P e K com a utilização de AB pode ser observado por meio das Figuras 4D e 4F, respectivamente.



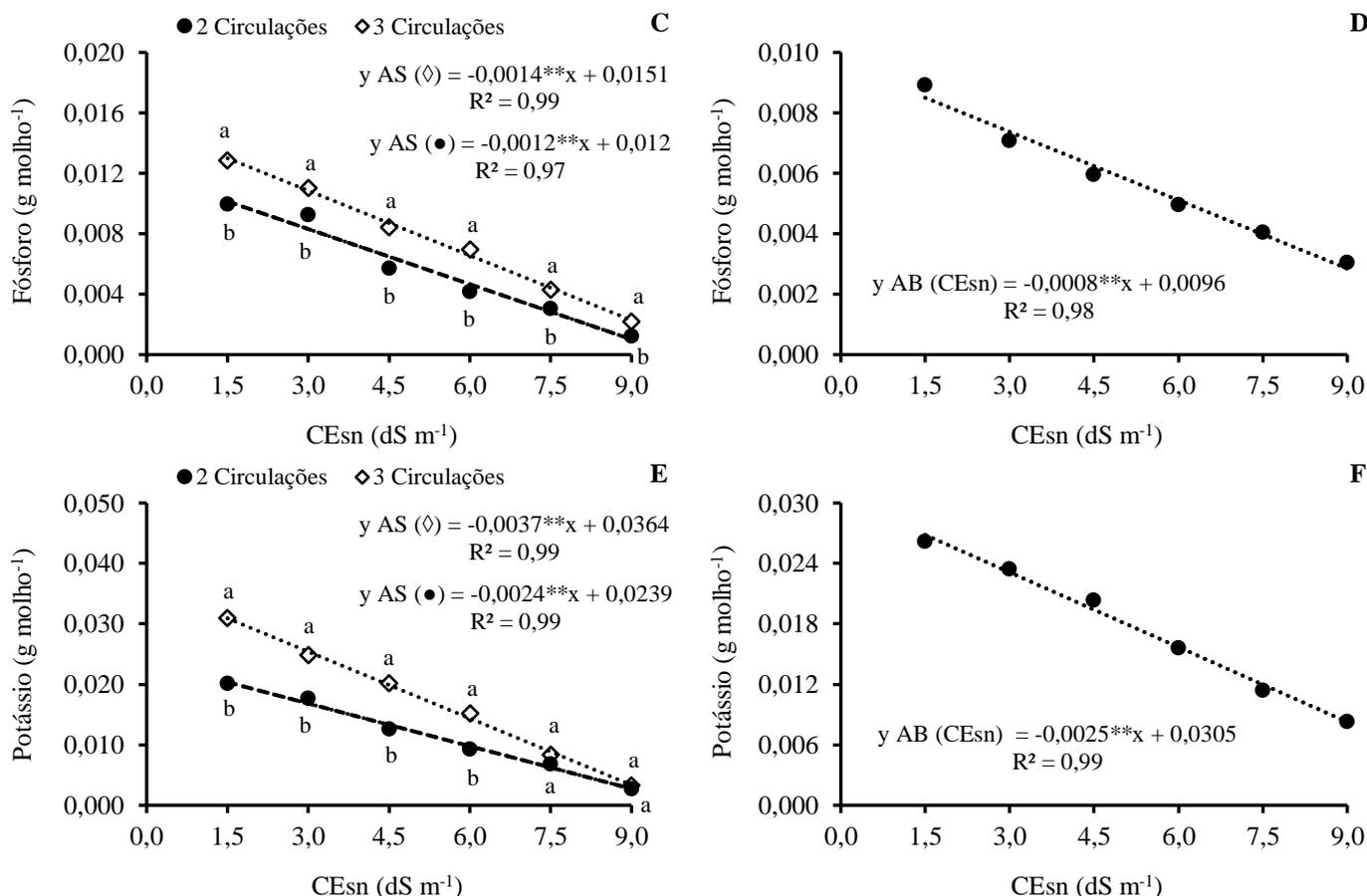


Figura 4. Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (C) e potássio (E) na cultura da cebolinha em função da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com reposição de água salobra (AS); nitrogênio (B) em função do efeito isolado dos níveis de salinidade e frequências de circulação com reposição de água de abastecimento (AB); fósforo (P) e potássio (K) em função apenas dos níveis de salinidade com reposição de AB. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de médias de Scott Knott ($p < 0,05$).

Em relação ao acúmulo de nitrogênio com reposição de água salobra (AS) a análise de desdobramento demonstrou diferença significativa dos níveis de salinidade dentro de ambas frequências de circulação da solução nutritiva (Figura 4A). Para as frequências de duas e três circulações da solução nutritiva ajustou-se o modelo linear decrescente, tendo-se verificado para a frequência com duas circulações um decréscimo de $0,0069 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de N para cada aumento unitário da salinidade. O acúmulo máximo de N para essa frequência foi de $0,061 \text{ g molho}^{-1}$ no nível salino correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução total de 555,91% entre os níveis salinos de $1,5$ e $9,0 \text{ dSm}^{-1}$.

Já para a frequência com três circulações esse decréscimo unitário foi de $0,0083 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de N, com acúmulo máximo de $0,076 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível de salinidade

estudado e uma redução total entre o menor e o maior nível de salinidade de 442,86%. Nota-se, portanto, que a frequência com três circulações atenuou os efeitos deletérios da salinidade sobre o acúmulo de N. Estudando a cultura da cebolinha cultivada em sistema hidropônico sob diferentes concentrações de N, Araújo et al. (2016) obtiveram acúmulo máximo de 0,056 g molho⁻¹ na dose adequada deste nutriente, corroborando assim com este estudo.

Para o desdobramento das frequências de circulação dentro de cada nível de salinidade (Figura 4A) observou-se diferença significativa nos níveis de 1,5; 3,0 4,5; 6,0 e 7,5 dS m⁻¹, com incrementos de 24,59; 25,49; 27,50; 30,0; 30,0 e 50,0% respectivamente, para a frequência com três circulações. Diante de tais resultados, acredita-se que, possivelmente, o uso de água salobra para a reposição da lâmina evapotranspirada tenha acentuado o efeito da salinidade nos diferentes níveis, evidenciando que o maior número de circulação da solução nutritiva amenizou o efeito da salinidade sobre o acúmulo de nitrogênio em relação ao menor número de circulação da solução nutritiva.

O acúmulo de N em função do efeito isolado dos níveis de salinidade e das frequências da solução nutritiva no experimento utilizando água de abastecimento (AB) ajustou-se ao modelo linear decrescente (Figura 4B), onde para cada aumento unitário dos níveis de salinidade obteve-se uma redução de 0,0045 g molho⁻¹ de N, com acúmulo máximo de 0,060 g molho⁻¹ do respectivo nutriente obtido no maior nível de salinidade estudado, em relação ao nível salino de 9,0 dSm⁻¹ a redução total no acúmulo de N foi de 130,77%. Paulus et al. (2012a) avaliaram a concentração de nutrientes em alface cultivada em hidroponia com águas salobras e também obtiveram redução linear no acúmulo de N em função do aumento da salinidade com uma redução total de 11,54% entre o nível de 0,42 e 7,43 dS m⁻¹.

A frequência com três circulações da solução nutritiva apresentou um incremento de 17,79% sobre o acúmulo de N quando comparada com a frequência com duas aplicações. O nitrogênio é o nutriente fundamental no desenvolvimento das culturas, sendo o macronutriente requerido em maiores quantidades pelas plantas, por ser constituinte básico das proteínas e enzimas, clorofila, ácidos nucleicos, além de participar da síntese hormonal (TAIZ et al., 2017).

Para o acúmulo de fósforo pela cultura da cebolinha, no experimento com a utilização de água salobra (AS) o desdobramento da interação detectou efeito significativo dos níveis de salinidade dentro das frequências com duas e três circulações da solução nutritiva (Figura 4C). O acúmulo de P reduziu linearmente em ambas as frequências de circulação da solução nutritiva em função do aumento dos níveis de salinidade.

Em relação a frequência com duas circulações houve redução de 0,0012 g molho⁻¹ no acúmulo de P para cada incremento unitário da condutividade elétrica, o acúmulo máximo de P para essa frequência foi de 0,0102 g molho⁻¹ na salinidade correspondente a 1,5 dS m⁻¹ e uma redução total de 750% entre o maior e o menor nível salino.

Já para a frequência com três circulações essa redução unitária foi de 0,0014 g molho⁻¹ no acúmulo de P, com acúmulo máximo de 0,013 g molho⁻¹ também no menor nível salino estudado, onde a redução total entre as CEs_n de 1,5 e 9,0 dS m⁻¹ foi de 420%. Araújo et al. (2016) trabalhando com a cultura da cebolinha submetida ao cultivo hidropônico com diferentes concentrações de NPK obtiveram um acúmulo máximo de P de 0,0073 g molho⁻¹ sob concentração adequada deste nutriente, sendo este um valor inferior ao obtido neste estudo, o que possivelmente esteja associado ao uso de água salobra. A esse respeito, Paulus et al. (2012b) relatam que o estresse salino pode aumentar a necessidade de P de algumas culturas.

O desdobramento das frequências de circulação dentro dos níveis de salinidade (Figura 4C) identificou diferenças significativas em todos os níveis de salinidade estudado, onde a frequência com três circulações apresentou incrementos percentuais de 27,45; 29,76; 33,33; 39,58 e 53,33; 108,33% para as salinidades em ordem crescente respectivamente. Tais resultados evidenciam os efeitos deletérios associados ao aumento da condutividade elétrica presente na solução nutritiva que tornam-se mais severos ao utilizar água salobra para repor a lâmina evapotranspirada do sistema hidropônico.

De acordo com Silva et al. (2016) o maior número de eventos de recirculação da solução nutritiva favorece o consumo hídrico pelas plantas devido a melhor manutenção do nível da solução nutritiva nos canais de cultivo bem como a aeração dessa solução. Nesse caso, é possível associar o maior acúmulo de P na frequência com três circulações da solução nutritiva devido ao maior consumo hídrico pelas plantas mesmo em condições de estresse salino.

O acúmulo de P no experimento com água de abastecimento (AB) (Figura 4D) reduziu linearmente em função do aumento dos níveis de salinidade. A cada aumento unitário dos níveis de salinidade estima-se uma redução de 0,0008 g molho⁻¹ de P, com acúmulo máximo obtido no nível salino de 1,5 dS m⁻¹ de 0,0084 g molho⁻¹, apresentando uma redução total de 250% entre os níveis extremos de salinidade empregados nesse estudo. Soares et al. (2016) explicam que as reduções no acúmulo de P podem ocorrer porque a salinidade da água causa sua precipitação ou devido ao seu antagonismo com outros nutrientes e, principalmente elementos aniônicos a exemplo do cloreto, resultando em uma menor absorção desse nutriente em níveis de salinidade mais elevados.

Quanto ao acúmulo de potássio (K) no experimento com água salobra (Figura 4E), os níveis de salinidade apresentaram diferença significativa dentro das frequências com duas e três circulações da solução nutritiva. Os dados das frequências com duas e três circulações da solução nutritiva ajustou-se o modelo linear decrescente, onde para a frequência com duas circulações houve um decréscimo de $0,0024 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de K para cada aumento unitário da salinidade. O acúmulo máximo de K para essa frequência foi de $0,0203 \text{ g molho}^{-1}$ no nível salino correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, a redução máxima foi de 782,61% entre os níveis de 1,5 e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$. Para a frequência com três circulações esse decréscimo unitário foi de $0,0037 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de K, com acúmulo máximo de $0,0309 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível de salinidade estudado, com uma redução percentual de 895,16 entre o maior e o menor nível de salinidade.

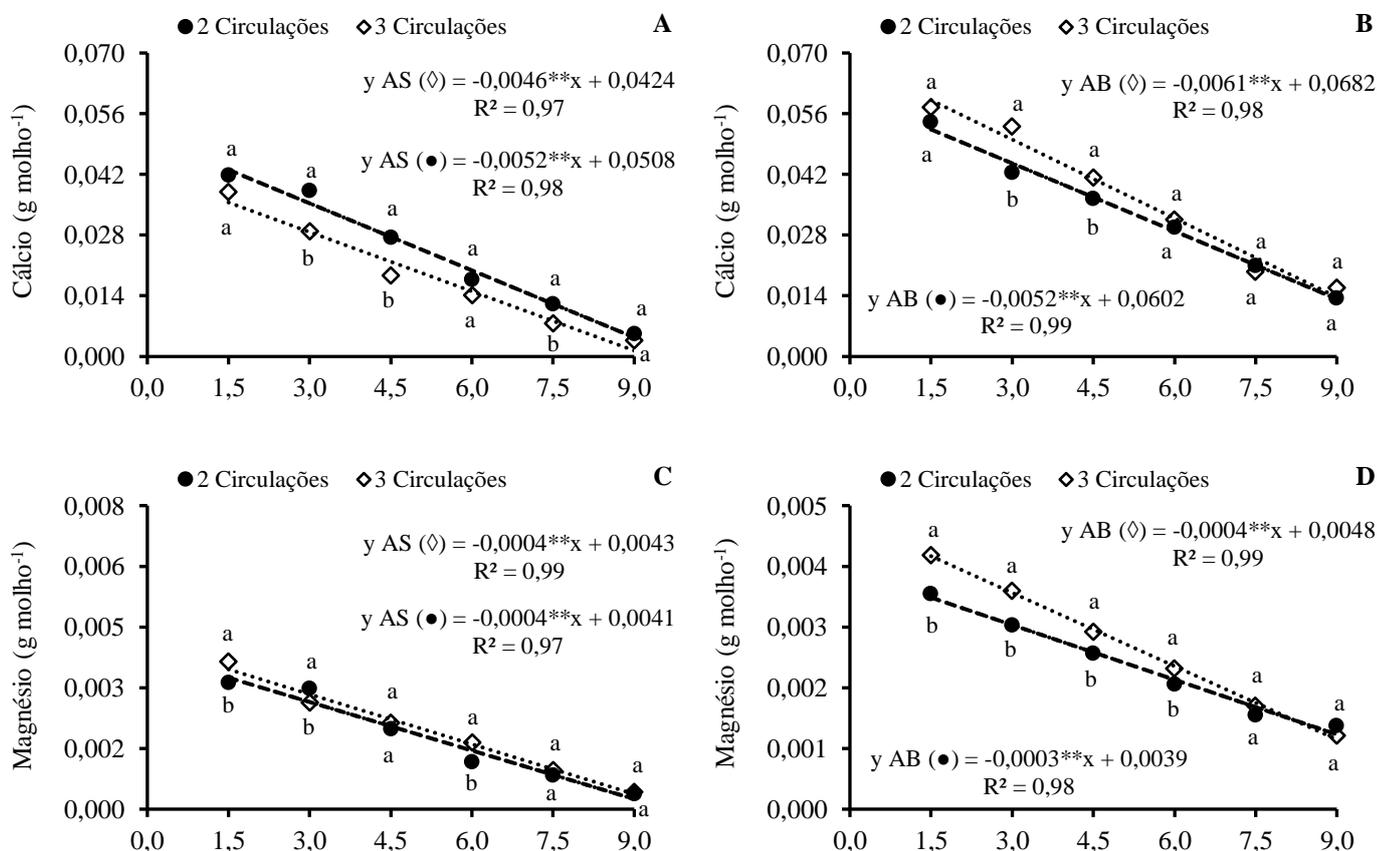
Com o aumento dos níveis de salinidade a concentração de íons de sódio (Na) na solução nutritiva também aumenta, o que acarreta em uma redução na absorção de íons de K uma vez que o Na compete pelos mesmo sítio de absorção de K (Tuteja et al., 2012). Em seu estudo com cebolinha cultivada em sistema hidropônico sob diferentes concentrações de K, Araújo et al. (2016) obtiveram na concentração de K adequada um acúmulo máximo de $0,0216 \text{ g molho}^{-1}$ deste nutriente. Este resultado está abaixo daquele encontrado neste estudo com frequência de três circulações da solução nutritiva, o que pode estar associado a mitigação do efeito da salinidade pelo aumento da frequência de circulação da solução nutritiva.

Desdobrando as frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada nível de salinidade (Figura 4E) observa-se diferença significativa nos níveis de 1,5; 3,0; 4,5; e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de 51,97; 51,50; 50,76 e 49,47% respectivamente, para a frequência com três circulações. Diante dos resultados, verifica-se que as frequências de circulação da solução nutritiva, não foram capazes de mitigar os efeitos dos níveis salinos mais elevados ($7,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$) não havendo diferença significativa entre as frequências nessas salinidades e ocorrendo as maiores reduções no acúmulo de K pela cultura da cebolinha. Sousa et al. (2010) relatam que o aumento da concentração de sódio no meio radicular pode inibir a absorção de potássio devido a relação competitiva entre esses cátions monovalentes.

O acúmulo de K em função dos níveis de salinidade no experimento utilizando água de abastecimento (AB) (Figura 4F) reduziu linearmente em função do aumento dos níveis de salinidade, tendo-se constatado um decréscimo de $0,0025 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de K para cada aumento unitário dos níveis de salinidade, com acúmulo máximo de $0,0268 \text{ g molho}^{-1}$ do respectivo nutriente obtido no menor nível de salinidade estudado, representando uma redução

percentual total (entre os níveis 1,5 e 9,0 dS m⁻¹) de 234,38. Paulus et al. (2012b) estudando o acúmulo de nutrientes em alface cultivada em sistema hidropônico com águas salinas, constataram redução na absorção de K quando adicionou-se Na na solução nutritiva, atribuindo esse efeito ao antagonismo existente entre esses cátions, o que pode justificar a redução no acúmulo desse nutriente neste estudo.

O efeito da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com a utilização de água salobra (AS) sobre o acúmulo de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) pode ser verificado por meio das Figuras 5A, 5C e 5E, respectivamente; e o efeito da interação desses fatores com o uso de água de abastecimento (AB) sobre o acúmulo de Ca, Mg e S pode ser observado nas Figuras 5B, 5D e 5F, respectivamente.



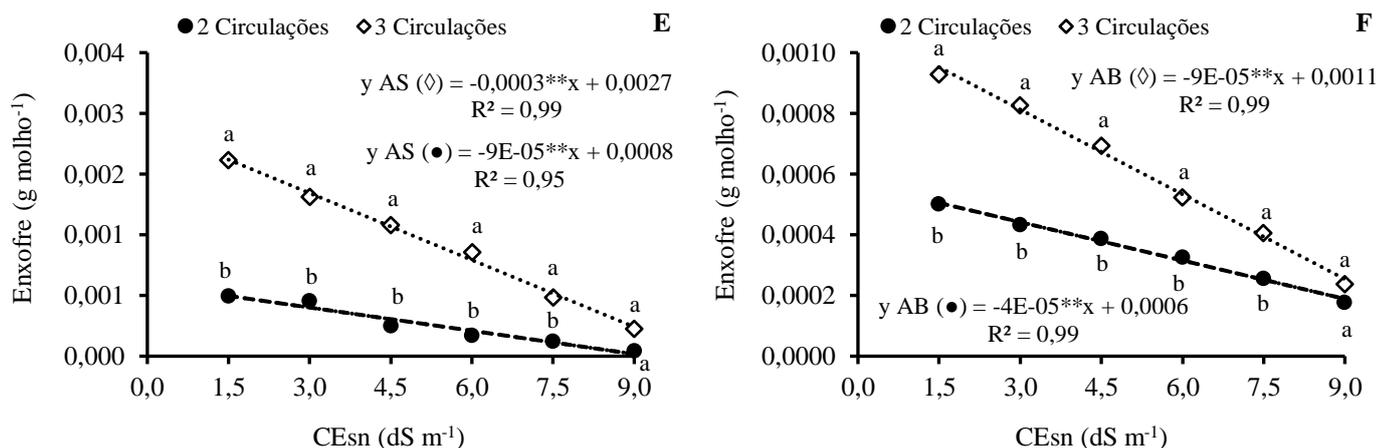


Figura 5. Acúmulo de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) na cultura da cebolinha em função da interação entre níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com reposição de água salobra (AS) e água de abastecimento (AB). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

De acordo com a análise de desdobramento o acúmulo de cálcio (Ca) em função dos níveis de salinidade no experimento com água salobra (AS), difere significativamente dentro de ambas as frequências de circulação da solução nutritiva (Figura 5A). Para a frequência com duas circulações houve uma redução linear de $0,0052 \text{ g molho}^{-1}$ para cada valor unitário acrescido na salinidade da solução nutritiva. O acúmulo máximo de Ca com duas circulações foi de $0,043 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução total na ordem de 975% entre o maior e o menor nível salino empregados neste estudo.

Já para a frequência com três circulações da solução nutritiva, o acúmulo de Ca reduziu linearmente $0,0046 \text{ g molho}^{-1}$ em função de cada aumento unitário da salinidade na solução nutritiva. Para essa frequência de circulação o acúmulo máximo de Ca também ocorreu na salinidade equivalente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ e foi de $0,355 \text{ g molho}^{-1}$, a redução total entre as salinidades de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 3450%, desse modo, comprova-se que o aumento da salinidade presente na solução nutritiva para o cultivo de cebolinha reduz drasticamente o acúmulo de Ca induzindo a planta a apresentar alta deficiência desse nutriente em detrimento do acúmulo de sais. Ressalta-se que o íon Ca é um elemento essencial para a integridade da membrana plasmática das células vegetais, e sua deficiência pode afetar a absorção de outros íons, principalmente o K (LIMA et al., 2016).

Para o acúmulo de Ca em função do desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada nível de salinidade (Figura 5A), obteve-se diferença significativa nos níveis salinos de 3,0; 4,5 e $7,5 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de 23,08; 26,27 e

49,37% quando houve duas circulações da solução nutritiva. Nesse caso observa-se que o acúmulo de Ca foi favorecido quando houve apenas duas circulações da solução nutritiva.

O acúmulo de Ca em função dos níveis de salinidade dentro das frequências com duas e três circulações da solução nutritiva no experimento com água de abastecimento (AB) pode ser verificado por meio da Figura 5B. Para ambas as frequências, as médias de acúmulo de Ca ajustaram-se ao modelo linear decrescente, onde para a frequência com duas circulações obteve-se um decréscimo de $0,0052 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de Ca para cada aumento unitário nos níveis de salinidade, com o máximo acumulado de $0,0524 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, para esse caso a redução total entre o maior e o menor nível salino foi de 291,04%.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva, houve uma redução de $0,0061 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo de Ca para cada aumento unitário dos níveis de salinidade, sendo o máximo acumulado de $0,0591 \text{ g molho}^{-1}$, obtido na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, e uma redução total de 344,36% entre as salinidades de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$. Santos et al. (2005), estudando o acúmulo de nutrientes em cebolinha cultivada sob doses de cloreto de potássio em solução nutritiva, obtiveram na dose considerada como ideal um acúmulo de $0,046 \text{ g molho}^{-1}$ de Ca, estando esse valor um pouco abaixo daqueles obtidos no menor nível salino avaliado nesse estudo.

Quanto ao desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada nível de salinidade (Figura 5B), verificou-se diferença significativa no acúmulo de Ca nas salinidades correspondentes a $3,0$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de 11,88 e 10,87%, respectivamente, quando utilizou-se a frequência com três circulações da solução nutritiva. Assim como o K, o Ca também desempenha um papel importante no crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como na manutenção do ajuste osmótico e do turgor celular, sendo este essencial para manter a seletividade e a integridade das membranas que reflete diretamente na resposta das plantas em condições salinas (PAULUS et al., 2012b; OSAKABE et al., 2014). No entanto, em níveis salinos elevados tais como aqueles empregados nesse trabalho ($6,0$; $7,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$) a absorção de Ca é inibida pelo excesso de sais presentes na solução nutritiva, levando as plantas apresentarem sintomas de deficiência comprometendo o desenvolvimento e a produção pela cultura.

Por meio da análise de desdobramento verifica-se que houve diferença significativa no acúmulo de magnésio (Mg) em função dos níveis de salinidade dentro de ambas frequências de circulação no experimento utilizando águas salobras (AS) (Figura 5C). Verificou-se que, sob a

frequência com duas circulações da solução nutritiva, as médias do acúmulo de Mg reduziram linearmente quando os níveis salinos aumentaram, com uma redução unitária de $0,0004 \text{ g molho}^{-1}$, o máximo acumulado para essa frequência foi de $0,0035 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, a redução total entre os níveis de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 600%. Sahin et al. (2018) analisando os efeitos do estresse hídrico e salino nas propriedades fisiológicas, nutricionais e bioquímicas de repolho, observaram que a concentração dos nutrientes K, Ca e Mg reduziram gradativamente com o aumento dos níveis de salinidade.

Na frequência com três circulações da solução nutritiva a redução no acúmulo de Mg em função de cada aumento unitário da salinidade também foi de $0,0004 \text{ g molho}^{-1}$. O acúmulo máximo de Mg obtido nessa frequência foi de $0,0037 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível salino estudado, com uma redução total entre o maior e o menor nível de salinidade de 428,57%. Em seu estudo, Santos et al. (2005) obtiveram um valor médio de acúmulo de Mg na cultura da cebolinha de $0,0067 \text{ g molho}^{-1}$, corroborando com os resultados apresentados neste trabalho. Vale ressaltar que, mesmo que o acúmulo de Mg obtido no menor nível de salinidade ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$) avaliado nessa pesquisa esteja abaixo daquele encontrado na literatura para a mesma cultura, não foi observado nas plantas sintomas de deficiência desse nutriente.

Em relação ao acúmulo de Mg em função do desdobramento das frequências e circulação da solução nutritiva dentro dos níveis de salinidade (Figura 5C), houve diferença significativa nos níveis salinos de $1,5$; $3,0$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ com incrementos percentuais de $5,71$; $6,90$ e $11,76$ para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Assim como nos nutrientes apresentados anteriormente, circular a solução nutritiva três vezes ao dia mitigou os efeitos da salinidade na cultura da cebolinha. Araújo et al. (2016) obteve um acúmulo de Mg em plantas de cebolinhas cultivada hidroponicamente sob concentrações de NPK de $0,0043 \text{ g molho}^{-1}$ aplicando a dose recomendada para a cultura, corroborando com os valores encontrados nesse estudo.

Para o acúmulo de Mg no experimento utilizando água de abastecimento (AB) (Figura 5D) a análise de desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva apontou diferença significativa da salinidade em ambas frequências de circulação. Observou-se que, tanto para a frequência com duas como para a frequência com três circulações da solução nutritiva, o acúmulo de Mg reduziu linearmente com o aumento dos níveis salinos, onde para a frequência com duas circulações a redução unitária para cada aumento dos níveis salino foi de $0,0003 \text{ g molho}^{-1}$, o máximo acúmulo de Mg para essa

frequência foi de $0,0035 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, e a redução total entre a maior e a menor salinidade foi de 191,67%.

Na frequência com três circulações da solução nutritiva a redução unitária para cada aumento dos níveis de salinidade foi de $0,0004 \text{ g molho}^{-1}$, com o máximo de Mg acumulado de $0,0042 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível salino, entre os níveis salinos de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ a redução total foi de 250%. Kurtz et al. (2016) estudando o acúmulo de nutrientes em cebola (*Allium cepa* L.) cultivada em campo com adubação convencional, obtiveram um acúmulo de Mg na parte aérea da cultura aos 65 dias após a semeadura de $0,109 \text{ g molho}^{-1}$ (parte aérea de 4 plantas), desse modo observa-se que mesmo sendo plantas da mesma família as necessidades nutricionais são diferentes, podendo ainda ter influência da condutividade elétrica da solução nutritiva no menor nível salino avaliado nesse estudo ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$).

A análise do desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro dos níveis de salinidade (Figura 5D) detectou diferença significativa no acúmulo de Mg nos níveis de $1,5$; $3,0$; $4,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de 20,0; 20,0; 15,0 e 14,29% para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Estudando a cultura do coentro sob efeitos de água salobras e recirculação da solução nutritiva, Silva et al. (2018) concluíram que um total de 12 recirculações da solução nutritiva por dia pode ser adotado sem haver perdas na produção do coentro, dessa forma, supõe-se que a cebolinha possa apresentar maiores acúmulos de nutrientes em cultivos com um número maior de eventos de circulação da solução nutritiva mesmo sob efeito de salinidade crescente, sendo necessário estudos com um número maior de frequências de circulação da solução nutritiva.

Savvas et al. (2007) estudando o acúmulo de nutrientes na cultura da pimenta em função de níveis de salinidade e frequências de irrigação em sistema hidropônico observaram que, mesmo utilizando irrigações frequentes associadas a maiores concentrações de NaCl na água de irrigação, houve reduções significativas nas concentrações de K, Ca e Mg nas folhas da pimenta.

Analisando o acúmulo de enxofre (S) na cultura da cebolinha (Figura 5E) no experimento com água salobra (AS), o desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulações da solução nutritiva detectou diferença significativa, em que o aumento dos níveis de salinidade reduziu gradativamente o acúmulo de S em ambas as frequências. Na frequência com duas circulações da solução nutritiva a redução foi de $0,00001 \text{ g molho}^{-1}$ de S para cada aumento unitário dos níveis salinos, com máximo acúmulo de $0,00065 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Na salinidade de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ o acúmulo de S atingiu níveis críticos

onde houve sintomas nítidos de deficiência nutricional ocasionada pelo excesso de sais presente na solução.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva a redução unitária foi de $0,0003 \text{ g molho}^{-1}$ de S em relação aos crescentes níveis de salinidade. O acúmulo máximo de S foi de $0,0023 \text{ g molho}^{-1}$ obtido na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Assim como na frequência com duas circulações, os maiores níveis salinos ocasionaram grandes reduções no acúmulo de S levando as plantas a apresentarem sintomas severos de deficiência nutricional e comprometendo características de desenvolvimento e produtividade. Santos et al. (2005), obtiveram em seu estudo com a cebolinha cultivada em sistema hidropônico sob doses crescentes de cloreto de potássio, um acúmulo de S de $0,0176 \text{ g molho}^{-1}$ na dose padrão de KCl, corroborando com os resultados deste trabalho.

Por meio da análise de desdobramento das frequências de circulação dentro dos níveis de salinidade verificou-se diferença significativa nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e $7,5 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos acima de 200% para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Observa-se com estes resultados, que mesmo a cebolinha tendo acumulado quantidades de S abaixo daquela encontrada na literatura, circular a solução nutritiva três vezes ao dia ameniza os efeitos da salinidade, podendo ser uma técnica auxiliar para possibilitar o cultivo de plantas em soluções nutritivas com águas salobras. Vale salientar também, que no nível salino equivalente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ as plantas não apresentaram sintomas de deficiência nutricionais.

Para o acúmulo de S no experimento com reposição da solução nutritiva com água de abastecimento (AB) (Figura 5F), o desdobramento dos níveis salinos foi significativo dentro das frequências de circulação, revelando decréscimos por incremento unitário dos níveis salinos de $0,00004$ e $0,0001 \text{ g molho}^{-1}$ de S, sendo o acúmulo máximo de $0,00053$ e $0,00097 \text{ g molho}^{-1}$ no nível salino de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, nas frequências com duas e três circulações da solução nutritiva, respectivamente. Entre os níveis de salinidade de 1,5 e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve uma redução total de 130,43 e 125,58% para as duas e três frequências, respectivamente. De acordo com Marschner (2012) altas concentrações de cloreto na solução nutritiva podem diminuir a absorção do enxofre devido a interações antagônicas entre eles.

O desdobramento das frequências de circulação dentro dos níveis de salinidade (Figura 5F) apresentou diferença significativa nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e $7,5 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos para a frequência com três circulações de 83,0; 84,0; 84,21; 86,67 e 86,96%, respectivamente. O enxofre é encontrado em certos aminoácidos (i.e., cistina, cisteína e metionina) e é um constituinte de várias coenzimas e vitaminas, essenciais para o metabolismo

vegetal. Muitos sintomas de sua deficiência são similares aos da deficiência de nitrogênio, incluindo clorose e redução do crescimento (TAIZ et al., 2017).

Por meio das Figuras 6A, 6C e 6E pode-se constatar o efeito da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva sobre o acúmulo de nitrato (NO_3^-), sódio (Na) e cloreto (Cl) com a reposição de água salobra (AS), e o efeito da interação desses fatores sobre o acúmulo de NO_3^- , Na e Cl com a utilização de água de abastecimento (AB) está exposto nas Figuras 6B, 6D e 6F, respectivamente.

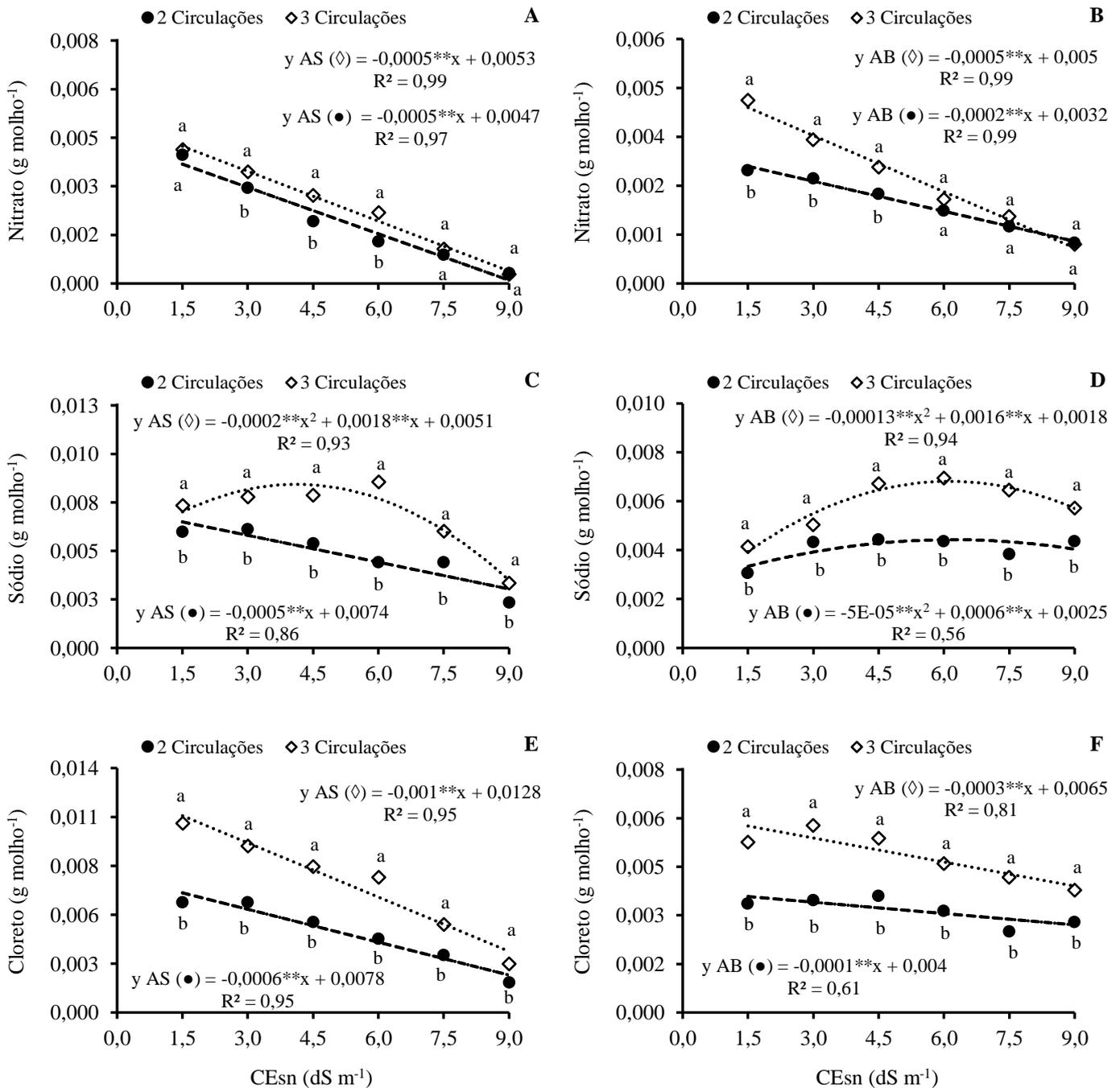


Figura 6. Acúmulo de nitrato (A e B), sódio (C e D) e cloreto (E e F) na cultura da cebolinha em função da interação entre níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva com reposição de água salobra (AS) e água de abastecimento (AB). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Para o acúmulo de nitrato (NO_3^-) com reposição de água salobra (AS) (Figura 6A), a análise de desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva revelou que foi significativo a redução no acúmulo de NO_3^- em ambas frequências, que apresentaram uma redução gradativa de $0,0005 \text{ g molho}^{-1}$ de NO_3^- para cada aumento unitário nos níveis de salinidade. Para a frequência com duas circulações da solução nutritiva o acúmulo máximo de NO_3^- obtido da salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, foi de $0,0040 \text{ g molho}^{-1}$, com uma redução total entre os níveis de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ de 1900%, o que evidencia os efeitos negativos do aumento da salinidade no acúmulo de NO_3^- na cultura da cebolinha.

Em relação a frequência com três circulações da solução nutritiva, o acúmulo máximo de NO_3^- foi de $0,0046 \text{ g molho}^{-1}$ no menor nível salino estudado, para esse caso a redução total entre o menor e o maior nível de salinidade estudado foi de 475%, onde é possível observar que mesmo havendo uma grande redução no acúmulo de NO_3^- , circular a solução nutritiva três vezes ao dia mitigou os efeitos do excesso de sais na solução nutritiva. Avaliando o acúmulo de nutrientes e nitrato em cultivares de alface cultivada em sistema hidropônico, Fernandes et al. (2002) obtiveram um acúmulo de NO_3^- de $0,051 \text{ g planta}^{-1}$. As concentrações de NO_3^- , assim como os demais nutrientes, podem variar de espécie para espécie e também em função do acúmulo de matéria seca de cada planta.

Com a análise do desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada um dos níveis de salinidade estudados no acúmulo de NO_3^- (Figura 6A) detectou-se diferença significativa das frequências nos níveis de salinidade correspondente a $3,0$; $4,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos da ordem de 18,75; 24,0 e 52,9% para a três circulações da solução nutritiva respectivamente. Savvas et al. (2007) concluíram que o aumento da frequência de irrigação em lavouras de pimenta cultivadas em sistemas hidropônicos fechados pode aprimorar o rendimento e a qualidade dos frutos devido principalmente à desaceleração da taxa de acúmulo de sal na zona radicular da cultura mesmo em níveis salinos mais elevados.

Em relação ao acúmulo de NO_3^- no experimento utilizando água de abastecimento (AB) (Figura 6B), o desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva revelou diferença significativa do acúmulo de NO_3^- em ambas as frequências,

onde houve redução de 0,0002 e 0,0005 g molho⁻¹ para duas e três circulações, respectivamente. Na frequência com duas circulações da solução nutritiva o acúmulo máximo de NO₃⁻ foi de 0,0029 g molho⁻¹, na salinidade correspondente a 1,5 dS m⁻¹, com uma redução total entre a menor e a maior salinidade estudada de 107%. Segundo Pardossi et al. (1999) a redução na absorção de nitrato pode ocorrer em função do antagonismo do nitrato com o cloreto presente na solução nutritiva, uma vez que o cloreto é o substituto osmótico do NO₃⁻ em meio salino.

Na frequência com três salinidades o acúmulo máximo de NO₃⁻ obtido foi de 0,0043 g molho⁻¹ também no menor nível de salinidade da solução nutritiva, e apresentou uma redução total de 760% entre as salinidades de 1,5 e 9,0 dS m⁻¹. Estudando o acúmulo de nitrato em plantas de alface cultivada em sistema hidropônico com águas salobras, Paulus et al. (2012b) obtiveram resultados opostos ao desta pesquisa, onde nos níveis mais elevados de salinidade houve o aumento no acúmulo de nitrato.

O acúmulo médio de NO₃⁻ obtido neste estudo para a cultura da cebolinha no nível de salinidade correspondente a 1,5 dS m⁻¹ foi equivalente a 2,58 g kg⁻¹, estando abaixo do limite máximo permitido para a cultura da alface produzida em ambiente protegido que é de 3,5 e 4,5 g kg⁻¹ para o período de verão e inverno, respectivamente, de acordo com a Comunidade Europeia (MCCALL e WILLUMSEN, 1998). No Brasil até então não existe legislação específica que regulamente os teores de NO₃⁻ máximos permitidos em hortaliças.

O desdobramento das frequências dentro dos níveis de salinidade no acúmulo de NO₃⁻ (Figura 6B), revelou diferença significativa nas salinidades correspondentes a 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, com incrementos de 48,28; 36,62 e 21,74% respectivamente, para a frequência com três circulações. Assim como para o nitrogênio, circular a solução nutritiva três vezes ao dia mitigou os efeitos da salinidade o que permitiu maior acúmulo de NO₃⁻ pelas plantas, esse resultado possivelmente está relacionado a diluição e aumento do volume da solução nutritiva presente no perfil hidropônico, bem como a maior oxigenação da solução o que favorece a absorção de íons pelas plantas. De acordo com Marschner (1995), o maior acúmulo de nitrato pelas plantas ocorre quando há excesso na absorção de nitrogênio em relação à capacidade de assimilação deste nutriente.

Por meio da Figura 6C é possível observar o acúmulo de sódio (Na) em função do desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva com reposição de água salobra (AS) no sistema. Houve diferença significativa de ambas frequências de circulações, onde para duas circulações as médias do acúmulo de Na ajustaram-se ao modelo linear decrescente, em que para cada valor unitário acrescido na

salinidade da solução nutritiva houve uma redução de $0,0005 \text{ g molho}^{-1}$ de Na, com o máximo acúmulo sido de $0,0076 \text{ g molho}^{-1}$ na salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução total de 129% entre os níveis de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva, as médias do acúmulo de Na ajustaram-se ao modelo quadrático, com acúmulo máximo de $0,0092 \text{ g molho}^{-1}$ obtido com o nível salino correspondente a $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, representando um incremento de 24% sobre a salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Corroborando com estes resultados, Paulus et al. (2012b) estudando o consumo hídrico e a composição mineral da cultura da face sob cultivo hidropônico com águas salinas observaram que ao aumento dos níveis de salinidade na solução nutritiva promoveu aumentos significativos no acúmulo de Na nas folhas de alface.

A redução no acúmulo de Na pela cultura da cebolinha nos maiores níveis de salinidade aplicados nesse estudo pode estar relacionado a capacidade que algumas plantas tem de controlar a concentração de sal na parte aérea realizando seu acúmulo nas raízes ou ainda por reduzir a absorção desse íon, o que confere um importante mecanismo de adaptação para permitir a sobrevivência e o crescimento das plantas sob condições de estresse salino (COLMER et al., 2005).

A análise do desdobramento das frequências de circulação dentro dos níveis de salinidade, detectou diferença significativa em todos os níveis salinos estudados, com incrementos de 10,53; 47,46; 77,67; 97,73; 105,78 e 75,86% nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Zanella et al. (2008) analisando o crescimento da alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes intervalos de irrigação, observaram que o número maior de eventos de irrigação reduziu a produção da cultura.

No experimento utilizando água de abastecimento (AB) para repor a lâmina da solução nutritiva evapotranspirada (Figura 6D) o desdobramento dos níveis de salinidade dentro nas frequências de circulação da solução nutritiva revelou diferença significativa do acúmulo de Na em ambas as frequências. Na frequência com duas circulações da solução nutritiva, as médias do acúmulo de Na ajustaram-se ao modelo quadrático, com valor máximo acumulado pela cultura de $0,0043 \text{ g molho}^{-1}$ obtido no nível salino de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incremento de 30,30% sobre a salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$. Corroborando com este resultado, Paz et al. (2017) avaliando o acúmulo de NaCl em couve folha sob cultivo hidropônico, observaram que houve aumento no acúmulo de Na pela cultura em detrimento do aumento da salinidade da solução nutritiva.

Para a frequência com três circulações o acúmulo máximo de Na foi de $0,0067 \text{ g molho}^{-1}$ no nível de salinidade correspondente a $6,15 \text{ dS m}^{-1}$, incremento de 72% sobre o menor nível de salinidade estudado. Observa-se que para ambas as frequências após um nível de salinidade aproximado a $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ o acúmulo do íon de Na reduziu em função do aumento da salinidade da solução nutritiva, caso que pode ser justificado pelo comprometimento do sistema metabólico da planta que diante de tal salinidade já não estava realizando a absorção dos íons presentes na solução e translocado para a parte aérea da planta.

Nos níveis de salinidade mais elevados ($7,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$) foi possível observar sintomas de deficiência nutricional bem como o comprometimento do desenvolvimento das plantas como amarelecimento, nanismo e redução no número de perfilhos. Paz et al. (2017) afirmam que lesões causadas pelo sódio nas folhas promovem redução da área foliar das plantas e, conseqüentemente, redução na taxa transpiratória o que contribui para a diminuição da assimilação de nutrientes pelas plantas.

Quanto ao desdobramento das frequências de circulação das soluções nutritivas dentro dos níveis de salinidade, houve diferença significativa em todos os níveis salinos com incrementos de 1,8,18; 38,46; 52,38; 55,82; 54,76 e 64,10% respectivamente para os níveis crescentes de salinidade avaliados, na frequência com três circulações da solução. O maior acúmulo de Na na frequência com três circulações da solução nutritiva pode estar associado ao maior crescimento das plantas nessa frequência e conseqüentemente maior produção de massa seca, permitindo maior acúmulo desse íon.

Inferese-se que a redução no acúmulo de Na pode ser um mecanismo de respostas das plantas de cebolinha ao excesso de sais presentes na solução nutritiva. A esse respeito e segundo Taiz et al. (2017) as plantas podem desenvolver mecanismos de exclusão de sais bloqueando o ingresso de íons tóxicos na célula, impedindo, assim, que suas concentrações alcancem nível limiar tóxico.

Com relação ao cloreto, pode-se observar por meio da Figura 6E o efeito do desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva com a utilização de água salobra (AS). Para a frequência com duas circulações houve um decréscimo linear de $0,0006 \text{ g molho}^{-1}$ no acúmulo do Cl^- para cada aumento unitário dos níveis de salinidade, o acúmulo máximo foi de $0,0069 \text{ g molho}^{-1}$ no nível salino correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução total entre as salinidades de 1,5 e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ de 187,5%. Em um resultado diferente ao obtido por este estudo Niñirola et al. (2014) cultivando alface em sistema

hidropônico com águas salobras observaram aumento da concentração de Cl^- nas folhas com o incremento da salinidade.

Na frequência com três circulações da solução nutritiva a redução linear no acúmulo de Cl^- foi de $0,001 \text{ g molho}^{-1}$, com acúmulo máximo de $0,0113$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, o que resultou em uma redução total de $197,37\%$ entre o menor e o maior nível de salinidade avaliado nessa pesquisa. Esse é um resultado contraditório uma vez que a salinização da solução nutritiva foi realizada utilizando NaCl , dessa forma esperava-se que as concentrações no tecido foliar fossem crescentes de acordo com os níveis salinos, tal como constatado por outros autores em culturas como a couve folha (PAZ et al., 2017) e alface (PAULUS et al., 2012b; FREITAS et al., 2019).

Para o desdobramento das frequências de circulação dentro de cada nível de salinidade (Figura 6E) observou-se diferença significativa dos níveis de $1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de $63,77; 63,33; 62,75; 61,90; 60,61$ e $58,33\%$ respectivamente, para a frequência com três circulações. Com isso é possível afirmar que circular a solução nutritiva três vezes ao dia pode favorecer o acúmulo de Cl^- pela cultura da cebolinha.

O acúmulo de Cl^- no experimento utilizando água de abastecimento (AB) pode ser verificado por meio da Figura 6F. De acordo com a análise de desdobramento dos níveis salinos nas frequências de circulação da solução nutritiva, o acúmulo de Cl^- ajustou-se ao modelo linear decrescente em ambas frequências, onde para a frequência com duas circulações a cada incremento unitário dos níveis salinos obteve-se uma redução de $0,0001 \text{ g molho}^{-1}$ de Cl^- com o máximo acumulado na salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ de $0,0039 \text{ g molho}^{-1}$, com uma redução total entre as salinidades de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ de $25,81\%$. De acordo com Paulus et al. (2012a) a redução da absorção de cloreto pelas plantas pode significar um mecanismo de defesa da planta ao estresse salino.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva a redução linear foi de $0,0003 \text{ g molho}^{-1}$ para cada aumento unitário da salinidade. O acúmulo máximo de Cl^- para essa frequência foi de $0,0061 \text{ g molho}^{-1}$ obtido no menor nível de salinidade estudado, o que representou uma redução total entre o maior e o menor nível salino estudado de $60,53\%$. Observa-se que a frequência com três circulações da solução nutritiva proporcionou maior acúmulo de Cl^- nas plantas de cebolinha, no entanto foi nessa frequência onde houve maior redução do acúmulo em função do aumento da salinidade da solução. Corroborando com estes resultados, Santos et al. (2017) avaliando cultivo de tomate cereja em vasos com substrato submetidos a níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva de $3,01; 4,51; 5,94; 7,34;$

8,71 e 10,40 dS m⁻¹, reportaram que o aumento da salinidade provocou aumentos crescentes nas concentrações de Cl⁻.

No desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada nível de salinidade, obteve-se diferença significativa em todos os níveis com incrementos de 54,41; 51,35; 44,44; 38,24; 30,30 e 22,58% respectivamente para a ordem crescente dos níveis de salinidade, quando circulou-se três vezes ao dia a solução nutritiva nos perfis hidropônicos.

Pode-se observar por meio da Figura 7A o acúmulo de ferro (Fe) em função apenas dos níveis de salinidade, e manganês (Mn) (Figura 7C) em função da interação entre os níveis de salinidades e frequências de circulação da solução nutritiva, com o uso de água salobra (AB); o acúmulo de Fe na Figura 7B em função da interação entre esses fatores e o Mn na Figura 7D em função apenas dos níveis de salinidade com reposição de água de abastecimento (AB).

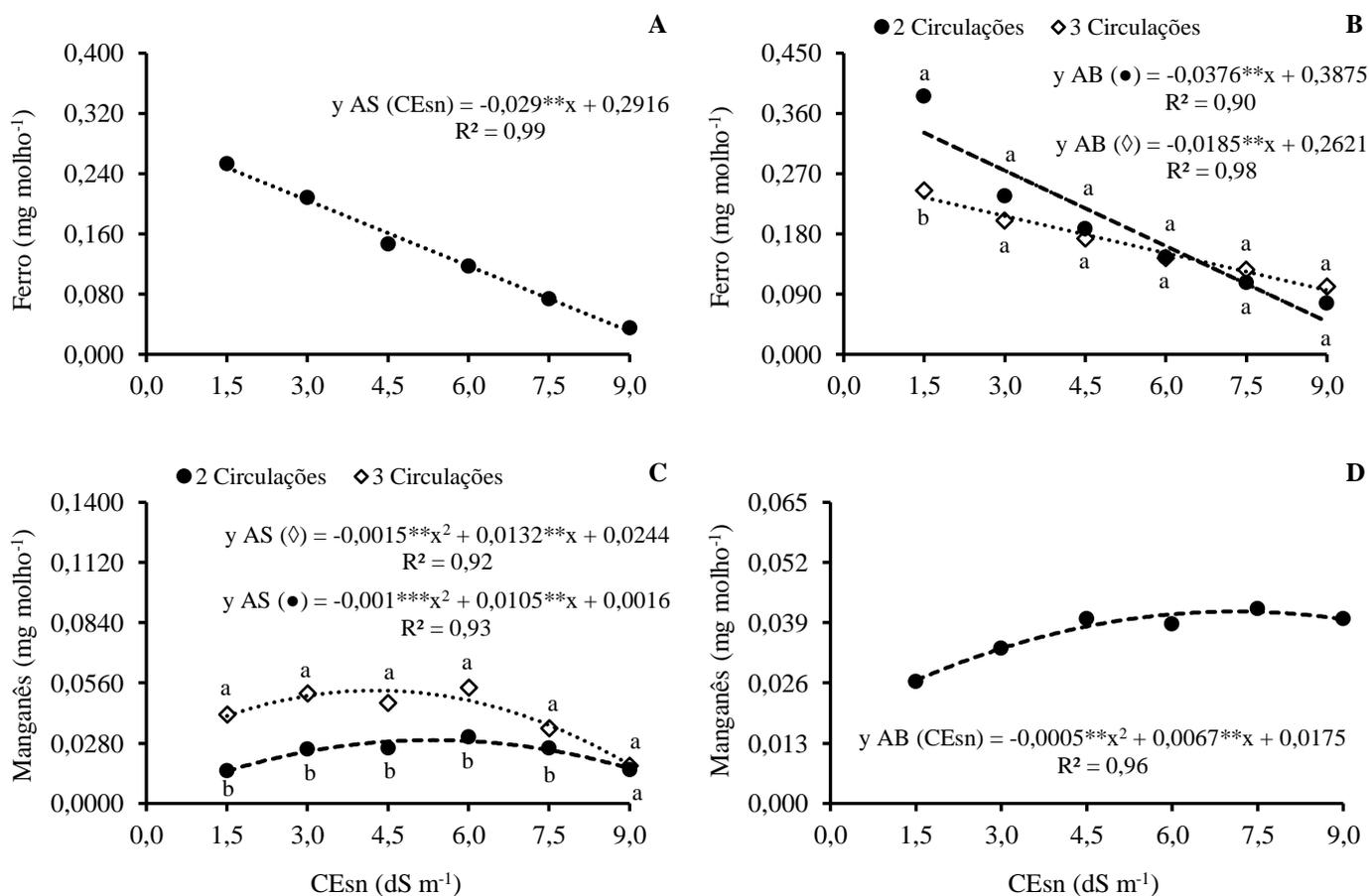


Figura 7. Acúmulo de ferro (A) na cultura da cebolinha em função dos níveis de salinidade e acúmulo de manganês (C) sob efeito da interação dos níveis de salinidade e das frequências de circulação da solução nutritiva com reposição de água salobra (AS); ferro (B) em função da interação entre os fatores e manganês (D) em função apenas dos níveis de salinidade com a

utilização de água de abastecimento (AB). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

O acúmulo de Fe em função dos níveis de salinidade da solução nutritiva utilizando água salobra (AS), ajustou-se ao modelo linear decrescente (Figura 7A), onde para cada aumento unitário da salinidade observa-se um decréscimo de $0,029 \text{ mg molho}^{-1}$. O acúmulo máximo desse nutriente foi de $0,248 \text{ mg molho}^{-1}$ obtido no menor nível de salinidade estudado ($1,5 \text{ dS m}^{-1}$), representado uma redução total de 710% entre os níveis de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ aplicados nesse estudo. Dessa forma, a salinidade induziu a níveis deficientes de Fe na cultura da cebolinha. De acordo com Taiz et al. (2017) um fornecimento insuficiente de ferro ou magnésio, por exemplo, resulta no decréscimo do conteúdo de heme (protoporfirina IX de ferro – proteínas hêmicas), que é necessário para a biossíntese de clorofilas e citocromos. Sem clorofilas e citocromos para conduzir as transferências de elétrons, a produção de energia na célula cessa.

Quanto ao acúmulo de Fe no experimento com reposição de água de abastecimento (AB) descrito na Figura 7B, a análise de desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva revelou redução linear significativa em ambas frequências. Cujas frequências com duas circulações da solução nutritiva apresentou uma redução de $0,038 \text{ mg molho}^{-1}$ no acúmulo de Fe a cada incremento da salinidade. Para essa frequência o acúmulo máximo foi de $0,331 \text{ mg molho}^{-1}$ de Fe na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução em relação ao nível de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ de 574,34%.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva a redução foi de $0,019 \text{ mg molho}^{-1}$ para cada aumento da salinidade na solução nutritiva. O acúmulo máximo foi de $0,234 \text{ mg molho}^{-1}$ no nível salino correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, para esse caso a redução percentual entre o menor e o maior nível salino estudado foi de 145,08%. Estudando o acúmulo de nutrientes na cultura da alface cultivada em sistema hidropônico com águas residuais, Carvalho et al. (2018) obtiveram no tratamento com água de abastecimento e fertilizantes químicos um acúmulo de Fe nas folhas na alface correspondente a 164 mg kg^{-1} , valor inferior ao obtido nesse estudo (186 mg kg^{-1} de matéria seca de cebolinha).

O desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada nível de salinidade revelou diferença significativa apenas para a salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com um incremento de 41,31% para a frequência com duas circulações. Nesse caso observa-se que, no menor nível de salinidade estudado, circular a solução nutritiva apenas duas vezes ao dia favoreceu o acúmulo do micronutriente Fe. O Fe é um dos principais micronutrientes envolvidos em reações redox podendo sofrer oxidações e reduções reversíveis e, desempenha

papel importante em reações envolvendo transferência de elétrons (TAIZ et al., 2017). De acordo os mesmos autores, um problema expressivo das soluções nutritivas é a manutenção da disponibilidade de ferro por este precipitar-se, principalmente sob condições alcalinas, tornando-o fisicamente indisponível às plantas.

Por meio da Figura 7C é possível observar o acúmulo de Mn no experimento com reposição de água salobra (AS). De acordo com a análise de desdobramento dos níveis de salinidade dentro nas frequências de circulação da solução nutritiva, houve diferença significativa para ambas frequências, onde as médias dos valores de acúmulo de Mn ajustaram-se ao modelo quadrático. Na frequência com duas circulações o máximo de valor de Mn acumulado foi de 0,029 mg molho⁻¹ na salinidade correspondente a 5,25 dS m⁻¹, representando um incremento de 45% no acúmulo de Mn em relação ao nível salino de 1,5 dS m⁻¹.

Na frequência com três circulações foi estimado o acúmulo máximo de Mn na salinidade de 4,4 dS m⁻¹ equivalente a 0,053 mg molho⁻¹, com um incremento percentual de 29,27% sobre a salinidade de 1,5 dS m⁻¹. Dessa forma é possível observar que ao utilizar a frequência com duas circulações da solução nutritiva por dia o efeito da salinidade foi levemente mitigado uma vez que não houve reduções no acúmulo de Mn até o nível de salinidade de 5,25 dS m⁻¹, valor este superior ao obtido quando aplicado três circulações da solução nutritiva. Corroborando com estes resultados, Kurtz et al. (2016) avaliando o crescimento e a absorção de nutrientes em cebola (*Allium cepa* L.) obtiveram um acúmulo de Mn na parte aérea de 0,146 mg molho⁻¹ (4 plantas). Vale ressaltar que mesmo os resultados obtidos neste trabalho estando abaixo dos valores encontrado na literatura para uma cultura da mesma família, as plantas de cebolinha não apresentaram sintomas de deficiência desse nutriente na salinidade correspondente a 1,5 dS m⁻¹.

A análise do desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro de cada um dos níveis de salinidade estudados, revelou diferença significativa nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 dS m⁻¹, com incrementos de 105,0; 12,5; 89,29; 78,57 e 62,5% respectivamente, para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Os principais sintomas da deficiência de manganês é a clorose entre as nervuras, associada ao desenvolvimento de pequenas manchas necróticas, principalmente, porque este ativa várias enzimas nas células vegetais como as descarboxilases e as desidrogenases envolvidas no ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs) (TAIZ et al., 2017).

Em relação ao acúmulo de Mn no experimento com reposição de água salobra (AS) (Figura 7D), as médias dos valores de acúmulo de nutriente ajustaram-se ao modelo quadrático,

onde o máximo valor estimado foi de 0,040 mg molho⁻¹ obtido com a salinidade correspondente a 6,5 dS m⁻¹, revelando um incremento de 53,85% em relação ao nível salino de 1,5 dS m⁻¹. Em seu estudo com a cultura da alface, Carvalho et al. (2018) obtiveram um acúmulo máximo de Mn de 198 mg planta⁻¹, valor este muito superior aos obtidos neste trabalho para a cultura da cebolinha (22,48 mg kg⁻¹). Em outro estudo, Sahin et al. (2018) na cultura do repolho (folhas) obtiveram em um nível salino correspondente a 0,25 dS m⁻¹ um acúmulo de Zn equivalente a 16,2 mg kg⁻¹.

O efeito da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva sobre o acúmulo de cobre (Cu) bem como o efeito isolado dos níveis de salinidade sobre o acúmulo de zinco (Zn) no experimento com a reposição de água salobra (AS) estão representados nas Figuras 8A e 8C, respectivamente. O efeito da interação entre esses fatores sobre o acúmulo de Cu e o efeito isolado dos níveis de salinidade e das frequências de circulação da solução nutritiva sobre o acúmulo de Zn no experimento utilizando água de abastecimento (AB), podem ser observados por meio das Figuras 8B e 8C, respectivamente.

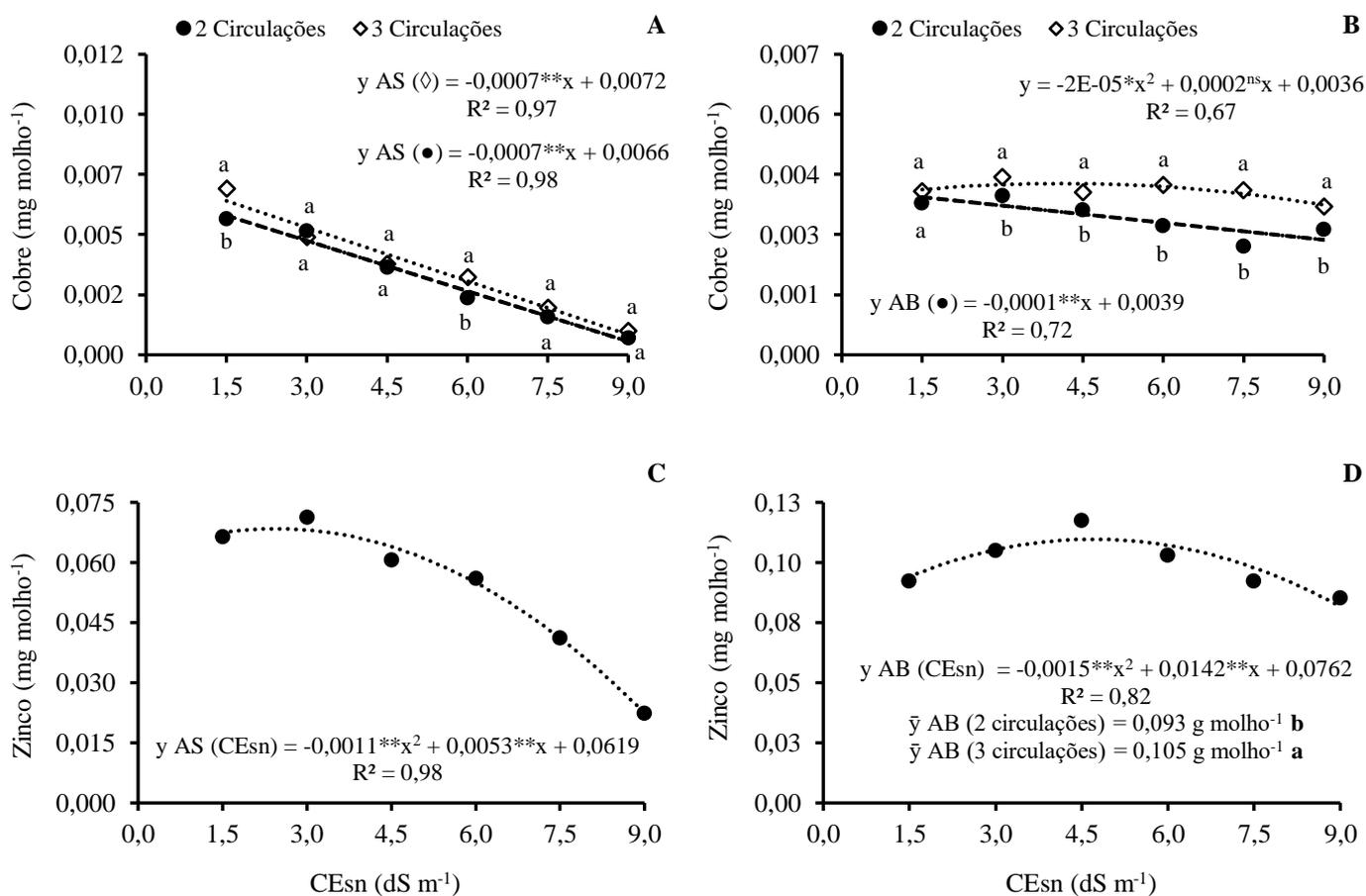


Figura 8. Acúmulo de cobre (A) na cultura da cebolinha em função da interação entre os níveis de salinidade e as frequências de circulação da solução nutritiva, e o efeito isolado dos níveis de salinidade sobre o acúmulo de zinco (C) com reposição de água salobra (AS); cobre (B) em função interação desses níveis de salinidade com as frequências de circulação e zinco (D) em função apenas dos níveis de salinidade utilizando de água de abastecimento (AB). Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as frequências de circulação (duas e três circulações) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Por meio da Figura 8A, verifica-se o acúmulo de cobre (Cu) no experimento com reposição de água salobra (AS). De acordo com o desdobramento dos níveis de salinidade dentro das frequências de circulação da solução nutritiva, houve diferença significativa em ambas frequências, onde o acúmulo de Cu reduziu linearmente em função do aumento dos níveis de salinidade aplicados. Na frequência com duas circulações a redução foi de $0,0007 \text{ mg molho}^{-1}$ no acúmulo de Cu para cada aumento unitário dos níveis salinos, o máximo acumulado estimado foi de $0,0056 \text{ mg molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, com uma redução total de mais de 1000% em relação ao maior nível de salinidade ($9,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva a redução por incremento unitário dos níveis de salinidade foi igual ao obtido na frequência com duas circulações, com acúmulo máximo estimado de $0,0062 \text{ mg molho}^{-1}$ também na salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, onde a redução total entre as salinidades foi de $1,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ foi de 588,80%. Para a cultura da cebola, Kurtz et al., (2016) obtiveram um acúmulo de Cu de $0,15 \text{ mg molho}^{-1}$ na parte aérea, corroborando com os resultados obtidos nesse trabalho. Assim como para os demais nutrientes, mesmo os valores estando abaixo daqueles encontrados na literatura para culturas semelhantes as plantas de cebolinha não apresentaram sintomas de deficiência em níveis de salinidade mais baixos ($1,3 \text{ dS m}^{-1}$).

Em relação ao acúmulo de Cu e função desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro dos níveis de salinidade (Figura 8A), constatou-se diferença significativa nos níveis salinos correspondentes a $1,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$, com incrementos de 10,71 e 25% respectivamente, para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Santos et al. (2005) estudando doses de KCl na cultura da cebolinha obtiveram um acúmulo de Cu de $0,044 \text{ mg molho}^{-1}$ para a dose padrão de KCl.

Em relação ao acúmulo de Cu no experimento com reposição de água de abastecimento (AB) (Figura 8B) a análise de desdobramento dos níveis salinos nas frequências de circulação da solução nutritiva apontou diferença significativa para as duas frequências de circulação aplicadas. Na frequência com duas circulações as médias dos valores de acúmulo de Cu

ajustaram-se ao modelo linear decrescente, onde para cada incremento unitário nos níveis de salinidade houve uma redução de $0,0001 \text{ mg molho}^{-1}$ de Cu, com o máximo acumulado estimado de $0,0038 \text{ mg molho}^{-1}$ na salinidade correspondente a $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, uma redução total de 26,67% entre o menor e o maior nível de salinidade aplicados neste estudo.

Para a frequência com três circulações da solução nutritiva as médias dos valores de acúmulo de Cu ajustaram-se ao modelo quadrático, onde foi estimado o máximo acúmulo de Cu de $0,0041 \text{ mg molho}^{-1}$ no nível salino correspondente a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$. Entre a salinidade de $5,0$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ houve uma redução de 7,89% no acúmulo de Cu. Dessa forma, pode-se constatar que não há comprometimento no acúmulo de Cu ao aplicar-se uma salinidade de até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ na solução nutritiva para o cultivo de cebolinha quando realizar-se três circulações da solução nutritiva ao dia.

Por meio do desdobramento das frequências de circulação da solução nutritiva dentro dos níveis de salinidade, o acúmulo de Cu (Figura 8B) apresentou diferença significativas nos níveis salinos correspondentes a $3,0$; $4,5$; $6,0$; $7,5$ e $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ com incrementos de 11,11; 17,14; 24,24; 25,0 e 26,67% respectivamente, para a frequência com três circulações da solução nutritiva. Assim como o ferro, o cobre está associado a enzimas envolvidas em reações redox como a plastocianina, a qual está envolvida na transferência de elétrons durante as reações dependentes de luz da fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

O acúmulo de zinco (Zn) no experimento utilizando água salobra (AS) em função dos níveis de salinidade está descrito na Figura 8C. Observa-se que as médias dos valores de acúmulo de Zn na cultura da cebolinha ajustaram-se ao modelo quadrático, onde o máximo acúmulo estimado de $0,068 \text{ mg molho}^{-1}$ foi obtido na salinidade correspondente a $2,41 \text{ dS m}^{-1}$ o que representa uma redução de 223,81% em relação ao maior nível de salinidade estudado ($9,0 \text{ dS m}^{-1}$).

De acordo com a Figura 8D o acúmulo de Zn no experimento com reposição de água de abastecimento (AB) em função dos níveis de salinidade, ajustou-se ao modelo quadrático com acúmulo máximo de Zn de $0,110 \text{ mg molho}^{-1}$ estimado na salinidade correspondente a $4,73 \text{ dS m}^{-1}$, o que sugere uma redução em relação a salinidade de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ de 32,53%. Sahin et al. (2018) estudando os efeitos do estresse hídrico e salino na cultura do repolho, observaram que as plantas que não estavam sob nenhum estresse apresentaram os maiores acúmulos de nutrientes como o Fe e o Zn.

Para o efeito isolado das frequências de circulação da solução nutritiva no acúmulo de Zn repondo a lâmina evapotranspirada com AB (Figura 8D) houve um incremento de 12,90%

quando circulou-se a solução nutritiva três vezes ao dia. De acordo com Taiz et al. (2017) o zinco é exigido para a biossíntese da clorofila, sendo sua deficiência caracterizada pela redução do crescimento e folhas pequenas e retorcidas, com margens de aparência enrugada.

6. CONCLUSÕES

A salinidade da solução nutritiva, em ambos os experimentos avaliados, reduziu o acúmulo de matéria seca pelas plantas independente da adoção das circulações da solução nutritiva, porém as maiores reduções foram evidenciadas com duas frequências de circulação desta solução;

Nos dois experimentos conduzidos, o nitrato acumulado pela cultura da cebolinha manteve-se abaixo do limite máximo permitido pela Comunidade Europeia para a cultura da alface;

Verificou-se nos dois experimentos que a frequência com três circulações da solução nutritiva ao dia mitigou os efeitos dos níveis de salinidade e proporcionou incrementos nos acúmulos dos nutrientes N, NO_3^- , P, K, Ca, Mg, S, Cl^- , Fe, Mn, Cu e Zn e do íon Na;

Nos dois maiores níveis de salinidade da solução da solução nutritiva (7,5 e 9,0 dS m^{-1}) as plantas apresentaram sintomas severos de deficiência nutricional;

Nas condições em que ambos experimentos foram desenvolvidos, é possível utilizar água salobra com salinidade inferior a 5,0 dS m^{-1} sem haver danos severos a cultura para a produção hidropônica de cebolinha, em regiões semiáridas, como alternativa para produção, o que pode contribuir para o reaproveitamento de água e também para a geração de renda em regiões com escassez de água doce.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, F. A. L.; SILVA, F. S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 6, n. 4, p. 602-608, 2011.

<https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1257>

- APRÍGIO, A. REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; COSTA, A. L.; SOUZA, R. S.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; SOUZA, R. S. Teor de nitrato em alface hidropônica em função de vazões e períodos de pós-colheita. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 946-951, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900004>
- ARAUJO, J. L.; FAQUIN, V.; BALIZA, D. P.; ÁVILA, F. W. D.; GUERRERO, A. C.; Crescimento e nutrição mineral de cebolinha verde cultivada hidroponicamente sob diferentes concentrações de N, P e K. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 63, n. 2, p. 232-240, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663020015>
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. *Análises químicas e bioquímicas em plantas*. 1 ed. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. *Técnicas de hidroponia*. 1 ed. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2000, 88p.
- BLOM-ZANDSTRA, M.; LAMPE, J. E. M. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, v. 36, n. 7, p. 1043-1052, 1985.
<https://doi.org/10.1093/jxb/36.7.1043>
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 157-164, 2009.
- CARDOSO, M. O.; BERNI, R. F. Índices agronômicos na cebolinha com doses de sulfato de amônio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 2, p. 2375-2382, (Suplemento), 2012.
- CARVALHO, R. S. C.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Influence of the use of wastewater on nutriente absorption and production of lettuce grown in a hydroponic system. *Agricultural Water Management*, v. 203, p. 311-321, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.028>
- CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNG, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.
<https://doi.org/10.1080/00103627509366547>

- CAVALCANTE, L. F. CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 31, n. 4, p. 1281-1290, 2010.
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4Sup1p1281>
- COLMER, T. D.; MUNIZ, R.; FLOWERS, T. J. Improving salt tolerance of wheat and ~ barley: future prospects. *Australian Journal of Experimental Agriculture, Brighton*, v. 45, n.11, p. 1425-1443, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1071/EA04162>
- CORRÊA, R. M.; PINTO, S. I. C.; REIS, E. S.; CARVALHO, V. A. M. Hydroponic production of fruit tree seedlings. In: ASAO T (Ed.) *Hydroponics – A standard methodology for plant biological researches*. Croácia: Intech Open, 2012. Cap. 11, p. 225-244.
<https://doi.org/10.5772/38594>
- COSTA, A. C.; REIS, B. M.; PRINS, C. L.; SOUZA, M. P. S.; SANTOS, L. S. Crescimento de cebolinha em resposta a diferentes combinações de fontes de nitrogênio. In: *Semana Acadêmica do Curso de Agronomia CCAE/UFES*, 28, 2017, Alegre. Anais... Alegre: SEAGRO, 2017. CD Rom
- CHUNG, J. B.; JIN, S. J.; CHO, H. J. Low water potential in saline soils enhances nitrate accumulation of lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Athens, v. 36, n. 13-14, p. 1773-1785, 2005.
<https://doi.org/10.1081/CSS-200062443>
- DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. *Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças*. 1 ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.
- FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000200016>

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 421p.
- FREITAS, E. E. S.; OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; CARVALHO, H. H.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Sulfur-induced salinity tolerance in lettuce is due to a better P and K uptake, lower Na/K ratio and an efficient antioxidative defense system. *Scientia Horticulturae*, v. 257, p.108.119, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108764>
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).
- GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; MIRANDA, G. V.; NEVES, J. C. L.; MORAIS, W. B.; SANTOS, D. B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. *Idesia, Arica*, v. 25, n. 3, p. 93-106, 2007.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292007000300010>
- HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. *Australian Journal of Agricultural Research, Southern Cross*, v. 45, n. 1, p. 251-267, 1994.
<https://doi.org/10.1071/AR9940251>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro, 777p, 2006. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf. Acesso em 04 de maio de 2017.
- KREUTZ, D. H.; WEIZENMANN, M.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V. Avaliação das concentrações de nitrato e nitrito em hortaliças produzidas em cultivos convencional e orgânico na Região do Vale do Taquari – RS. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina*, v. 15, n. 2, p. 105-110, 2012.
<http://dx.doi.org/10.17921/2447-8938.2012v14n2p%25p>

- KURTZ C, PAULETTI V, FAYAD JA, VIEIRA NETO J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 34, n. 2, p. 279-288, 2016.
<https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000200020>
- LIMA, G. S. L.; OLIVEIRA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; LACERDA, C. F.; SANTOS, J. B.; ARAÚJO, B. M. Cultivation of colored cotton irrigated with saline water under potassium and nitrate/ammonium fertilization. *African Journal of Agricultural, Ago-Iwoye* v.11, n. 1, p.32-39, 2016.
<https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10540>
- LÓPEZ, U. P.; APODACA, J. M.; PETITE, A. M.; RUEDA, A. M. Responses of nutrient dynamics in barley seedlings to the interaction of salinity and carbon dioxide enrichment. *Environmental and Experimental Botany*, Oxford, v. 99, p. 86-99, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.004>
- MALVI, U. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, Dharwad, v. 24, n. 1, p. 106-109, 2011.
- MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000300014>
- MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3 ed. Australia: Academic Press, 2012, 649 p.
- MARSCHNER H. Mineral nutrition of higher plants. 2 ed. London: Academic Press. 1995, 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 76p.
- McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.73, n.5, p.698-703, 1998.
<https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11511036>

- NIÑIROLA, D.; FERNÁNDEZ, J. A.; CONESA, E.; MARTÍNEZ, J. A.; EGEA-GILABERT, C. Combined effects of growth cycle and different levels of aeration in nutrient solution on productivity, quality, and shelf life of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) plants. HortScience, v. 49, n. 5, p.567-573, 2014.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.5.567>
- OSAKABE, Y.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K.; PHAN TRAN, L. S. ABA control of plant macroelement membrane transport systems in response to water deficit and high salinity. New Phytologist, Lancaster, v. 202, n. 1, p. 35-49, 2014.
<https://doi.org/10.1111/nph.12613>
- PARDOSSI, A.; BAGNOLI, G.; MALORGIO, F.; CAMPIOTTI, C. A.; TOGNONI, F. NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) grown in NFT. Scientia Horticulturae, v. 81, n. 3, p. 229-242. 1999.
[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00020-5)
- PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A.; Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. Revista Ceres, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012a.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100016>
- PAULUS, D.; NETO, D. D.; PAULUS, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. Horticultura Brasileira, Vitória da Conquista, v. 30, n. 1, 2012b.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000100004>
- PAULUS, D.; DOURADO NETO, D.; FRIZZONE, J. A.; SOARES, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. Horticultura Brasileira, Brasília, v.28, n. 1, p. 29-35, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000100006>
- PAZ, M. G. F.; VIANA, P. C.; FERREIRA, A. H. P.; OLIVEIRA, T. A. D.; SOARES, T. M.; DAMASCENO, B. S. Aspectos morfofisiológicos e acúmulo de NaCl em folhas de couve hidropônica. In: IV Inovagri International Meeting, XXVI CONIRD - Congresso Nacional De Irrigação E Drenagem, III SBS - Simpósio Brasileiro De Salinidade, 2017, Fortaleza. Anais... Fortaleza: IV INOVAGRI, 2017.

- PEÇANHA, A. L.; SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; FERRAZ, T. M.; NETTO, A. T.; LIMA, R. S. N.; LOPES, T. S.; RIBEIRO, M. S.; DEUS, B. C. S.; 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*, v. 218, n. 5, p. 230-239, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.018>
- PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. 266-273, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200014>
- REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; SOUZA NETO, O. N.; DINIZ, A. A.; LIRA, R. B. Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013.
<https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n4p624>
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory (USDA Agriculture Handbook, 60), 1954. 160p.
- SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 8, n. 3, p. 435-440, 2013.
<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2663>
- SAHIN, U.; EKINCI, M.; ORS, S.; TURAN, M.; YILDIZ, S.; YILDIRIM, E. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). *Scientia Horticulturae*, v. 240, p. 196-204, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.016>
- SANTOS, A. N.; SILVA, E. F.F.; SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 576-585, 2017.
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170067>

- SANTOS, J. M.; PEGORARO, R. F.; PEREIRA, P. R. G.; FAGUNDES, J. L.; MISTURA, C.; AGOSTINI, M. A. V.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. Comportamento da cebolinha cultivada sob diferentes níveis de cloreto de potássio em solução nutritiva. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 729-738, 2005.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 718-729, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000400011>
- SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. E.; N. KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems *Agricultural Water Management*, v. 91, n. 1-3, p. 102-111, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.001>
- SCHMITT, O. J.; ANDRIOLO, J. L.; LERNER, M. A.; SOUZA, J. M.; PICIO, M. D.; MAMBRI, A. P. Consórcio de salsa e cebolinha para produção de maços comerciais mistos de cheiro-verde. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 34, n. 1, p. 114-120, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000100017>
- SCHRÖDER, F.G.; BERO, H. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system PPH. *Acta Horticulturae*, Leuven v. 548, n. 67, p.551-555, 2001.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.548.67>
- SEBRAE. Cheiro-verde: Saiba como cultivar hortaliças para semear bons negócios. *Série Agricultura Familiar, Coleção Passo a Passo*, 2011. Disponível em: www.sebrae.com.br/setor/horticultura. Acesso em: 18 de dezembro, 2018.
- SHANNON, M. C. Adaptation of plants of salinity. *Advances in Agronomy*, Newark, v. 60, n. 61, p. 75-120, 1997.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60601-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60601-X)
- SILVA JÚNIOR, F. J.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; RIVERA, R. C.; SILVA, G. F.; FERNANDES, C. S. Green onion production under strategies of replacement and frequencies of circulation of brackish nutritive solutions. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 35, n. 3, p. 796-805, 2019.

<http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v35n3a2019-41956>

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018.

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p547-552>

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016.

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

SILVA, A. O. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. *Revista Nativa Pesquisas Agrárias e Ambientais*, Snop, v. 2, n. 3, p. 180-186, 2014.

<http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n03a10>

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. D. S.; DIAS, N. D. S.; SANTOS, R. S. D. S.; MEDEIROS, P. R. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 8, n. 3, 2013.

<https://doi.org/10.5039/agraria.v8i3a1689>

SILVA, A. O.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; A. N.; EVALDO, A. K. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. *Irriga*, Botucatum v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.

<https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n1p114>

SOARES, H. R. E.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M. D.; Bezerra, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic sistem with brackish water. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 29, n 3, p. 656-664, 2016.

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

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

<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010001100003>

- SWANN, P. F. The toxicology of nitrate, nitrite and N nitrous compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture, Barking*, v. 26, n. 11, p. 1761-1770, 1975.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740261119>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.; *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. 888p.
- TUTEJA, N.; SINGH, L. P.; GILL, S. S.; GILL, R.; TUTEJA, R. Salinity stress: a Major constraint in crop production. In: TUTEJA, N., GILL, S.S., TIBURCIO, A.F., TUTEJA, R. (Eds.), *Improving Crop Resistance to Abiotic Stress*: Wiley-Blackwell, USA, Boschstr, Cap. 3, 2012, pp. 71-96.
<https://doi.org/10.1002/9783527632930.ch4>
- WOLFF, I. A.; WASSERMAN, A. E. Nitrates, nitrites, and nitrosamines. *Science*, Washington, v. 177, n. 4043, p. 15-19, 1972.
<https://doi.org/10.1126/science.177.4043.15>
- ZAGO, V. C. P.; EVANGELISTA, M. R.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; PRATA, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Aplicação de esterco bovino e ureia na couve e seus reflexos nos teores de nitrato e na qualidade. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 17, n. 3, p. 207-210, 1999.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05361999000300006>
- ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.
<https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200003>
- ZARATE, N. A. H.; MATTE, L. C.; VIEIRA, M. C.; GRACIANO, J. D.; HEID, D. M.; HELMICH, M. Amontoas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de cebolinha, com duas colheitas. *Acta Scientiarum Agronomy, Maringá*, v. 32, n. 3, p. 449-454, 2010.
<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i3.4379>
- ZARATE, N. A. H.; VIEIRA, M. C.; SIMÕES, J. F.; SILVA, C. G. Formas de adição ao solo de cama-de-frango de corte na produção de cinco clones de inhame. *Acta Scientiarum: Agronomy, Maringá*, v. 25, n. 2, p. 345-349, 2003.
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v25i2.1920>

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da salinidade da solução nutritiva afetou o acúmulo dos nutrientes, inclusive de íons como sódio e cloreto.

A utilização de água de abastecimento provocou menores reduções no acúmulo de nutrientes.

O acúmulo de nutrientes, quando as plantas foram submetidas à três circulações diárias, foi melhor tanto com água salobra e de abastecimento.

Os resultados apresentados nesta Dissertação sobre cultivo hidropônico da cebolinha utilizando águas salobras e água de abastecimento fornecerão informações importantes a serem consideradas em outras pesquisas, mostrando outra alternativa de cultivo em duas situações distintas de aplicação (2 e 3 circulações diárias).

As informações sobre a nutrição mineral da cebolinha são de extrema importância, visto que valores de acúmulo nutricional, para esta cultura, são escassos na literatura. Assim com esses resultados é possível ter parâmetros de comparação para estudos posteriores.

É importante salientar que ainda existe a necessidade de aprofundar as pesquisas com utilização de água salobra de origens distintas, devido a diversidade de cátions e ânions existentes na Região semiárida do Nordeste Brasileiro.

ANEXOS



Figura 9. Plantas de cebolinha (cv. Todo ano Nebuka) sob o efeito da circulação nutritiva com reposição de água salobra. Da esquerda para a direita encontram-se as plantas que representam os níveis de salinidade em ordem crescente 1,5; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0 dS m^{-1} com a utilização de duas frequências de circulação da solução nutritiva (A) e com três frequências circulação (B) ao dia. Fonte: Silva Júnior (2017).