

SIRLEIDE MARIA DE MENEZES

**ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO
FERTIRRIGADO POR GOTEJAMENTO CONTÍNUO E PULSADO**

RECIFE
JULHO DE 2018

SIRLEIDE MARIA DE MENEZES

**ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO
FERTIRRIGADO POR GOTEJAMENTO CONTÍNUO E PULSADO**

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
JULHO DE 2018

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

M543e Menezes, Sirleide Maria de
Estado nutricional e acúmulo de nutrientes em coentro
fertirrigado por gotejamento contínuo e pulsado / Sirleide Maria de
Menezes. – 2018.
82 f. : il.

Orientador: Gerônimo Ferreira da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências.

1. Fertirrigação 2. *Coriandrum sativum* L. 3. Nutrição
mineral 3. Irrigação pulsada 4. Manejo de irrigação I. Silva,
Gerônimo Ferreira da, orientador II. Título

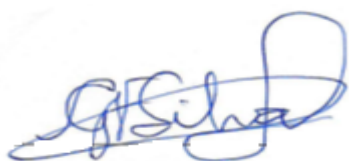
CDD 631

**ESTADO NUTRICIONAL E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO
FERTIRRIGADO POR GOTEJAMENTO CONTÍNUO E PULSADO**

SIRLEIDE MARIA DE MENEZES

Dissertação defendida e aprovada em 24 de julho pela Banca Examinadora:

Orientador:

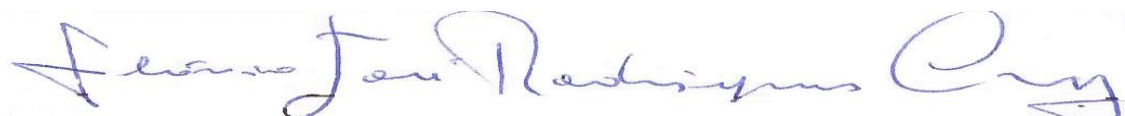


Prof. Dr. Gerônimo Ferreira da Silva
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:



Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
UFAL - Arapiraca



Dr. Flávio José Rodrigues Cruz
DA - UFRPE



Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva
DEAGRI - UFRPE

Aos meus pais Aurélio e Jacira

Por serem meu porto seguro,

E me proporcionarem todo amor do mundo;

Aos meus irmãos

Que não medem esforços para ajudar em tudo que preciso,

Pelo amor, carinho e compreensão que recebo de cada um deles;

Ao meu namorado Gerbson Pinheiro

Por ser minha melhor companhia

Pelo incentivo e dedicação em me ver feliz;

Aos amigos

Que reconheci durante essa etapa da minha vida

Por toda a ajuda e apoio recebido,

Pelos momentos compartilhados e todo o aprendizado que adquiri com eles.

Dedico

Nenhum rei se salva pelo tamanho do seu exército;
Nenhum guerreiro escapa por sua grande força.
O cavalo é vã esperança de vitória;
Apesar da sua grande força, é incapaz de salvar.
Mas o Senhor protege aqueles que o temem,
Aqueles que firmam a esperança no seu amor,
Para livrá-los da morte e garantir-lhes vida
(Salmo 33)

“O homem come planta, ou planta transformada, e
somente alimentando a planta, será possível alimentar
o homem.”

(Eurípedes Malavolta)

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos
Não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor
Se lhe faltasse uma gota”
(Madre Teresa de Calcutá)

AGRADECIMENTOS

Ao **Deus** pai e criador, pelo dom da vida, por ter me permitido chegar até aqui, pela força, perseverança e fé concedida e por se fazer verdadeiramente presente em todos os momentos;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - 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 Gerônimo Ferreira da Silva pela orientação, aprendizado, ajuda e conhecimentos repassados;

Ao Professor Manassés Mesquita pelos ensinamentos e participação no projeto;

Em especial a equipe de trabalho, pela amizade, esforço, dedicação, compreensão, parceria e amizade que levarei sempre comigo: Valentin Orcon, Anna Cecília, Henrique Honorato;

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

De modo especial, ao amigo José Edson Florentino, por ter se tornado um irmão que a UFRPE me deu, serei eternamente grata por toda ajuda, paciência, força, incentivo e colaboração não só no desenvolvimento da pesquisa, mas durante todo o tempo que dividimos essa rotina de RURAL;

Aos colegas do curso por quem tenho apreço inestimável, e com quem guardo as melhores lembranças, que fizeram dos dias difíceis os mais engraçados e memoráveis possível.

E aos amigos que Recife me presenteou, aqueles que levarei com carinho no lado esquerdo do peito.

Sou imensamente grata!

SUMÁRIO

RESUMO	IX
ABSTRACT	X
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	2
REVISÃO DE LITERATURA	4
Irrigação localizada	4
Gotejamento por pulsos ou intermitente.....	5
Estresse hídrico.....	6
Fertirrigação	7
A cultura do coentro	9
Nutrição mineral do coentro.....	11
Teor nutricional e acúmulo de nutrientes	12
REFERÊNCIAS	13
CAPÍTULO II	21
ESTADO NUTRICIONAL DO COENTRO SOB LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PULSADO E CONTÍNUO.....	22
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	42
CAPÍTULO III.....	46
PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO SOB FERTIRRIGAÇÃO CONTÍNUA E PULSADA.....	46
INTRODUÇÃO.....	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73

RESUMO

A irrigação por pulsos, surge para dar suporte ao manejo de irrigação e promover incrementos na quantidade e qualidade dos produtos. Essa técnica tem apresentado resultados significativos no que diz respeito à economia de água, no entanto, pouco se sabe sobre sua relação com a nutrição mineral das plantas. Sendo o coentro (*Coriandrum sativum* L.) uma hortaliça importante no cenário socioeconômico do país, poucas são as informações acerca da nutrição mineral e sistemas de cultivo. Deste modo, objetivou-se avaliar o efeito de lâminas de fertirrigação por gotejamento pulsado e contínuo sobre o estado nutricional e acúmulo de massa seca e de nutrientes pela cultura do coentro. O experimento foi conduzido no período de agosto a setembro de 2017, em ambiente protegido no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por dois tipos de aplicação de fertirrigação (fertirrigação pulsada e contínua) e cinco lâminas de reposição da fertirrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura-ETc). Para a fertirrigação pulsada foram definidos seis pulsos com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas aplicações. A fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100% proporcionaram maiores teores foliares de P, S, Fe e Mn. A fertirrigação contínua com a lâmina de 100% da ETc induziu deficiência de enxofre na cultura e, combinada com a lâmina de 40% proporcionou o maior teor de Ca. Lâminas de reposição da ETc a partir de 82,7 e de 40%, independentemente do tipo de aplicação, proporcionam teores foliares, respectivamente, de nitrogênio e de magnésio considerados adequados. A fertirrigação contínua reduziu os teores foliares de potássio e, a pulsada os teores de magnésio, mas não a ponto de causar desordem nutricional. As lâminas de reposição da ETc influenciaram positivamente o acúmulo de massa seca e de todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn) estudados. A fertirrigação pulsada promoveu os maiores acúmulos de massa seca, N, P, K, Fe, Mn, Cu e Zn, e reduziu o acúmulo de Ca pela cultura. Os maiores acúmulos de K, Mn, Cu e Zn foram obtidos com a aplicação da fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100%. O acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação decresceu na seguinte ordem: K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu.

Palavras-Chave: Fertirrigação. *Coriandrum sativum* L. Nutrição mineral. Irrigação pulsada. Manejo de irrigação.

ABSTRACT

The pulse irrigation appears to give support for handling and promote increases in the quantity and quality of the products. This technique has presented results significantly with respect to the water economy, however, little is known on its relation to the mineral nutrition of the plants. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) is an important vegetable in the socio-economic scenario of the country, there is little information about mineral nutrition and cropping systems. The objective of this study was to evaluate the effect of pulsed and continuous drip irrigation on nutritional status and accumulation of dry matter and nutrients by coriander. The experiment was conducted from August to September 2017, in a protected environment in the Agronomy Department of the Universidade Federal Rural of Pernambuco - Recife, PE, Brazil. The design was a randomized complete block design in a 2 x 5 factorial schemes with three replications. The treatments were composed of two types of fertigation application (pulsed and continuous fertigation) and five fertigation replacement blades (40, 60, 80, 100 and 120% of the crop evapotranspiration - ETc). For the pulsed fertigation, six pulses with a 60-minute rest interval between two applications were defined. Pulsed fertigation combined with ETc replacement blades lower than 100% provided higher P, S, Fe and Mn leaf contents. Continuous fertigation with the 100% ETc blade induced sulfur deficiency in the crop and, combined with 40% blade provided the highest Ca content. ETc replacement blades from 82.7 and 40%, regardless of the type of application, provide nitrogen and magnesium foliar contents, respectively. Continuous fertigation reduced potassium leaf content and pulsed magnesium contents, but not to the point of causing nutritional disorder. The ETc replacement blades positively influenced the accumulation of dry matter and of all nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu and Zn) studied. Pulsed fertigation promoted the highest accumulations of dry mass, N, P, K, Fe, Mn, Cu and Zn, and reduced the accumulation of Ca by the crop. The highest accumulations of K, Mn, Cu and Zn were obtained with the application of pulsed Fertigation combined with ETc replacement blades lower than 100%. The accumulation of nutrients by the crop in both types of fertigation application decreased in the following order: K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu.

Keywords: Fertigation. *Coriandrum sativum* L. Mineral nutrition. Pulsed irrigation. Irrigation management.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL/ REVISÃO DE LITERATURA

INTRODUÇÃO GERAL

A busca pelo desenvolvimento de uma agricultura intensiva e sustentável está fundamentada em inovações tecnológicas que visem ampliar a produtividade das culturas, reduzir os custos e melhorar a qualidade dos produtos. Nos últimos anos a agricultura irrigada tem evoluído e implementado tecnologias para aprimorar os métodos de distribuir água ao solo e às culturas, favorecendo o incremento de novas áreas irrigadas e o uso racional dos recursos hídricos (BUSATO et al., 2011).

Dentre os sistemas de irrigação, o gotejamento, associado a um manejo correto da irrigação, destaca-se por sua eficiência de aplicação em relação aos demais sistemas, o que possibilita entre outros fatores, o uso eficiente de fertilizantes. De acordo com Marouelli e Silva (2012), a irrigação por gotejamento sem a adoção da prática da fertirrigação resulta em baixa eficiência não se refletindo, de modo geral, em ganhos econômicos compensadores.

Neste sentido, a irrigação por gotejamento associada a fertirrigação quando manejados de maneira adequada, destacam-se como o meio mais eficiente de disponibilizar água e nutrientes para as plantas, uma vez que as aplicações são realizadas em pequenas frações com altas frequências diretamente na rizosfera, mantendo o solo dessa região próximo a capacidade de campo com água disponível para atender as necessidades hídricas das culturas. Para Costa et al. (2015), a fertirrigação possibilita realizar ajustes nas doses de nutrientes nos diferentes estádios fenológicos das culturas o que contribui para o aumento da eficiência de uso e economia de fertilizantes.

Entre as novas técnicas desenvolvidas para dar suporte ao manejo de irrigação tem-se a irrigação por pulsos, um conceito com poucos estudos que pode ser aplicado em qualquer método de irrigação, no entanto, sua utilização é difundida no gotejamento o qual oferece maior uniformidade de distribuição quando bem manejado.

A irrigação por pulsos consiste na aplicação de toda a lâmina de irrigação diária de forma fracionada em uma série de ciclos de irrigação on-off (PRATS e PICÓ, 2016). Almeida et al., (2015) observaram que a irrigação por pulsos possibilitou a redução da lâmina de irrigação sem reduzir a produtividade da cultura. Em outra pesquisa, Abdelraouf et al. (2012) avaliando a eficiência de um sistema de irrigação por gotejamento, observaram que o gotejamento pulsado promoveu um incremento de 5,3% de eficiência do uso da água sobre o gotejamento contínuo.

Mesmo diante de resultados satisfatórios e promissores da irrigação por pulsos, há a necessidade de estudos científicos no que diz respeito às principais hortaliças de importância

socioeconômica do Brasil em relação ao uso desta técnica, uma vez que esse tipo de informação ainda é incipiente ou até mesmo inexistente. Entre as hortaliças que possui destaque no cenário nacional encontrasse o coentro, no entanto, poucas são as informações sobre o manejo e os sistemas de cultivo desta cultura.

O coentro é uma olerícola que tem sua utilização difundida pelo mundo, fato associado aos seus usos múltiplos na culinária, indústrias farmacêuticas, alimentícias e como plantas aromáticas. É muito popular na culinária do Nordeste brasileiro tendo seu cultivo realizado principalmente por pequenos produtores, em hortas domésticas, escolares e comunitárias ou consorciado com outras hortaliças. Em se tratando dos aspectos nutricionais desta hortaliça, envolvendo teores nutricionais de macro e de micronutrientes na folha diagnóstico da cultura, bem como o acúmulo destes nutrientes, os estudos científicos são ainda mais raros, o que inviabiliza a elaboração de um programa de fertirrigação eficiente e adequado.

Conhecer as necessidades nutricionais ao longo de cada estágio fenológico das culturas é de fundamental importância para subsidiar estratégias de manejo da cultura em função de uma nutrição equilibrada e adequada em relação a disponibilidade de água no solo, contribuindo para a máxima expressão do potencial da espécie o que proporciona ganhos em produtividade e redução de custos com insumos e, ainda, o uso racional do solo.

Os nutrientes nas plantas são influenciados pelo manejo hídrico aplicado, onde para a maioria dos nutrientes, os conteúdos são maiores naquelas submetidas ao menor estresse hídrico (LOPES et al., 2007). De acordo com Stagnari et al. (2014), a disponibilidade de água desempenha um papel significativo na mobilização de nutrientes, onde o déficit hídrico pode reduzir de forma significativa a absorção destes pelas plantas.

Assim, a associação do gotejamento por pulsos com a fertirrigação pode proporcionar incrementos na produtividade e qualidade da cultura do coentro isso promove o uso racional de água e fertilizantes resultando em ganhos econômicos satisfatórios devido à nutrição mineral equilibrada das plantas, refletindo em uma maior eficiência de absorção de nutrientes e, conseqüentemente, numa extração e acúmulo mais adequados para o pleno desenvolvimento e produção.

Informações sobre o cultivo de coentro fertirrigado por gotejamento pulsado ainda são incipientes ou inexistentes e a sua relação com os aspectos nutricionais são relevantes para estabelecer estratégias de cultivos adequadas, racionalizando insumos e recursos naturais e, gerando maiores informações aos agricultores. Assim, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o efeito de lâminas de fertirrigação por gotejamento pulsado e contínuo no estado nutricional e acúmulo de massa seca e nutrientes na cultura do coentro.

REVISÃO DE LITERATURA

Irrigação localizada

A agricultura irrigada tem sido uma importante estratégia para otimização da produção de alimentos, promovendo desenvolvimento sustentável no campo, com geração de emprego e renda (LUNA et al., 2013). O crescimento populacional no mundo demanda cada vez mais alimentos para atender ao consumo humano, no entanto, a disponibilidade de água é cada vez mais limitada para a agricultura diante dos embates ecológicos e ambientais. Considera-se que o manejo eficaz deste recurso é importante e o uso eficiente da água de irrigação é a chave para a sustentabilidade e rentabilidade das culturas (PADRÓN et al., 2015).

A irrigação pode ser definida como um conjunto de operações que visam satisfazer a necessidade hídrica das culturas (SOUZA e ANDRADE, 2010). Isto quer dizer que a irrigação viabiliza o cultivo de espécies vegetais em locais onde, sem sua aplicação, seria impossível o suprimento hídrico dessas espécies. Por meio do desenvolvimento tecnológico e da criação de diferentes métodos de irrigação e metodologias de manejo, a irrigação tornou-se sinônimo de eficiência de produção e de garantia de qualidade aos produtos oriundos da utilização desta técnica (VANZELA, 2008).

O manejo da irrigação consiste em manter a disponibilidade adequada de água no solo para o pleno desenvolvimento das culturas. O correto manejo propicia a maximização da produtividade, incremento da qualidade do produto, minimização do custo da água e da energia, aumento da eficiência de fertilizantes, diminuição da incidência de pragas e doenças, e manutenção ou melhoria das condições químicas e físicas do solo (ALBUQUERQUE e DURÃES, 2008).

A irrigação localizada permite um melhor aproveitamento de água, evitando desperdícios, e concomitantemente, aumentando a produtividade das culturas. Esses sistemas baseiam-se principalmente, no princípio da distribuição “localizada” da água, ou seja, a água é aplicada somente próxima à região radicular das plantas, permitindo um melhor aproveitamento da mesma. Esse método permite, ainda, a aplicação de um pequeno volume de água com alta frequência de aplicação. Desta forma, somente uma fração da superfície do solo é molhada (MANTOVANI; BERNARDO e PALARETTI, 2007). Para Almeida (2012), o sistema de

irrigação por gotejamento quando bem manejado é responsável por uma maior eficiência do uso de água e dos fertilizantes.

Gotejamento por pulsos ou intermitente

As técnicas agrícolas que aumentam o rendimento e a qualidade dos produtos com o uso racional dos recursos naturais tornaram-se mais frequentes. Este é o principal objetivo da agricultura moderna, que visa investimentos em novas tecnologias para aumentar o rendimento, reduzir custos e melhorar de forma sustentável a qualidade dos produtos. Entre os métodos de irrigação existentes, o método de irrigação localizada é o que vem experimentando o maior número de inovações em todo mundo. Suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água o torna extremamente atraente, principalmente nos dias atuais, onde há uma grande discussão sobre o melhor aproveitamento de água (ALMEIDA, 2012).

A técnica de irrigação por pulsos ou irrigação intermitente foi estudada recentemente e consiste na prática de um curto período de irrigação, seguido por uma fase de repouso e outro período de irrigação curto, e esse ciclo se repete até que toda lâmina diária necessária seja aplicada em vários ciclos de liga/desliga (ALMEIDA et al., 2015).

Em tese, com a técnica de irrigação por pulsos há uma melhoria na eficiência e uniformidade de distribuição de água, que ocorre por meio da diminuição da taxa de infiltração, pela modificação das condições físicas e hidrodinâmicas da camada superficial do solo o que provoca uma desagregação de pequenas partículas do solo, que obstrui parte dos macroporos, podendo alcançar regimes de umidade semelhantes aos que resultam de baixas taxas de aplicação contínuas (AL-NAEEM, 2008; PHOGAT; SKEWES e COX, 2013).

Segundo Zin El-Abedin (2006), a aplicação por pulsos da água possibilita a redução da taxa média de irrigação para um nível que coincide com condutividade hidráulica do solo e minimiza a percolação abaixo da zona radicular efetiva. Os pulsos podem ser aplicados em qualquer método de irrigação, embora seja aplicado principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento.

Phogat; Skewes e Cox (2013), concluíram em seus estudos que sob condições de déficit hídrico constante, a técnica de irrigação por pulsos é uma opção promissora para melhorar a eficiência de irrigação, onde as culturas hortícolas fornecem uma resposta benéfica, afim de manter a produtividade e a lucratividade. Para Seron et al. (2015), tal técnica permite minimizar

os efeitos nocivos do déficit hídrico, e ainda incrementa a produtividade mantendo-se a irrigação real necessária e constituindo-se em uma estratégia de irrigação promissora na economia de água.

Em seu estudo Abdelraouf et al. (2012) observaram que ao repor 100% da evapotranspiração da cultura por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, a irrigação pulsada (4 pulsos) promoveu uma eficiência de aplicação de água de 94% enquanto para irrigação contínua a eficiência do sistema foi de 89%. Assouline et al. (2006), estudaram os efeitos da irrigação por pulsos (10 pulsos por dia com intervalos de uma hora) na cultura do pimentão em ambiente protegido e, observaram que absorção de fósforo foi favorecida pela alta frequência de irrigação.

Apesar dos resultados promissores sobre as vantagens da aplicação dos pulsos na irrigação, é preciso mencionar algumas observações feitas por pesquisadores tal como Al-Naeem (2008), que relata que a aplicação desta técnica está ligada a um incremento sobre os custos de implantação do sistema de irrigação, devido à utilização de válvulas automáticas e controladores de irrigação, sem gerar nenhum incremento sobre os custos de bombeamento.

Da mesma forma, Almeida et al. (2015), mencionam que a adoção da irrigação por pulsos pode levar a tempos reduzidos de irrigação que podem comprometer o equilíbrio total das pressões na rede hidráulica, podendo ter redução de pressão em setores muito extensos, principalmente em suas extremidades se os tempos de irrigação forem menores que os tempos de avanço da água na rede hidráulica, sugerindo como solução o emprego de pequenos setores.

Estresse hídrico

O estresse hídrico é caracterizado tanto pela ocorrência do déficit hídrico, quanto pelo excesso de água disponível para as plantas, proveniente de drenagem deficiente ou aplicação excessiva de água de irrigação. Nas plantas a água é o recurso essencial mais restritivo para a produtividade agrícola, devido sua importância a distintos processos metabólicos, sobretudo no período inicial de desenvolvimento das culturas (FERNANDES; CAIRO e NOVAIS, 2015).

A planta pode sofrer danos por excesso ou por falta de água, contudo, na natureza, o estresse por insuficiência de água é mais comum, ocasionando alterações nos mecanismos fisiológicos das plantas (ANGELOCCI, 2002). Em plantas sob déficit hídrico pode-se observar efeitos como: redução da expansão celular e/ou foliar, redução das atividades celulares e

metabólicas, fechamento estomático, inibição da atividade fotossintética, queda foliar, alteração na partição do carbono, desestabilização de membranas e de proteínas e, por fim a morte celular (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O déficit hídrico compromete a mobilização dos nutrientes da solução do solo para a rizosfera onde ocorre a absorção de água e nutrientes pelas plantas, desse modo, a quantidade de água disponível no solo tem relação direta com a absorção desses minerais pelas raízes das plantas (STAGNARI et al., 2014). Segundo os autores, em algumas circunstâncias, a concentração de nutrientes pode aumentar devido aos efeitos de diluição que acontece quando há redução no acúmulo de matéria seca em relação ao acúmulo de minerais. Silva et al. (2011), relatam que o transporte de nutrientes das raízes para a parte aérea é limitado pois ocorre um desbalanceamento na atividade e permeabilidade da membrana plasmática devido à queda da taxa de transpiração, o que reduz o poder de absorção das raízes.

Quando o estresse hídrico é causado pelo excesso de água, as plantas exibem efeitos como: redução da respiração, metabolismo fermentativo, produção inadequada de ATP, produção de ERO (espécies reativas de oxigênio), fechamento estomático e, também, ocorrência de produção de toxinas por microrganismos anaeróbicos (TAIZ e ZEIGER, 2013). Scalon et al. (2011) afirmam que, a saturação hídrica do solo pode afetar o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas, tanto pela inibição do alongamento dos entrenós, quanto pela inibição da expansão das folhas, podendo também acelerar a senescência e abscisão destas.

Fertirrigação

Com o aumento da população mundial e a perspectiva de escassez dos recursos naturais, é necessário o desenvolvimento de uma agricultura intensiva e sustentável em seus diferentes aspectos, na qual os produtos químicos e fertilizantes minerais sejam usados com o objetivo de aumentar a produção de alimentos com o mínimo de impactos no ambiente (SILVA; SILVA e KLAR, 2015). Dentre os meios para o uso de fertilizantes, está a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes solúveis por meio do sistema de irrigação, tornando-se uma prática comum na agricultura irrigada atual (HASSANLI; AHMADIRAD e BEECHAM, 2010; MEDEIROS et al., 2012).

Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o mesmo já se encontra solubilizado na

água e infiltra no solo em solução de forma uniforme, garantindo máximo alcance pelo sistema radicular. Com isso, maior número de raízes passa a absorver nutrientes, fazendo com que a planta exerça o seu potencial de absorção. Além disso, a aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação, se aliada à alta uniformidade de distribuição do sistema, reduz a lixiviação, resultando em maior eficiência do que a obtida na adubação convencional (BORGES e COELHO, 2009).

A fertirrigação se adequa bem ao sistema de irrigação por gotejamento pelo fato de que, o sistema radicular da planta coincide com as regiões de maiores valores de umidade do volume molhado gerado por um ou mais gotejadores, otimizando, com isso o aproveitamento dos fertilizantes. Irrigar por gotejamento sem a adoção da prática de fertirrigação é pouco eficiente e, em regra, não traz ganhos econômicos compensadores (BORGES e COELHO, 2009; MAROUELLI e SILVA, 2012).

Tradicionalmente, o manejo da fertirrigação é realizado fornecendo-se quantidades pré-estabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura, não existindo normalmente um estudo sobre o estado nutricional da planta para realização do manejo com base neste (VILLAS BÔAS; ZANINI e FEITOSA FILHO, 2002).

A prática correta da fertirrigação deve ter embasamento técnico e científico levando em consideração todos os fatores principais que influenciam na fertilidade do solo e na nutrição da cultura. O planejamento e o manejo correto da fertirrigação deve iniciar com o conhecimento das condições químicas do solo, que permite a determinação da dose apropriada de nutrientes, frequência de aplicação, concentração da solução a ser injetada, tempo de aplicação e o acompanhamento do estado nutricional da planta (SOUZA et al., 2011).

Conceição (2008), enfatiza que a época e a frequência de aplicação dos fertilizantes serão dependentes da curva de absorção de nutrientes da cultura, do manejo da irrigação e do sistema de irrigação empregado. A irrigação por gotejamento pulsado além de promover incremento na eficiência do uso da água ainda pode utilizar taxas de fertilizantes mais baixas (ABDELRAOUF et al., 2012).

A cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma cultura que pertence à família Apiaceae, é originária do norte da África, da Europa e de outros países da região mediterrânea (CERQUEIRA et al., 2016). A Índia é o maior produtor, consumidor e exportador de coentro no mundo com uma produção anual de cerca de três toneladas. A cultura também é extensivamente cultivada na Rússia, Europa Central, Ásia e Marrocos (FARAHANI et al., 2008).

A planta do coentro é uma dicotiledônea, herbácea anual, cuja altura varia de 25 a 60 cm, as folhas são do tipo pinatífidas, compostas e de filotaxia alterna, acarretando numa drástica redução da área foliar, e suas flores são hermafroditas, protrândricas, agrupadas em inflorescências do tipo umbela composta com flores brancas ligeiramente purpúreas, apresenta raiz pivotante do tipo fusiforme, pouco profunda, exploram apenas os 15 a 20 cm superficiais de solo (LEDO e SOUSA, 1997).

Os frutos dessa planta apresentam formato esférico, ligeiramente rugoso e de coloração amarelo-escuro. O fruto contém duas sementes de formato semiesférico. A germinação ocorre entre cinco e sete dias, passados mais 40 dias a maioria das cultivares atingem o máximo do seu desenvolvimento vegetativo. Após essa fase as plantas iniciam o período reprodutivo, quando as folhas tornam-se mais finas, as plantas mais fibrosas, dando início à floração, o ciclo fenológico termina entre 16 a 18 semanas (GUSMÃO e GUSMÃO, 2007; LOPES et al., 2014).

É uma olerícola consumida em quase todo mundo, em face de suas excelentes características nutritivas na culinária, é fonte de Ca (188 mg/100g), Fe (3 mg/100g), Vitamina C (75 mg/100g) e Provitamina A, ainda possui propriedades medicinais, e considerável valor e importância socioeconômica mundial (WANDERLEY JUNIOR e NASCIMENTO, 2010; SILVA et al., 2013b; BHAT et al., 2014). Verma et al. (2015), ressaltam a importância econômica do coentro a nível mundial baseado nos seus principais indicadores econômicos: valor e volume das importações, exportações e preço médio do produto.

A sua diversidade de uso propicia a essa olerícola grande valor e importância na culinária, como fonte natural na produção do óleo volátil, que tem vários usos em indústrias farmacêuticas e alimentícias e, ainda, utilizações como plantas aromáticas (MICHALCZYK et al., 2012; RAMADAN e WAHDAN, 2012; BHAT et al., 2014; HASSAN e ALI, 2014).

O coentro é uma cultura típica de clima quente e intolerante a temperaturas inferiores a 15 °C. Pode crescer em qualquer tipo de solo, como solos leves de textura argilosa bem

drenados ou úmidos, solo franco de textura siltosa ou solos pesados de textura arenosa (VERMA et al., 2015; SALES et al., 2015). Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil são encontradas condições favoráveis no que se diz respeito ao clima, possibilitando o seu cultivo durante o ano todo (SILVA; COELHO JÚNIOR e SANTOS, 2012).

Segundo Pereira (2012) é uma hortaliça de grande rotatividade comercial, pois apresenta em nossas condições climáticas um ciclo curto (em média 25 dias), e boa emergência, traz rápido retorno econômico para os produtores, sendo a razão de sua presença constante nos campos de hortaliças. É muito popular na culinária nordestina, cujas folhas são utilizadas na composição e decoração de diversos pratos regionais.

É cultivada tradicionalmente por pequenos produtores em hortas domésticas, escolares e comunitárias, em monocultura ou consorciada com outras hortaliças, principalmente cebolinha (*Allium fistulosum* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.). No entanto, um grande número de produtores estão envolvidos com a sua exploração durante todo o ano, tornando-a uma cultura de grande importância social e econômica (GRANGEIRO et al., 2011).

As folhas de coentro, cheiro-verde, coriandrum, erva-percevejo, entre outros, como vulgarmente é conhecido nas várias regiões do Brasil, são muito consumidas *in natura* comercializada em feiras livres e supermercados, os frutos secos são, geralmente, utilizados nas indústrias de condimentos para fabricação de pães, doces e licores finos e ainda na produção cosméticas (OLIVEIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2012; LINHARES et al., 2015).

O cultivo do coentro é realizado preferencialmente por semeadura direta, utilizando grandes quantidades de sementes. Em algumas regiões, os produtores dividem os frutos, obtendo sementes partidas, para maior rendimento de semeadura e, em determinados casos, para obter melhoria na germinação (NASCIMENTO et al., 2006; MACIEL; COSTA e SALA, 2012). A produção de mudas, apesar de ser uma alternativa para minimizar possíveis problemas com baixa germinação, emergência irregular e "stand" desuniforme não tem sido amplamente utilizada em cultivo no campo, tendo alguns autores mencionado que a cultura não se adapta bem ao transplante com raiz desnuda (PAYÁN et al., 2011).

As cultivares que se destacam para as condições edafoclimáticas da região Nordeste brasileira são: Verdão, Palmeirão, Taboca e Americano Gigante, que respondem por mais de 80% da área cultivada. Estas variedades apresentam uma fase vegetativa mais precoce, em geral de 30 a 45 dias (FILGUEIRA, 2003; LIMA et al., 2007). A cultivar Verdão possui grande importância econômica em Pernambuco e é uma das cultivares mais plantadas no Estado por ter ciclo curto e apresentar resistência a doenças de folhagens como a queima das folhas

(*Alternaria dauci*) e a cercosporiose (*Cercospora* ssp) (OLIVEIRA et al., 2015). Foi lançada no ano de 1988 pela empresa Hortivale. É rústica, bastante vigorosa, possui folhas com coloração verde escura e é colhida com 30 a 40 dias após o plantio (HORTIVALE, 2011).

Nutrição mineral do coentro

O aspecto nutricional é outro fato, cujo manejo deve ser ajustado à real necessidade de cada cultura considerando-se o sistema de cultivo empregado. Porém devido à escassez de pesquisas direcionadas a fertirrigação de hortaliças, as práticas de cultivo utilizadas são, em geral, as mesmas recomendadas para o plantio convencional, sobretudo em relação à nutrição mineral (BUSATO et al., 2011).

Conhecer a exigência nutricional da cultura durante o seu desenvolvimento e ao final do ciclo é de suma importância para que se possa disponibilizar os nutrientes de forma prontamente assimilável a fim de atingir sua máxima capacidade produtiva (GRANGEIRO et al., 2011). O coentro é uma cultura de ciclo curto, e qualquer desordem nutricional pode desencadear desequilíbrio nutricional com consequente redução de produção da cultura.

A escassez de informações quanto às exigências nutricionais da cultura do coentro justifica a realização de estudos que contemplem informações acerca dessas exigências (quanto e quando aplicar de determinado nutriente). Isso pode contribuir para aumentar a eficiência no manejo de adubação e possibilitar aumento na produção e redução de custos na lavoura, pela utilização mais racional dos fertilizantes e do solo (BORGES, 2006).

É importante ressaltar que, nos últimos anos, a agricultura brasileira, de um modo geral, vem passando por importantes mudanças tecnológicas resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Dentre essas tecnologias destaca-se a conscientização dos agricultores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando a uma produção sustentada (BORGES, 2006).

Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao manejo adequado, os quais incluem entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade por meio da calagem, gessagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (estercos, compostos, adubação verde, entre outros) (MALAVOLTA e DANTAS, 1987). Nesse sentido, Furlani e

Purquerio (2010), afirmam que são necessários mais estudos nutricionais acerca dos cultivos de hortaliças envolvendo a absorção de nutrientes pelas culturas durante seu ciclo produtivo.

Teor nutricional e acúmulo de nutrientes

Para a produção de todas as diferentes espécies de hortaliças, que normalmente são feitas sob condições de cultivo intensivo, existe a necessidade de adequado suprimento de nutrientes desde o estágio de plântula até a colheita, haja vista que o desequilíbrio nutricional, seja por carência ou excesso de nutrientes, é um fator estressante para a planta. A composição química, bem como o acúmulo de nutrientes nas folhas e nos frutos são informações essenciais para determinar os requisitos nutricionais de uma planta. Posteriormente, esta informação pode auxiliar na quantificação dos nutrientes necessários para suprir as plantas por meio da fertilização (SILVA et al., 2017).

De acordo com Rozane et al. (2013), a determinação de índices nutricionais associado ao acúmulo de nutrientes tem auxiliado no melhor entendimento da dinâmica de absorção de nutrientes pelas plantas. O conhecimento da exigência nutricional e da concentração dos nutrientes por meio de órgãos representativos nas plantas é importante para estabelecer as quantidades e o momento certo dos nutrientes serem aplicados de acordo com a fase de desenvolvimento, obtendo-se, assim, melhores rendimentos (RAIJ, 1991).

A diagnose foliar é um método de avaliação do estado nutricional das culturas, em que se analisam determinadas folhas em períodos definidos do ciclo da planta. As folhas são os órgãos que melhor refletem o estado nutricional das plantas, isto é, respondem mais às variações no suprimento dos elementos, seja pelos já existentes no solo ou pela adição de adubo (MALAVOLTA, 2006). Para a nutrição adequada das plantas, além da quantidade e da relação entre nutrientes, é preciso conhecer a dinâmica de acúmulo desses nutrientes na matéria seca ao longo do ciclo de cultivo, pois o desbalanceamento nutricional acarreta prejuízos às mudas, alterando seu crescimento e seu estado reprodutivo (ROZANE et al., 2011).

O conhecimento sobre o acúmulo de nutrientes em cada estágio de desenvolvimento fornece informações importantes ao programa de adubação da cultura, seja pela informação da quantidade total acumulada pela planta, seja pela identificação de período(s) de maior demanda nutricional (GALATI, 2010). Dessa forma a determinação da marcha de absorção de nutrientes na planta é importante, pois permite identificar os momentos em que os nutrientes são exigidos

em maiores quantidades pela cultura e a distribuição desses nutrientes nas diferentes estruturas da planta, proporcionando o manejo adequado da fertilização (SILVA et al., 2017).

REFERÊNCIAS

ABDELRAOUF, R. E.; ABOU-HUSSEIN, S. D.; REFAIE K. M.; EL-METWALLY, I. M. Effect of pulse irrigation on clogging emitters, application efficiency and water productivity of potato crop under organic agriculture conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Amman, v. 6, n. 3, p. 807-816, 2012.

Al-NAEEM, M. A. Use of pulse trickles to reduce clogging problems in trickle irrigation system in Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, Islamabad, v. 1, n. 1, p. 68-73, 2008.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. *Uso e manejo da irrigação*. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2008. 528 p.

ALMEIDA, W. F.; LIMA, L. A.; PEREIRA, G. M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 1009-1018, 2015.

ALMEIDA, W. F. Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana. 2012. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia de água e Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ANGELOCCI, L. R. *Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico*. Edição do autor. Piracicaba: Departamento de Ciências Exatas ESALQ/USP, 2002. 101 p.

ASSOULINE, S.; MOLLER, M.; COHEN, S.; BEN-HUR, M.; GRAVA, A.; NARKIS, K.; SILBER, A. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: Bell pepper – Case study. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 70, n 5, p. 1556–1568, 2006.

BHAT, S.; KAUSHAL, P.; KAUR, M.; SHARMA, H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. *African Journal of Plant Science*, Nairóbi, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2014.

- BORGES, A. L.; COELHO, E. F. Fertirrigação em fruteiras tropicais. 2 ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 180 p.
- BORGES, I. D. Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. 2006. 168 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; MOTOIKE, S. Y.; REIS, E. F. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1183-1188, 2011.
- CERQUEIRA, F. B.; SANTANA, S. C.; SANTOS, W. F.; FREITAS, G. A.; NUNES, T. V.; SIEBENEICHLER, S. C. Doses de nitrogênio nas respostas morfofisiológicas de coentro (*Coriandrum sativum* L.). *Global Science and Technology*, Rio Verde, v. 9, n. 1, p. 15-21, 2016.
- CONCEIÇÃO M. A. F. A irrigação na produção de uvas para elaboração de vinhos finos. 1 ed. Bento Gonçalves: EMBRAPA-CNPUV, 2008, 20 p. (Circular Técnica, 79).
- COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. *Irriga, Botucatu*, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.
- FARAHANI, A.; LEBASCHI, H.; HUSSEIN, M.; HUSSEIN, S. A.; REZA, V. A.; JAHANFAR, D. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, v. 2, n. 6, p. 125-131, 2008.
- FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 29-34, 2015.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.
- FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: PRADO, R. M.; CECILIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. 1 ed. Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV/Fapesp/CAPES/FundUnesp, 2010, p. 45-62.

- GALATI, V. C. Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro ‘Santa Cruz 47’. 2010. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP. 2010.
- GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n.1, p. 11-16, 2011.
- GUSMÃO, S. A. L.; GUSMÃO, M. T. A. Produção de hortaliças com princípios orgânicos. Belém: UFRA, 2007. 24 p.
- HASSAN, F. A. S.; ALI, E. F. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. plant. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, Singapore, v. 13, n. 2, p. 155-161. 2014.
- HASSANLI, A. M.; AHMADIRAD, S.; BEECHAM, S. Evaluation of the influence methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 97, n. 2, p. 357-362, 2010.
- HORTIVALE. 2011. Coentro Verdão. Disponível em: <<http://www.hortivale.com.br>>. Acesso em: 7 de jul. 2018.
- LEDO, F. J. S.; SOUZA, J. A. Coentro (*Coriandrum sativum* L.). In: CARDOSO, M. O. coord. Hortaliças não-convencionais da Amazônia. 1 ed. Brasília: EMBRAPA, 1997. 127 p.
- LIMA, J. S. S.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; FREITAS, K. K. C.; BARROS JÚNIOR, A. P. Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 407-413, 2007.
- LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; MOREIRA, J. C.; PAIVA, A. C. C.; ASSIS, J. P.; SOUSA, R. P. Rendimento do coentro (*Coriandrum sativum* L.) adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Paulínia, v. 17, n. 3, p. 462-467, 2015.
- LOPES, A.; TEIXEIRA, D.; CALHAU, C.; PESTANA, D.; PADRÃO, P.; GRAÇA, P. Ervas aromáticas - uma estratégia para a redução do sal na alimentação dos portugueses. 1 ed. Direção-Geral da Saúde, Lisboa. 2014. 120 p.

- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 713-722, 2007.
- LUNA, N. R. S.; ANDRADE, E. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MEIRELES, A. C. M.; AQUINO, D. N. Dinâmica do nitrato e cloreto no solo e a qualidade das águas subterrâneas do distrito de irrigação Baixo Acaraú, CE. *Revista Agro@mbiente Online*, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 53-62, 2013.
- MACIEL, G. M.; COSTA, C. P.; SALA, F. C. Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 30, n. 4, p. 607-612. 2012.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. 3 ed. São Paulo: Ceres. 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. Melhoramento e produção do milho. 2 ed. Campinas: Fundação CARGIL, 1987, v. 2. 52 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação - Princípios e Métodos. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007, 358 p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação na cultura do pimentão. EMBRAPA Hortaliça. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2012, 20 p. (Circular Técnica 101).
- MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.
- MICHALCZYK, M.; MACURA, R.; TESARPWOCZ, I.; BANAS, J. Effect of adding essential oils of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) on the shelf life of ground beef. *Meat Science*, Savoy, v. 90, n. 3, p. 842-850, 2012.
- NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, R. A.; BLUMER, L.; MUNIZ, M. F. B. Colheita e armazenamento de sementes de coentro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1793-1801. 2006.

OLIVEIRA, N.S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SILVA, D. O.; PASTORIZA, R. J. G.; MELO, R. A.; SILVA, J. W.; MENEZES, D. Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 319-323. 2015.

OLIVEIRA, E. Q.; BEZERRA NETO, F. B.; NEGREIROS, M. Z.; BARROS JÚNIOR, A. P.; FREITAS, K. K. C.; SILVEIRA, L. M.; LIMA, J. S. S. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 285-289, 2005.

PADRÓN, R. A. R.; RAMÍREZ, L. R.; CERQUERA, R. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; MUJICA, J. L. U. Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 49-55, 2015.

PAYÁN, M. J. P.; BRUNNER, B.; FLORES, L. Y.; MARTÍNEZ, S. Herbs and leaf crops: Cilantro, broadleaf cilantro and vegetable amaranth. *Encyclopedia of Life Support Systems; Soils, Plant Growth and Production*. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). Oxford, United Kingdom. 2011. Disponível em:<<http://www.culturaorganica.com/html/articulo.php?ID=139>>. Acesso em: 8 de jul. 2018.

PEREIRA, M. F. S.; LINHARES, P. C. F.; MARACAJÁ, P. B.; LIMA, G. K. L.; MEDEIROS, G. S. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v. 7, Edição especial, p. 01-05, 2012.

PHOGAT, V.; SKEWES, M. A.; COX, J. W. Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond tree under sustained stress conditions. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 118, n. 1, p. 1-11, 2013.

PRATS, G. A.; PICÓ, G. S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 169, p. 52-60, 2016.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. 1 ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAMADAN, M. F.; WAHDAN, K. M. M. Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 873-879, 2012.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; FRANCO, C. F. Caracterização biométrica e acúmulo de nutrientes em porta-enxertos de caramboleira cultivada em solução nutritiva. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 426-436, 2013.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; SILVA, S. H. M. D. Produção de mudas de caramboleiras B-10 e Golden Star: II - Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1308-1321, 2011.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, Tupã, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2015.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SERON, C. C.; LORENZONI, M. Z.; SOUZA, A. H. C.; MALLER, A.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A. Crescimento da cultura do pepino irrigado por pulsos. In: IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica. UniCesumar, Maringá, n. 9, p. 4-8, 2015.

SILVA, E. B.; FERREIRA, E. A.; PEREIRA, G. A. M.; SILVA, D. V.; OLIVEIRA, A. J. M. Peanut plant nutrient absorption and growth. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 653-661. 2017.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 35 n. 2, p. 230-241, 2015.

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.

- SILVA, M. A. D.; COELHO JÚNIOR, L. F.; SANTOS, A. P. Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Paulínia, v. 14, Edição especial, p. 192-196, 2012.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, M. A.; ALBUQUERQUE, M. B. Drought stress and plant nutrition. Plant stress, v. 5, (Special Issue), p. 32-41, 2011.
- SOUZA, H. A.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional do feijoeiro Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1243–1250, 2011.
- SOUZA, I. H.; ANDRADE, E. M. Manejo da irrigação. In: Semiárido e o manejo dos recursos naturais: uma proposta de uso adequado do capital natural. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010, Cap. 11, 240 p.
- STAGNARI, F; GALIENI, A; SPECA, S; PISANTE, M. Water stress effects on growth, yield and quality traits of red beet. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 165, p. 13-22, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- VANZELA, L. S. Planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis-SP. 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.
- VERMA, I. M.; BHUNIA, S. R.; SHARMA, N. C.; BALAI, K.; SAHU, M. P. Effect of feeding of nitrogen and deficit irrigation on drip irrigated coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Spices and Aromatic Crops, Kozhikode, v. 24, n. 2, p. 98-101. 2015.
- VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 26 p.
- WANDERLEY JUNIOR, L. J. G.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de coentro. 1 ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010, 20 p. (Circular Técnica 35).
- ZIN EL-ABEDIN, T. K. Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. Agricultural Engineering, Pavia, v. 22, n. 14, p. 1032-1050, 2006.

CAPÍTULO II

ESTADO NUTRICIONAL DO COENTRO SOB LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PULSADO E CONTÍNUO

ESTADO NUTRICIONAL DO COENTRO SOB LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PULSADO E CONTÍNUO

RESUMO - O gotejamento pulsado combinado com a fertirrigação pode proporcionar uma nutrição mineral mais equilibrada das plantas do coentro. Objetivou-se avaliar o efeito de lâminas de fertirrigação por gotejamento pulsado e contínuo no estado nutricional do coentro. O experimento foi conduzido em ambiente protegido da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (40, 60, 80, 100 e 120% da ETc) e dois tipos de aplicação da fertirrigação (pulsada e contínua). Na aplicação pulsada foram definidos seis pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas aplicações sucessivas. Aos 27 dias após a semeadura coletou-se a parte aérea de 48 plantas por tratamento que, após secas e moídas foram submetidas a digestão via úmida e, posterior quantificação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre e zinco. A fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100% proporcionaram maiores teores foliares de P, S, Fe e Mn. A fertirrigação contínua com a lâmina de 100% da ETc induziu deficiência de enxofre na cultura e, combinada com a lâmina de 40% proporcionou o maior teor de Ca. Lâminas de reposição da ETc a partir de 82,7 e de 40%, independentemente do tipo de aplicação, proporcionam teores foliares, respectivamente, de nitrogênio e de magnésio considerados adequados. A fertirrigação contínua reduziu os teores foliares de potássio e, a pulsada os teores de magnésio, mas não a ponto de causar desordem nutricional.

Palavras-Chave: *Coriandrum sativum* L. Irrigação por pulsos. Fertilizantes. Teor de nutrientes. Folha diagnóstico.

NUTRITIONAL STATUS OF THE COENTRO UNDER FERTIGATION BLADES FOR PULSED AND CONTINUOUS DRIPPING

ABSTRACT - The pulsed drip combined with Fertigation can provide a more balanced mineral nutrition of coriander plants. The objective of this study was to evaluate the effect of fertigation blades by pulsed and continuous dripping on the nutritional status of coriander. The experiment was conducted in a protected environment of the Federal Rural University of Pernambuco, Recife, Brazil, in a randomized complete block design in a 2 x 5 factorial scheme with three replications. The treatments were constituted by five blades of the crop evapotranspiration (40, 60, 80, 100 and 120% of ETc) and two types of application of pulsed and continuous Fertigation. In the pulsed application, six irrigation pulses were defined with a 60-minute rest interval between two successive applications. After 27 days of sowing, the aerial part of 48 plants was collected by treatment, which after drying and ground were submitted to wet digestion and subsequent quantification of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, iron, manganese, copper and zinc. Pulsed fertigation combined with ETc replacement blades lower than 100% provided higher P, S, Fe and Mn leaf contents. Continuous fertigation with the 100% ETc blades induced sulfur deficiency in the crop and, combined with the 40% blades, provided the highest Ca content. ETc replacement blades from 82.7 and 40%, regardless of the type of application, provide nitrogen and magnesium foliar contents, respectively. Continuous fertigation reduced potassium leaf content and pulsed magnesium contents, but not to the point of causing nutritional disorder.

Key words: *Coriandrum sativum* L. Pulse irrigation. Fertilizers. Nutrient content. Diagnostic sheet

INTRODUÇÃO

O rendimento satisfatório das culturas está associado ao emprego de técnicas e ferramentas que fomentem a redução nos custos e proporcionem melhorias na qualidade dos produtos possibilitando o desenvolvimento de uma agricultura intensiva e sustentável. Os métodos de irrigação foram melhorados ao longo dos anos, havendo implementação de novas tecnologias nas formas de distribuir água ao solo e às plantas de modo a contribuir para a expansão das atividades agrícolas (BUSATO et al., 2011).

O método de irrigação localizada por gotejamento, quando associado a fertirrigação e manejados de maneira adequada, destaca-se como o meio mais eficiente de disponibilizar água e nutrientes para as plantas. Para Costa et al. (2015), o uso da fertirrigação permite realizar ajustes aos diferentes estádios fenológicos das culturas contribuindo para o aumento da eficiência de uso e economia de fertilizantes.

Entre as novas técnicas desenvolvidas para dar suporte ao manejo de irrigação tem-se a irrigação por pulsos, um conceito com estudos recentes que apresenta potencial para maximizar o uso da água e fertilizantes. Essa técnica consiste na aplicação da lâmina de irrigação diária de forma fracionada em uma série de ciclos de irrigação *on-off*, onde cada evento contém uma fase de irrigação e uma de repouso (ALMEIDA et al., 2015; PRATS e PICÓ, 2016). A irrigação por pulsos tem apresentado resultados positivos e promissores como incrementos na produtividade e qualidade dos produtos, economia de água e melhorias na absorção de alguns nutrientes (ASSOULINE et al., 2006; EID; BAKRY e TAHA, 2013; ELNESR et al., 2015).

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma hortaliça folhosa bastante utilizada no mundo, fato associado aos seus usos múltiplos na culinária, indústrias farmacêuticas, alimentícias e como planta aromática (SILVA; TAVARES e SOUSA, 2013; BHAT et al., 2014). É muito popular na culinária do Nordeste brasileiro cujas folhas são utilizadas na composição e decoração de diversos pratos regionais, tendo seu cultivo realizado principalmente por pequenos produtores, em hortas domésticas, escolares e comunitárias ou consorciado com outras hortaliças, no entanto, um grande número de produtores está envolvido com a sua exploração durante todo o ano (GRANGEIRO et al., 2011).

As hortaliças folhosas são consideradas exigentes nutricionalmente, visto que seus ciclos são relativamente curtos e a falta de qualquer elemento essencial à planta afeta seu crescimento, produtividade e qualidade (DAFLON et al., 2014). Assim, a análise foliar torna-se uma importante ferramenta para o bom desenvolvimento de uma recomendação nutricional

adequada, pois, por meio dela, pode-se saber se determinado nutriente está sendo absorvido na quantidade necessária ou se está havendo deficiência ou toxicidade dele em situações não diagnosticadas visualmente (MALAVOLTA; VITTI e OLIVEIRA, 1997).

O sucesso na produção de hortaliças está em função de informações sobre os sistemas de produção, do manejo e, principalmente, da nutrição mineral dessas plantas. No entanto, estas informações são escassas em virtude da numerosa variedade de espécies, material genético e sistemas de produção existentes (FURLANI et al., 1999). Informações sobre o cultivo de coentro fertirrigado por gotejamento pulsado ainda são incipientes ou inexistentes e a sua relação com os aspectos nutricionais são relevantes para estabelecer estratégias de cultivos adequadas, racionalizando insumos e recursos hídricos, com geração de maiores informações aos agricultores.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de lâminas de fertirrigação por gotejamento pulsado e contínuo no estado nutricional do coentro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 23 de agosto a 26 de setembro de 2017, em ambiente protegido no Departamento de Agronomia – DEPA da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Campus Dois Irmãos, em Recife, PE. As coordenadas geográficas são: 08° 01' 6,50" S; 34° 56' 46" O e altitude de 6,5 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo, As' quente e úmido, com chuvas de março a agosto (ALVARES et al., 2014; INMET, 2018).

As parcelas experimentais foram instaladas em casa de vegetação do tipo duas águas apresentando 27 m de comprimento, 6 m de largura, 4 m de pé direito e 5,5 m na parte central e mais alta da casa de vegetação, com fachadas envolvidas por tela de nylon na cor preta com 50% de sombreamento e rodapé de 0,20 m de altura composto por blocos de concreto armado. A cobertura consiste em um filme de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz (Figura 1).



Figura 1. Casa de vegetação onde o experimento foi realizado, Recife, 2018.

Diariamente foram monitorados dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação com auxílio de um sensor de temperatura e umidade relativa do ar, modelo DHT11, instalado no centro da casa de vegetação e a aproximadamente 2,0 m de altura em relação a superfície do solo, controlado por um microcontrolador Arduino.

Os registros de temperaturas coletadas durante o experimento indicaram que no interior da casa de vegetação as temperaturas máxima (Temp. Máx.) e mínima (Temp. Mín.) registradas foram de 34,35 e 25,66, respectivamente (Figura 2A). Em relação a umidade relativa do ar, foram registrados valores médios de 92,22 e 55,90%, respectivamente para a umidade máxima (UR Máx.) e mínima (UR Mín.) durante todo o ciclo (Figura 2B).

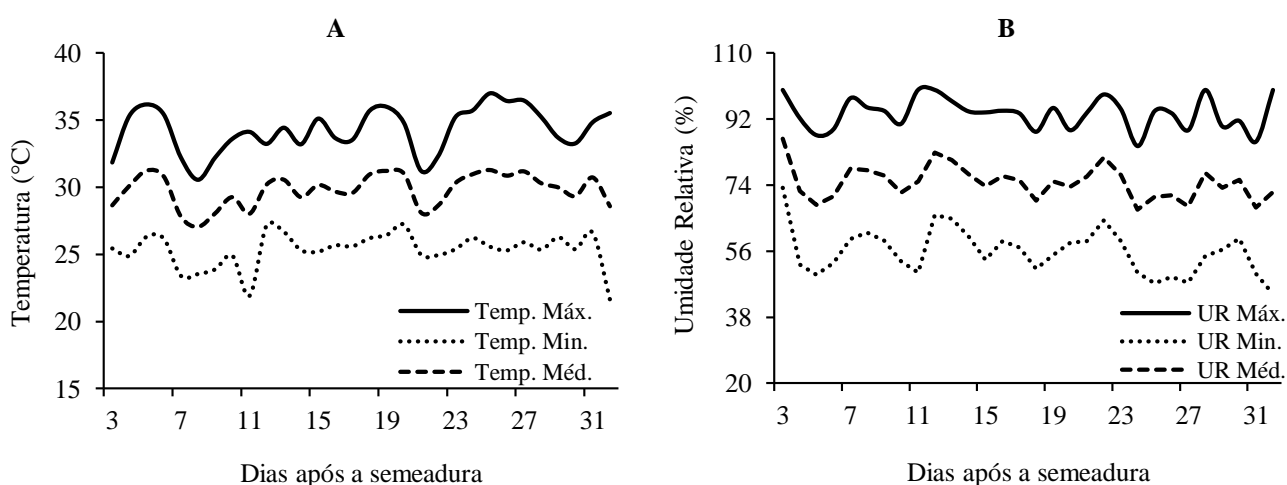


Figura 2. Temperatura máxima (Temp. Máx.), mínima (Temp. Mín.) e média (Temp. Méd.) do ar dentro da casa de vegetação (A) e umidade relativa máxima (UR Máx.), mínima (UR Mín.) e média (UR Méd.) do ar dentro da casa de vegetação (B) ao longo do ciclo de cultivo da cultura do coentro, Recife, 2018.

Foram construídos dentro da casa de vegetação 15 canteiros de alvenaria, cada canteiro possuía duas áreas de cultivo com dimensões de 1,0 m² (5,0 x 0,20 m) e profundidade de 0,20 m (Figura 3A). Para fins de impermeabilização, as paredes dos canteiros foram recobertas com filme plástico de polietileno (Figura 3B). Foram dispostos ao longo dos canteiros tubos corrugados de polietileno com 50 mm de diâmetro, recobertos com uma manta geotêxtil para fins de filtragem responsáveis pela drenagem do excesso da solução nutritiva (Figura 3C).

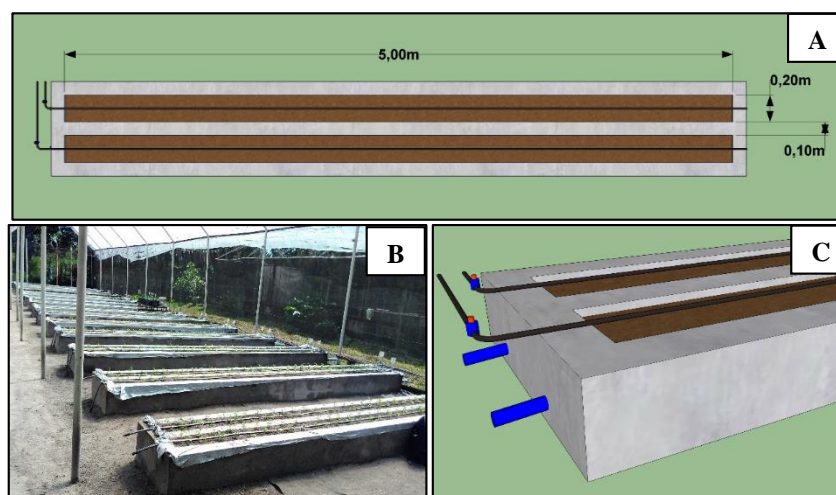


Figura 3. Esquema da parcela experimental (A), interior do ambiente protegido com a visualização das parcelas recobertas com o filme plástico (B) e detalhes do sistema de drenagem (C), Recife, 2018.

As características químicas e físicas do solo utilizado para o preenchimento dos canteiros, antes da implantação do experimento, determinadas analiticamente, encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado para o preenchimento dos canteiros, Recife, 2018

Química												
pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	t	V	M.O.
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----			--%--	g kg ⁻¹	
5,1	2,0	0,30	0,22	0,01	0,01	0,2	4,68	0,54	5,22	0,74	10,34	9,69
Física												
Areia	Silte	Argila	Textura	Ds	Dp	θ _{CC}	θ _{PMP}					
-----g kg ⁻¹ -----			-	-----g cm ⁻³ -----		-----m ³ m ⁻³ -----						
904	32	64	Arenosa	1,50	2,50	0,10	0,09					

*SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; V: Saturação por bases; M.O: Matéria Orgânica; Ds: Densidade do Solo; Dp: Densidade de Partículas; θ: Umidade Volumétrica.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator o tipo de aplicação da fertirrigação (fertirrigação por pulsos e contínua) e o segundo fator cinco lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (40, 60, 80, 100 e 120% da ET_c), com três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais (Figura 4).

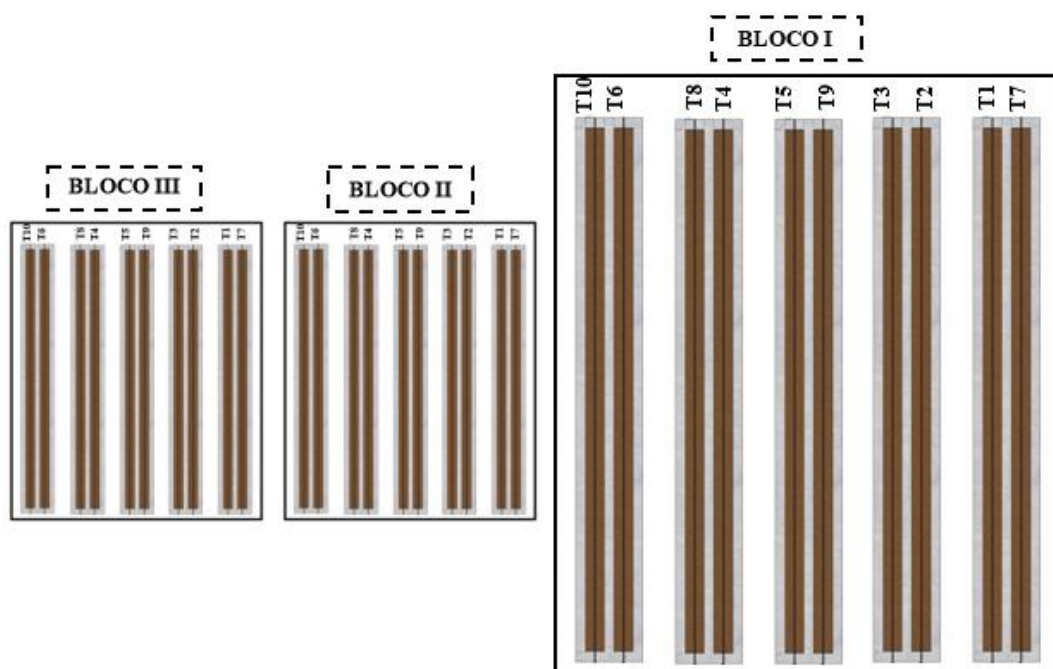


Figura 4. Croqui do experimento, demonstrando a distribuição das parcelas e dos blocos na área experimental, Recife, 2018.

Para a condição de aplicação da fertirrigação por pulsos foram definidos seis pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas irrigações. A ET_c foi obtida de forma direta com base na média do balanço hídrico de quatro lisímetros de drenagem com capacidade de 5,0 litros, cultivados com coentro e instalados no interior da casa de vegetação (Figura 5).



Figura 5. Estrutura dos lisímetros de drenagem instalados no interior da casa de vegetação, Recife, 2018.

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto por fitas gotejadoras (DN 16 mm) com emissores espaçados a 0,30 m e vazão nominal de $0,60 \text{ L h}^{-1}$, que atendiam as parcelas experimentais individualmente. Para facilitar a distribuição da água de acordo com os pulsos e as lâminas de reposição da ET_c foram utilizados registros, válvulas solenoides, regulador de pressão (regulada em 10,0 m.c.a), microcontrolador Arduino, filtro de discos e uma eletrobomba centrífuga de eixo horizontal (0,5 CV).

A obtenção do tempo de irrigação de cada tratamento foi feita considerando-se a lâmina bruta de irrigação, obtida pela relação entre a ET_c e a eficiência nominal de aplicação (95%) do sistema de irrigação por gotejamento. A aplicação dos tratamentos iniciou aos 13 dias após a semeadura (DAS) quando a cultura apresentava homogeneidade de estabelecimento nas parcelas. O circuito eletrônico de controle do Arduino foi responsável por comandar automaticamente o parcelamento da lâmina bruta de irrigação bem como o cálculo dos tempos de aplicação de cada pulso de acordo com cada tratamento, iniciando diariamente as 09:00h da manhã.

Visando-se a correção da acidez do solo e a neutralização do Al trocável, 60 dias antes da implantação da cultura realizou-se uma calagem com calcário calcítico aplicando-se $3,5 \text{ t ha}^{-1}$, conforme procedimentos metodológicos preconizados por Cavalcanti et al. (2008).

Foram semeadas diretamente nos canteiros 20 sementes de coentro cultivar Verdão espaçadas de 0,10 x 0,15 m (Figura 6A). Aos 13 DAS foi realizado o desbaste da cultura deixando-se seis plantas por cova (Figura 6B).



Figura 6. Semeadura (A) e desbaste (B) do coentro cv. Verdão, Recife, 2018.

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva de acordo com Furlani (1998) foram o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% (Tabela 2), preparada em água de abastecimento público, exceto para o fósforo que foi aplicado de forma convencional no plantio (120 kg ha^{-1} de P_2O_5) com base na análise química do solo conforme Cavalcanti et al. (2008). Os valores médios de condutividade elétrica e de pH da solução nutritiva registrados durante o experimento foram de, respectivamente, $2,10 \text{ dS m}^{-1}$ e $6,23$.

Tabela 2. Quantidade de fertilizantes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva para o cultivo de culturas folhosas

Fertilizantes	g 1.000 L⁻¹
Nitrato de cálcio	750,00
Nitrato de potássio	500,00
Fosfato monoamônico	150,00
Sulfato de magnésio	400,00
Sulfato de Cobre	0,20
Sulfato de zinco	0,30
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,80
Molibdato de sódio	0,20
Fe-EDTA - 13% Fe	16,00

O experimento teve duração de 34 dias, período em que as plantas atingiram o ponto de consumo *in natura* representado pelo pleno desenvolvimento vegetativo e os primeiros indícios de início da fase reprodutiva. Até os 12 DAS, correspondentes a fase de germinação e estabelecimento da cultura, a irrigação foi realizada em todas as parcelas repondo 100% da ETc.

Para a determinação das lâminas de fertirrigação foi estabelecido uma variação de 20% a partir do menor valor definido que foi de 40% da evapotranspiração da cultura (ETc). Dessa

forma os níveis das lâminas de fertirrigação corresponderam a 40, 60, 80, 100 e 120% da ET_c, obtendo-se um consumo total de água ao final do ciclo de 54,4; 72,0; 89,6; 107,2 e 124,8 mm respectivamente.

Visando-se verificar a uniformidade de distribuição do sistema de irrigação, foram realizadas avaliações no início e no final do experimento segundo metodologia descrita por Merriam e Keller (1978). Para uma pressão média de funcionamento de 10,0 m.c.a a vazão média dos gotejadores foi de 0,55 L h⁻¹. O coeficiente de uniformidade de distribuição da solução nutritiva para o início e para o final do experimento foi de 98,20 e 97,09%, respectivamente.

Para a determinação do estado nutricional do coentro, realizou-se uma amostragem aos 27 DAS, coletando-se a parte aérea de 48 plantas (8 covas, 6 plantas cova⁻¹) por parcela experimental aleatoriamente deixando três covas de plantas das extremidades de cada canteiro para finalidade de bordadura. 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 atingir peso seco constante.

Após a secagem, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey com peneira de 2 mm e armazenadas para posterior quantificação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn). A extração dos nutrientes foi realizada por via úmida, onde, para o N procedeu-se a digestão sulfúrica, e para os demais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn digestão nítrica de acordo com metodologia proposta por Silva (2009).

A quantificação dos teores de N total foi determinada pelo método de arraste de vapor (Kjeldahl); potássio pelo método de fotometria de chamas; fósforo pelo método colorimétrico molibdo-vanadato; enxofre pelo método turbidimétrico do sulfato de bário; e, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo procedimentos metodológicos sugeridos por Bezerra Neto e Barreto (2011).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Foi realizada a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade para verificar o ajuste dos valores nutricionais às lâminas de reposição da evapotranspiração, considerando-se os tipos de aplicação de fertirrigação utilizados (fertirrigação por pulso e contínua). Para comparar os tipos de aplicação de fertirrigação em cada lâmina de reposição da evapotranspiração foi aplicado o teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada em quatro critérios: efeito não significativo do desvio de regressão, significância dos parâmetros da equação de ajuste ($P < 0,05$), maior valor de coeficiente de determinação (R^2) e explicação biológica de cada variável em função dos tratamentos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se por meio da análise de variância (Tabela 3) efeito significativo da interação entre os tipos de aplicação de fertirrigação e as lâminas de reposição da ETc sobre os teores foliares dos nutrientes fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S), ferro (Fe) e manganês (Mn). Para o teor de nitrogênio (N) houve resposta significativa para as lâminas de fertirrigação, já o teor de potássio (K) foi significativamente influenciado pelo tipo de aplicação de fertirrigação. Os teores de magnésio (Mg), cobre (Cu) e zinco (Zn) foram influenciados pelos fatores de forma isolada.

Tabela 3 Análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn na cultura do coentro vc. Verdão, em função dos tipos de aplicação de fertirrigação e de lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), Recife, 2018

FV	GL	Quadrado Médio					
		Macronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Tipos de Apli. (T)	1	4,784 ^{ns}	1,149**	1060,885**	819,960**	14,672**	0,064 ^{ns}
Lâminas (L)	4	48,393*	0,011 ^{ns}	10,033 ^{ns}	248,563**	4,318**	0,841**
T x L	4	24,330 ^{ns}	0,176**	5,328 ^{ns}	6,662**	0,030 ^{ns}	0,223**
Blocos	2	11,395 ^{ns}	0,127*	38,094 ^{ns}	0,646 ^{ns}	0,528 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Resíduo	18	13,305	0,032	24,496	0,594	0,238	0,034
CV	%	9,18	3,25	6,73	2,67	6,71	6,03
FV	GL	Micronutrientes					
		Fe	Mn	Cu	Zn		
Tipos de Apli. (T)	1	1391,283**	3525,168**	1,133**	499,474**		
Lâminas (L)	4	363,139**	366,250**	0,456**	82,158**		
T x L	4	153,900**	34,540**	0,023 ^{ns}	8,658 ^{ns}		
Blocos	2	10,059 ^{ns}	4,047 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,289 ^{ns}		
Resíduo	18	16,722	4,319	0,021	13,643		
CV	%	2,49	1,71	3,33	6,63		

^{ns}: não significativo; * e **: significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

A análise de regressão aplicada aos dados evidenciou que os teores de nitrogênio aumentaram linearmente em função das lâminas de reposição da ETc aplicadas (Figura 7A), tendo-se constatado incremento de 0,0795% para cada aumento de unitário da lâmina de reposição da ETc. Esse incremento, possivelmente ocorreu devido o maior fluxo de massa ocasionado pelo aumento do volume da lâmina de fertirrigação aplicada proporcionando, conseqüentemente, uma maior concentração na solução do solo de nitrogênio e também uma maior absorção do nutriente pelas plantas.

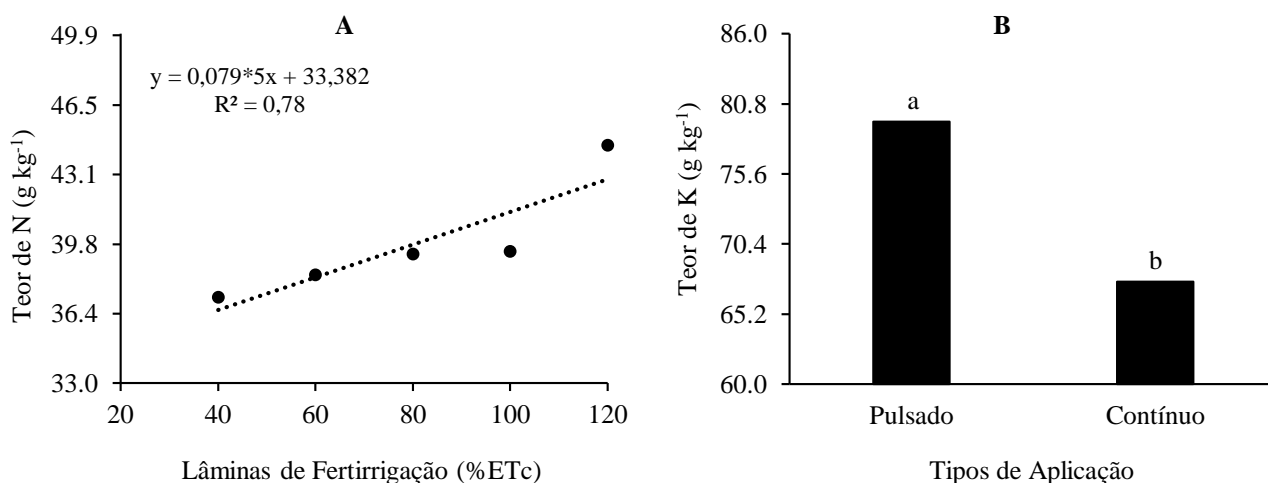


Figura 7. Teor de nitrogênio (N) na cultura do coentro em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e de potássio (K) em função dos tipos de aplicação de fertirrigação (B), Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Oliveira et al. (2016) observaram um aumento linear crescente no teor de nitrogênio em plantas de coentro produzidas em substratos fertirrigados com crescentes concentrações da solução nutritiva, onde o teor obtido para a maior concentração avaliada (125% da ETc) foi de 26,7 g kg⁻¹ resultado inferior ao obtido pela menor lâmina de fertirrigação (40% da ETc) do presente estudo. Resultado semelhante ao deste estudo foi obtido por Pereira et al. (2012), que ao determinar a concentração de N em coentro por ocasião do teste de emergência, obtiveram um valor médio de 34,2 g kg⁻¹. Os teores de nitrogênio obtidos para as lâminas de 100 e 120% da ETc estão dentro da faixa considerada como adequada para a cultura do coentro conforme Trani et al. (2014), pois segundo os autores plantas de coentro adequadamente nutridas em nitrogênio devem apresentar teores na parte aérea na faixa de 40 e 60 g kg⁻¹.

O teor de potássio (K) obtido na parte aérea do coentro quando fertirrigado por pulsos foi de 79,5 g kg⁻¹, já para a condição de aplicação da lâmina de fertirrigação de forma contínua o

teor médio encontrado foi de 67,6 g kg⁻¹. Observa-se um incremento de 17,6% na concentração de K com a fertirrigação pulsada (Figura 7B). Esses resultados evidenciam que a manutenção de uma umidade do solo mais constante ao longo do dia em decorrência da aplicação por pulsos pode ter contribuído para uma maior estabilidade da solução do solo e, conseqüentemente, ter proporcionado uma maior absorção do nutriente em relação a absorção do mesmo quando fertirrigado de forma contínua.

Assouline et al. (2006), estudando os efeitos da irrigação por pulsos na cultura do pimentão em ambiente protegido observaram que não houve influência dos pulsos sobre o teor de K, os mesmos autores encontraram uma concentração de K em folhas de pimentão de 48,5 g kg⁻¹. Com relação aos teores de K verificados na presente pesquisa sob fertirrigação contínua (Figura 7B), outros autores avaliando a nutrição mineral da cultura do coentro sob adubação convencional encontraram valores abaixo dos constatados neste trabalho (67,6 g kg⁻¹). Grangeiro et al. (2011), verificaram um teor de K no coentro cultivar verdão de 26,7 g kg⁻¹ e Pereira et al. (2012) com a mesma cultivar um teor de 43,5 g kg⁻¹. Analisando tais resultados, é possível inferir que o uso da fertirrigação pode proporcionar maiores teores de K na parte aérea da cultura em relação aos teores obtidos com o emprego da adubação convencional.

De acordo com Pereira et al. (2012), o K é o macronutriente mais absorvido pelo coentro. Essa maior demanda de potássio, observada em várias outras hortaliças, ocorre porque este elemento, além de ser um ativador enzimático, regula o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, e, baixas concentrações deste nutriente fornecidas à cultura podem dificultar a fotossíntese e, conseqüentemente, limitar o crescimento das plantas (MEURER, 2006). Na presente pesquisa, constatou-se o benefício da irrigação por pulsos no acúmulo de K em detrimento do uso da fertirrigação contínua, independente da lâmina aplicada.

O efeito da interação entre os tipos de aplicação de fertirrigação e as lâminas de reposição da ETc sobre o teor de fósforo (P) e de cálcio (Ca) na parte aérea da cultura do coentro pode ser verificado nas Figuras 8A e 8B, respectivamente.

Para o teor de P a análise do desdobramento do fator lâminas de reposição da ETc dentro do fator tipos de aplicação de fertirrigação, não revelou diferença significativa entre as lâminas quando a cultura foi fertirrigada por pulsos. Para a aplicação da fertirrigação contínua constatou-se diferença significativa entre as lâminas, obtendo-se um teor máximo estimado de 5,20 g kg⁻¹ de P na lâmina de 76,75% da ETc, revelando um incremento percentual de 5,5 sobre a lâmina de 40% da ETc.

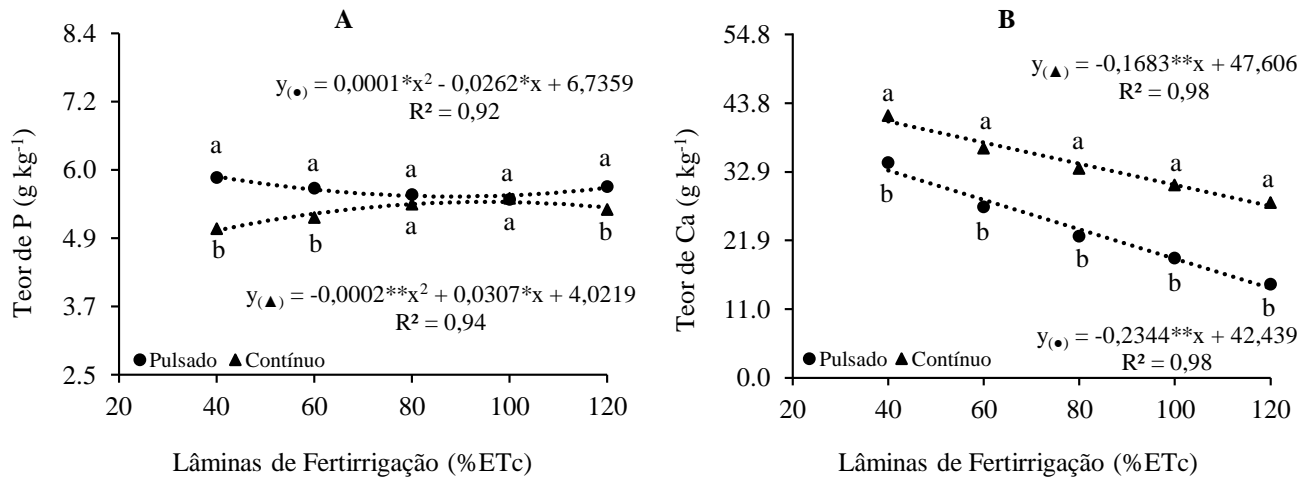


Figura 8. Desdobramento da interação entre os fatores para o teor de fósforo (P) (A) e enxofre (S) (B) na cultura do coentro submetido a lâminas de reposição da ETc e tipos de aplicação de fertirrigação, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Lima et al. (2016) avaliando a cultura do pimentão sobre deficiência hídrica observaram que a disponibilidade de água interferiu na absorção de P, aumentando o teor do nutriente na planta, nos tratamentos com menores quantidades de água aplicada. Daflon et al. (2014) obtiveram um teor de P de $5,59 \text{ g kg}^{-1}$ em folhas de coentro, corroborando com os obtidos no presente trabalho. A faixa indicada por Trani et al. (2014) para os teores de P nas folhas do coentro está entre 4 e 6 g kg^{-1} . De acordo com Grangeiro et al. (2011), mesmo sendo o fósforo um dos nutrientes em que o coentro mais responde à adubação, pouco se conhece a respeito dos níveis ideais deste nutriente a serem aplicados no solo, visando a obtenção de rendimentos satisfatórios da cultura.

Analisando o desdobramento do fator tipo de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc, observou-se diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua nas lâminas de 40, 60 e 120% da ETc, revelando incrementos de 18,7; 7,5 e 4,1% nos teores de P, respectivamente para a fertirrigação pulsada (Figura 8A). Segundo Assouline et al. (2006) a disponibilidade e a absorção de fósforo são favorecidas pela alta frequência de irrigação, corroborando com esse resultado.

Para o teor de cálcio (Ca) na parte aérea da cultura do coentro a análise do desdobramento dos fatores revelou efeito significativo das lâminas de reposição da ETc dentro de ambos os tipos de aplicação de fertirrigação.

O teor de Ca na parte aérea da cultura do coentro reduziu linearmente em função do aumento das lâminas de reposição da ETc em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação

(Figura 8B), onde o maior teor de Ca na cultura para as duas condições foi obtido na menor lâmina estudada (40% ETc). Para a fertirrigação contínua o teor de Ca ajustado na lâmina de 40% da ETc foi de 40,87 g kg⁻¹, revelando um decréscimo de 0,1683% para cada aumento unitário da lâmina de reposição da ETc. No tipo de aplicação de fertirrigação pulsada obteve-se um teor ajustado de 33,06 g kg⁻¹ aplicando-se 40% da ETc, revelando um decréscimo de 0,2344% para cada aumento de 1% da lâmina de reposição da ETc (Figura 8B).

No desdobramento do fator tipo de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc, observou-se diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua em todas as lâminas aplicadas, revelando incrementos de 23,6; 32,2; 44,1; 62; 91,5% para as lâminas de 40, 60, 80 100 e 120% da ETc, respectivamente para a aplicação de fertirrigação contínua (Figura 8B). Albuquerque et al. (2012) estudando a cultura do pimentão sob déficit hídrico observaram que a redução da lâmina de irrigação favoreceu o aumento no teor de Ca nos frutos.

Resultados inferiores ao deste estudo foram obtidos Grangeiro et al. (2011), onde a concentração de Ca em coentro cv. Verdão foi de 22,14 g kg⁻¹. Pereira et al. (2012) e Daflon et al. (2014) obtiveram teores de 5,7 e de 9,63 g kg⁻¹, respectivamente, resultados estes para o coentro cultivado sob adubação convencional. Os teores de Ca da cultura do coentro obtidos nesse estudo encontram-se na dentro faixa considerada como adequada por Trani et al. (2014) os quais indicam valores entre 10 e 30 g kg⁻¹.

Em relação ao teor de enxofre (S), a análise do desdobramento dos fatores revelou efeito significativo do fator lâminas de reposição da ETc para ambos os tipos de aplicação de fertirrigação (Figura 9). Para este nutriente, constatou-se um máximo teor com a fertirrigação pulsada, com valor ajustado de 3,68 g kg⁻¹ na lâmina correspondente a 84,71% da ETc, havendo-se incremento de 61,4% em relação as lâminas de 40% da ETc. O efeito das lâminas dentro da aplicação de fertirrigação contínua relevou um teor máximo estimado de S de 3,07 g kg⁻¹ na lâmina de 67% da ETc, onde o incremento entre essa lâmina e a de 40% da ETc foi de 7,7%.

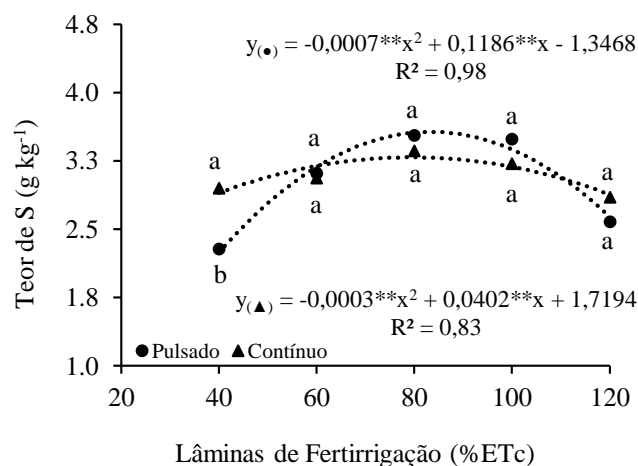


Figura 9. Desdobramento da interação entre os fatores para o teor de enxofre (S) na cultura do coentro submetido a lâminas de reposição da ETc e tipos de aplicação de fertirrigação, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Com relação ao desdobramento dos tipos de aplicação dentro das lâminas de fertirrigação, houve diferença significativa entre a condição com pulso e contínua apenas na lâmina de 40% da ETc (Figura 9), com incremento de 20% no teor de S na cultura do coentro da fertirrigação contínua em relação a pulsada. Pereira et al. (2012) obtiveram para esta cultura, um teor de 4,5 g kg^{-1} , valor superior ao obtido na presente pesquisa. No entanto, os teores encontram-se dentro da faixa de 3 e 4 g kg^{-1} indicada por Trani et al. (2014).

O enxofre influencia na produção de massa verde, pois é um nutriente constituinte de proteínas, aminoácidos essenciais, membranas celulares e outros compostos, além de possuir função no transporte de elétrons (MALAVOLTA et al., 1997; TAIZ e ZEIGER, 2006). Apesar da importância desse nutriente, são incipientes na literatura informações acerca da nutrição mineral com S em plantas de coentro bem como a relação desse nutriente com técnicas de irrigação da cultura.

Para o teor de magnésio (Mg) no coentro em função das lâminas de reposição da ETc ajustou-se o modelo quadrático (Figura 10A). O máximo teor de Mg estimado para a cultura do coentro foi de 8,05 g kg^{-1} na lâmina de 54,5%, revelando incremento e decréscimo de 1,1% sobre a lâmina de 40% da ETc. Corroborando com esses resultados, Becari (2015) estudando parâmetros nutricionais na cultura da rúcula sob diferentes condições de estresse hídrico, observou que os teores de Mg que a maior quantidade de água aplicada ao solo (120% da capacidade de campo) resultou em menor valor deste nutriente.

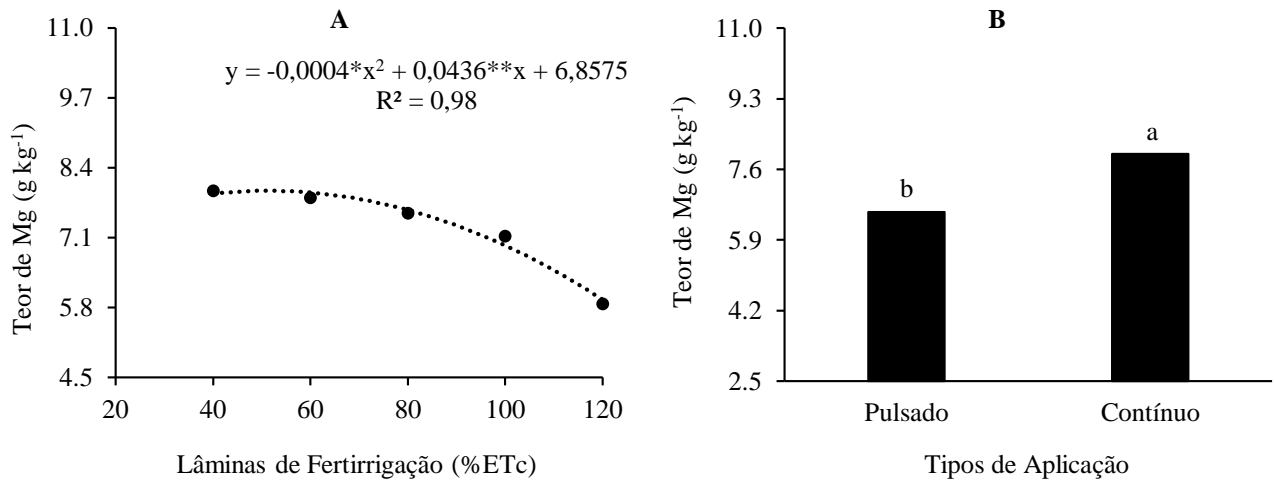


Figura 10. Teor de magnésio (Mg) na cultura do coentro em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A) e dos tipos de aplicação de fertirrigação (B), Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se na Figura 10B que a fertirrigação pulsada apresentou um teor de $6,58 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que a fertirrigação contínua proporcionou um teor de Mg de $7,97 \text{ g kg}^{-1}$, revelando um incremento de 21,1%. De acordo com Trani et al. (2014) teores de Mg entre 3 e 5 g kg^{-1} são adequados para a cultura do coentro. Pereira et al (2012) obtiveram para esta cultura, um teor de $2,5 \text{ g kg}^{-1}$, valor inferior ao obtido no presente experimento.

O efeito da interação entre os tipos de aplicação de fertirrigação e as lâminas de reposição da ETc sobre os teores de ferro (Fe) e de manganês (Mn) pode ser verificado nas Figuras 11A e 11B, respectivamente. Verifica-se, por meio da análise do desdobramento do fator lâminas de reposição da ETc dentro do fator tipos de aplicação de fertirrigação, que houve diferença significativa para ambos os tipos de aplicação de fertirrigação, tanto para o Fe (Figura 11A) quanto para o Mn (Figura 11B).

Constata-se que os maiores teores de Fe foram obtidos com o uso da fertirrigação pulsada tendo-se ajustado um valor máximo de $175,91 \text{ mg kg}^{-1}$ na lâmina correspondente a 88,04% da ETc, revelando um incremento de 7,6% em relação a lâmina de 40% da ETc. Com a aplicação da fertirrigação contínua o teor máximo de Fe obtido foi de $168,99 \text{ mg kg}^{-1}$ na lâmina correspondente a 77,34% da ETc, com incremento percentual de 13, em relação a lâmina de 40% da ETc.

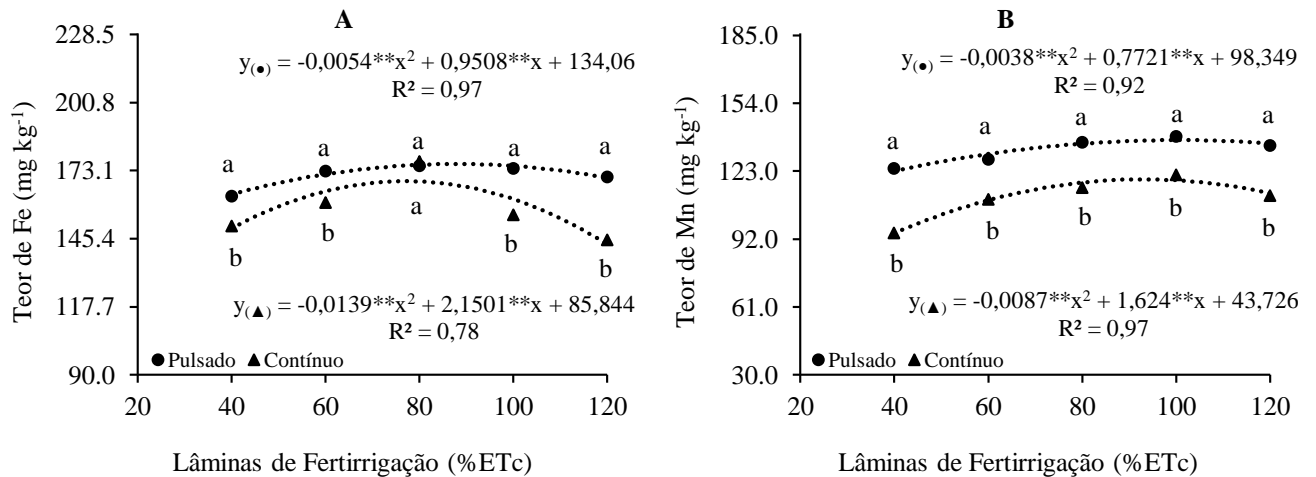


Figura 11. Desdobramento da interação entre os fatores para o teor de ferro (Fe) (A.) e manganês (Mn) (B.) na cultura do coentro submetido a lâminas de reposição da ETc e tipos de aplicação de água, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Analisando o desdobramento das lâminas de fertirrigação dentro do fator tipo de aplicação (Figura 11A), verifica-se diferença significativa para os teores de Fe entre a fertirrigação pulsada e a contínua nas lâminas de 40, 60, 100 e 120% da ETc, com um incremento de 9,3; 4,2; 8,2 e 18,6%, respectivamente para a condição com pulsos.

De acordo com Prado et al. (2008) o Fe é importante na biossíntese de clorofila e atua na constituição e ativação de enzimas fotossintéticas, sendo por isso exigido em maiores quantidades em relação aos demais micronutrientes, fato este comprovado na presente pesquisa.

Becari (2015) analisando a quantidade de Fe na parte aérea de plantas de rúcula sob diferentes condições de disponibilidade hídrica, verificaram que o maior teor do nutriente foi obtido com a aplicação da lâmina correspondente a 120% da ETc, diferindo do resultado obtido nesse estudo. Segundo Cavalcante et al. (2008) a faixa de concentração adequada de Fe para a cultura da alface está entre 100 a 500 mg kg⁻¹. Assim, sendo o coentro uma hortaliça folhosa tal como a alface e não se dispoendo de dados referentes aos teores de Fe considerados como adequados para a cultura, constata-se que os teores de Fe obtidos nesse estudo estão dentro dessa faixa considerada como adequada.

O teor máximo de Mn estimado com a aplicação de fertirrigação pulsada foi de 137,57 mg kg⁻¹ na lâmina correspondente a 101,6% da ETc (Figura 11B), refletindo-se em um incremento de 11,7% sobre a menor lâmina avaliada (40% da ETc). A aplicação de fertirrigação contínua proporcionou um teor máximo de Mn estimado de 119,51 mg kg⁻¹ na lâmina

correspondente a 93,33% da ETc, o que representa um incremento percentual de 26,1 sobre as lâminas de 40% da ETc.

Para o desdobramento do fator tipo de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc, observou-se diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua em todas as lâminas aplicadas, revelando incrementos de 30; 19,3; 15,1; 15,5 e 20% para as lâminas de 40, 60, 80 100 e 120% da ETc, respectivamente sobre a aplicação de fertirrigação contínua (Figura 11B).

Avaliando parâmetros nutricionais também em hortaliça folhosa, Becari (2015) verificou na cultura da rúcula, que o maior teor de Mn foi obtido com a aplicação de uma lâmina de 60% ETc. O mesmo autor quantificou um teor de 72 mg kg⁻¹, resultado inferior ao desta pesquisa. Segundo Cavalcante et al. (2008), a faixa de concentração adequada de Mn para a cultura da alface é de 30 a 200 mg kg⁻¹, assim, os teores de Mn obtidos nesse estudo se enquadram nesses valores.

Para o teor de cobre (Cu) ajustou-se o modelo linear crescente (Figura 12A), com teores médios estimados de 4,0 e 4,69 mg kg⁻¹ para as lâminas de 40 e 120%. Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se por meio da Figura 12B, que o maior teor foliar do nutriente de 4,54 mg kg⁻¹ foi estimado com a aplicação de fertirrigação pulsada, tendo-se verificado um incremento de 8,6% em relação a aplicação contínua.

Carvalho et al. (2014) estudando o acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum sob déficit hídrico observaram que os teores de Cu e Mn diminuíram com a deficiência hídrica, comportamento semelhante ao obtido para ambos os nutrientes neste estudo. De acordo com Abreu et al. (2007) a presença de íons metálicos, como Fe e Mn reduz a disponibilidade de Cu para as plantas. Os teores de cobre obtidos nesse estudo estão abaixo da faixa de teores adequados para a cultura do coentro indicada por Trani et al. (2014) que indicam teores entre 8 a 15 mg kg⁻¹. Entretanto, não foram evidenciados sintomas de deficiência do nutriente durante todo o ciclo da cultura.

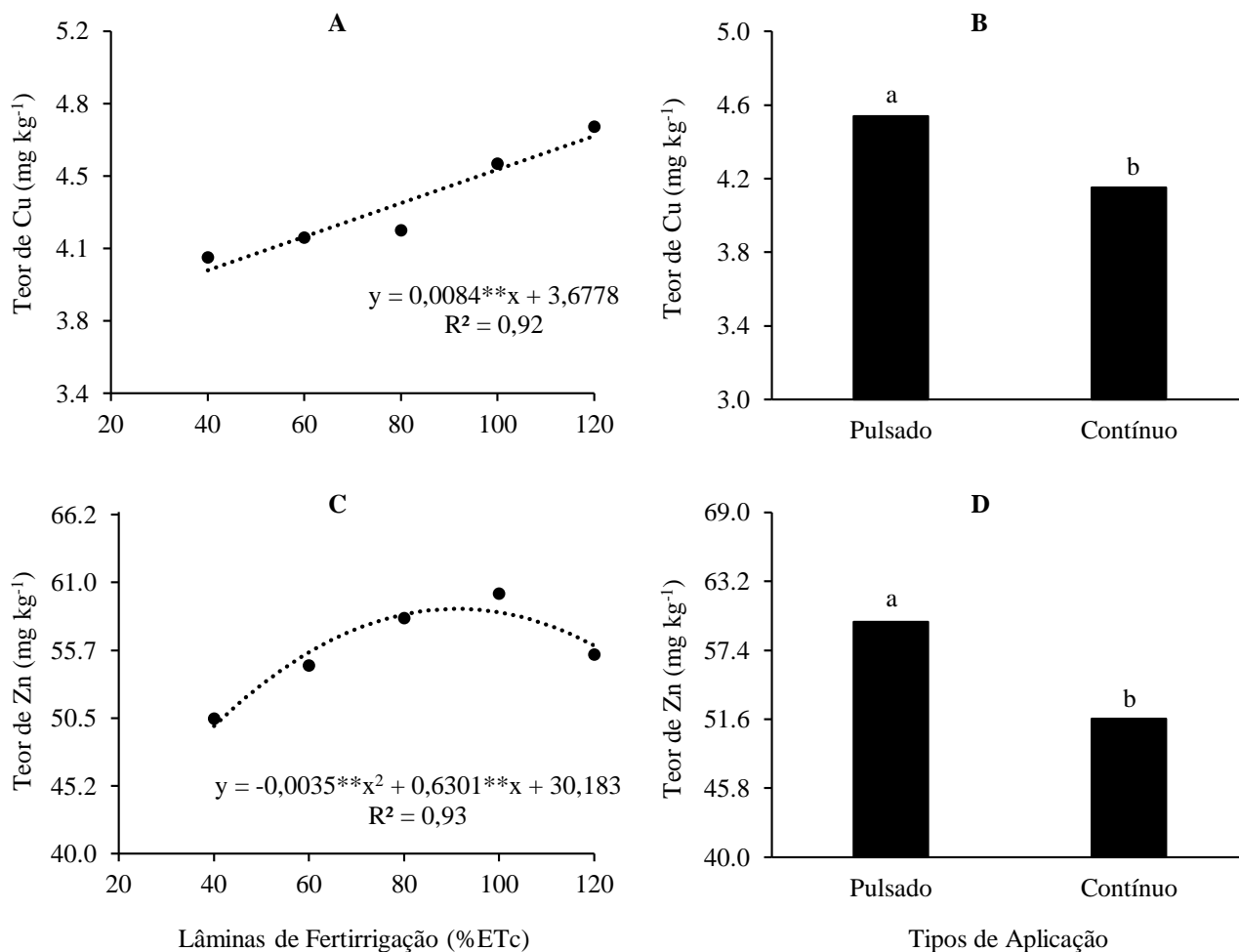


Figura 12. Teores de cobre (Cu) e de zinco (Zn) na cultura do coentro em função das lâminas de fertirrigação aplicadas (A e C) e dos tipos de aplicação de água (B e D), Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Para os teores foliar de Zinco (Zn) o modelo quadrático ajustou-se aos dados (Figura 12C), tendo o seu teor máximo (58,54 mg kg⁻¹) sido estimado com a aplicação da lâmina de fertirrigação correspondente a 90% da ETc, incremento de 17,6% sobre a lâmina de fertirrigação de 40% da ETc. Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se na Figura 12D, que a aplicação de fertirrigação pulsada foi a que estimou o maior teor de Zn (59,8 mg gk⁻¹), refletindo-se em incremento de 15,9% em relação ao teor (51,6 mg gk⁻¹) obtido com a aplicação contínua.

Trani et al. (2014) indicam teores entre 40 e 80 mg kg⁻¹ para a cultura do coentro, tendo o teor obtido nesse estudo sido considerado como adequado para a cultura. Purquerio (2005), estudando a cultura da rúcula em diferentes espaçamentos, encontrou teores de Zn na parte aérea, de 78 a 83 mg kg⁻¹, resultado superior ao obtido nesse estudo. Em outro estudo, Becari

(2015) constatou decréscimo no teor de Zn na cultura da rúcula em função do aumento da quantidade de água aplicada.

CONCLUSÕES

Os maiores teores de P, S, Fe foram obtidos com a aplicação da fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100%.

A fertirrigação contínua combinada com a lâmina de reposição da ETc de 100% induziu deficiência de enxofre nas plantas e, quando combinada com a lâmina de 40% da ETc proporcionou o maior teor de Ca na cultura.

Lâminas de reposição da ETc a partir de 82,7 e de 40%, independentemente do tipo de aplicação, já proporcionam teores foliares, respectivamente, de nitrogênio e de magnésio considerados adequados para a cultura.

A fertirrigação contínua reduziu os teores foliares de potássio e, a pulsada os teores foliares de magnésio, mas não a ponto de causar desordem nutricional.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 645-736.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; BEZERRA NETO E.; SOUZA E. R. A.; SANTOS A. N. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 30 n. 4, p. 681-687, 2012.

ALMEIDA, W. F.; LIMA, L. A.; PEREIRA, G. M. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 6, p. 1009-1018, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. Stugarda, v. 22, n. 2, p. 711-728, 2014.

ASSOULINE, S.; MOLLER, M.; COHEN, S.; BEN-HUR, M.; GRAVA, A.; NARKIS, K.; SILBER, A. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: Bell pepper - Case study. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 70, n. 5, p. 1556–1568, 2006.

BECARI, G. R. G. Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico. 2015. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu - SP. 2015.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. 1 ed. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267 p.

BHAT, S.; KAUSHAL, P.; KAUR, M.; SHARMA, H. K. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. *African Journal of Plant Science*, Nairóbi, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2014.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; MOTOIKE, S. Y.; REIS, E. F. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1183-1188, 2011.

CARVALHO, J. J.; SAAD, J. C. C.; BASTOS, A. V. S.; NAVES, S. S.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. *Irriga, Edição Especial*, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 104-117, 2014.

CAVALCANTI, F. L. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. V.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. V. F. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3 ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA, 2008. 212 p.

COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; FRIZZONE, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. *Irriga*, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 105-127, 2015.

- DAFLON, D. S. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 28-34, 2014.
- EID, A. R.; BAKRY, B. A.; TAHA, M. H. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. *Agricultural Sciences, Wuhan*, v. 4, n. 5, p. 249-261, 2013.
- ELNESR, M. N.; ALAZBA, A. A.; ZEIN EL-ABEDEIN, A. I.; EL-ADL, M. M. Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop. *PLoS One, Califórnia*, v. 10, n. 6, p. 1-17, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L.C-P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim Técnico IAC, 180).
- FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30 p. (Boletim Técnico IAC, 168).
- GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normal Climatológica do Brasil 1981-2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 03/07/2018
- LIMA, G. S.; BROETTO, F.; SOUSA, A. P.; CORREIA, J.S.; SILVA, A. O. Impactos nutricionais e produção de pimentão submetido à deficiência hídrica. *Irriga*, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 724-735, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 308 p.
- MERRIAM, J. L; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. 3 ed. Logan: Utah State University. 1978. 271 p.

- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 11, p. 282-298.
- OLIVEIRA, F. A.; NETA, M. L. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentrations. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 59, n. 3, p. 275-279, 2016.
- PEREIRA, M. F. S.; LINHARES, P. C. F.; MACARAJÁ, P. B.; LIMA, G. K. L.; MADEIROS, G. S. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. *Revista Verde*, Pombal v. 7, n. 5, p. 01-05, 2012.
- PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. Nutrição de plantas diagnose foliar em grandes culturas. 1 ed. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2008. 301 p.
- PRATS, G. A.; PICÓ, G. S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. *Agricultural Water Management*, Amsterdam v. 169, p. 52-60, 2016.
- PURQUERIO, L. F. V. Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa* Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio. 2005. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. *Horticultura brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- TAIZ L; ZEIGER E. Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722 p.
- TRANI, P. E.; PURQUÉRIO, L. F. V.; FIGUEIREDO, G. J. B.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F. Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/97.pdf>, Acesso em: 25 mai. 2018.

CAPÍTULO III

PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO SOB FERTIRRIGAÇÃO CONTÍNUA E PULSADA

PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM COENTRO SOB FERTIRRIGAÇÃO CONTÍNUA E PULSADA

RESUMO - Poucas são as informações sobre as necessidades nutricionais do coentro (*Coriandrum sativum* L.), e quanto ao efeito da fertirrigação pulsada e da sua relação com o acúmulo de biomassa e nutrientes pela cultura, estas informações são ainda mais escassas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção de massa seca e o acúmulo de macro e de micronutrientes na cultura do coentro cultivado em função de lâminas de fertirrigação por gotejamento contínuo e pulsado. O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por dois tipos de aplicação de fertirrigação (fertirrigação pulsada e contínuo) e cinco lâminas de reposição da fertirrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura-ETc). Para o tipo de aplicação pulsada foram definidos seis pulsos de fertirrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas aplicações. As lâminas de reposição da ETc influenciaram positivamente os acúmulos de massa seca e de todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn) estudados na cultura do coentro. Os maiores acúmulos de massa seca, N, P, K, Fe, Mn, Cu e Zn, foram obtidos com a utilização da fertirrigação pulsada, exceto para Ca e Mg. Os maiores acúmulos de K, Mn, Cu e Zn foram obtidos com a aplicação da fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100%. O acúmulo de nutrientes em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação decresceu na seguinte ordem: K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu.

Palavras-Chave: *Coriandrum sativum* L. Gotejamento por pulsos. Nutrição mineral.

PRODUCTION OF DRY PASTA AND NUTRIENT ACULMULATION IN COENTRO UNDER CONTINUOUS AND PULSED FERTIGATION

ABSTRACT - There are few information on the nutritional needs of coriander (*Coriandrum sativum* L.), and the effect of the pulsed fertigation and its relation with the accumulation of biomass and nutrients by the crop, this information is even scarcer. The objective of this work was to evaluate the dry mass production and the accumulation of macro and micronutrients in the cultivated coriander culture as a function of continuous and pulsed drip fertigation blades. The experiment was conducted in a randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme, with three replications. The treatments were composed of two types of fertigation application (pulsed and continuous Fertigation) and five fertigation replacement blades (40, 60, 80, 100 and 120% of evapotranspiration of ETc culture). For the type of pulsed application, six pulses of fertigation were defined with a 60-minute rest interval between two applications. The ETc replacement blades positively influenced the accumulations of dry matter and of all nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu and Zn) studied in the coriander culture. The highest accumulations of dry mass, N, P, K, Fe, Mn, Cu and Zn, were obtained with the use of pulsed Fertigation, except for Ca and Mg. The highest accumulations of K, Mn, Cu and Zn were obtained with the application of pulsed fertigation combined with ETc replacement blades lower than 100%. The accumulation of nutrients in both types of fertigation application decreased in the following order: K> N> Ca> P> Mg> S> Fe> Mn> Zn> Cu.

Key words: *Coriandrum sativum* L. Pulse drip. Mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

O coentro é uma hortaliça folhosa amplamente utilizada em nível mundial, fato associado à sua versatilidade e utilização na culinária, indústrias farmacêuticas, alimentícias e como planta aromática (SILVA; TAVARES e SOUZA, 2013; BHAT et al., 2014). É bastante consumido no Brasil, em face do seu valor e importância socioeconômica, principalmente na Região Nordeste, onde suas folhas, ramos ou sementes moídas conferem sabor e decoram diversos pratos da culinária, tornando-o uma cultura popular nessa região (SILVA; COELHO JUNIOR e SANTOS, 2012).

Para o ramo alimentício é uma planta considerada rica em vitaminas e sais minerais, e que apresenta grande capacidade de produção por área de cultivo, proporcionando rentabilidade e um bom retorno econômico para os produtores que a exploram durante o ano todo (GRANGEIRO et al., 2011; SILVA; TAVARES e SOUZA, 2013). No entanto, pouco são os estudos ou aprimoramentos de técnicas no manejo de cultivo dessa hortaliça, sendo produzida muitas vezes de maneira rústica com recomendações ou especificidades para outras espécies.

A quantidade e qualidade dos produtos agrícolas estão diretamente relacionadas às características nutricionais inerentes de cada cultura, cujo manejo deve ser ajustado à real necessidade de cada espécie considerando o sistema de cultivo empregado. De modo geral, as hortaliças possuem ciclo relativamente curtos, onde o suprimento nutricional inadequado compromete o crescimento, a produtividade e a qualidade do produto final (DAFLON et al., 2014).

Na agricultura moderna, uma técnica comum para atender as necessidades nutricionais das plantas é a fertirrigação, onde os nutrientes são solubilizados e aplicados via água de irrigação. Porém, o sucesso dessa prática está relacionado, entre outros fatores, com o manejo de irrigação empregado, com o conhecimento das condições químicas do solo, com a exigência nutricional da cultura, bem como com a frequência de aplicação, concentração da solução a ser injetada e com o tempo de aplicação (SOUZA et al., 2011).

O manejo de irrigação é fundamentado no uso racional dos recursos hídricos, bem como na redução dos gastos desnecessários com insumos agrícolas e energia, promovendo desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada. A irrigação por pulsos é uma técnica, geralmente, associada a irrigação por gotejamento, com estudos recentes e desenvolvida para dar suporte ao manejo de irrigação. Essa técnica consiste na aplicação da lâmina de irrigação diária de forma fracionada em ciclos compostos por um curto período de irrigação, seguido de

uma fase de repouso e outro curto período de irrigação, repetindo-se assim até que todo o volume de água seja completamente aplicado em uma série de ciclos do tipo *on-off* (ALMEIDA, 2012; PRATS e PICÓ, 2016).

O conhecimento das necessidades nutricionais das plantas e as possíveis relações com as técnicas de cultivo, é de fundamental importância para subsidiar estratégias de manejo da cultura. Estudos sobre o comportamento produtivo e a quantidade de nutrientes acumulados na planta, fornece informações importantes que podem auxiliar em programas de adubação eficientes (GRANGEIRO et al., 2011).

Informações sobre o efeito da fertirrigação por gotejamento pulsado na cultura do coentro e a sua relação com o estado nutricional dessa cultura são ainda incipientes na literatura. Entretanto, essas informações são imprescindíveis para a elaboração de planos de cultivos eficientes e racionais no que diz respeito ao uso de insumos e bens naturais, e na geração de maiores informações aos agricultores. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar o acúmulo de massa seca e de nutrientes na cultura do coentro em função de lâminas de fertirrigação por gotejamento contínuo e pulsado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 23 de agosto a 26 de setembro de 2017, em ambiente protegido no Departamento de Agronomia – DEPA da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Campus Dois Irmãos, em Recife, PE. As coordenadas geográficas são: 08° 01' 6,50" S; 34° 56' 46" O e altitude de 6,5 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As' que significa quente e úmido, com chuvas de março a agosto (ALVARES et al., 2014; INMET, 2018).

As parcelas experimentais foram instaladas em casa de vegetação do tipo duas águas apresentando 27 m de comprimento, 6 m de largura, 4 m de pé direito e 5,5 m na parte central e mais alta da casa de vegetação, com fachadas envolvidas por tela de nylon na cor preta com 50% de sombreamento e rodapé de 0,20 m de altura composto por blocos de concreto armado. A cobertura consiste em um filme de polietileno de baixa densidade, transparente, com 0,10 mm de espessura, tratado contra a ação dos raios ultravioletas e com difusor de luz (Figura 1).



Figura 1. Casa de vegetação onde o experimento foi realizado, Recife, 2018.

Foram construídos dentro da casa de vegetação 15 canteiros de alvenaria, cada canteiro possuía duas áreas de cultivo com dimensões de $1,0 \text{ m}^2$ ($5,0 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$) e profundidade de $0,20 \text{ m}$ (Figura 2A). Para fins de impermeabilização as paredes dos canteiros foram recobertas com um filme plástico de polietileno ajustado cuidadosamente no interior de cada canteiro para não haver danos ao plástico (Figura 2B). O sistema para drenagem do excesso da solução nutritiva foi composto por tubos corrugados de polietileno com 50 mm de diâmetro, dispostos ao longo dos canteiros e recobertos com uma manta geotêxtil com fins de evitar a passagem de partículas de solo para o interior dos tubos corrugados (Figura 2C).

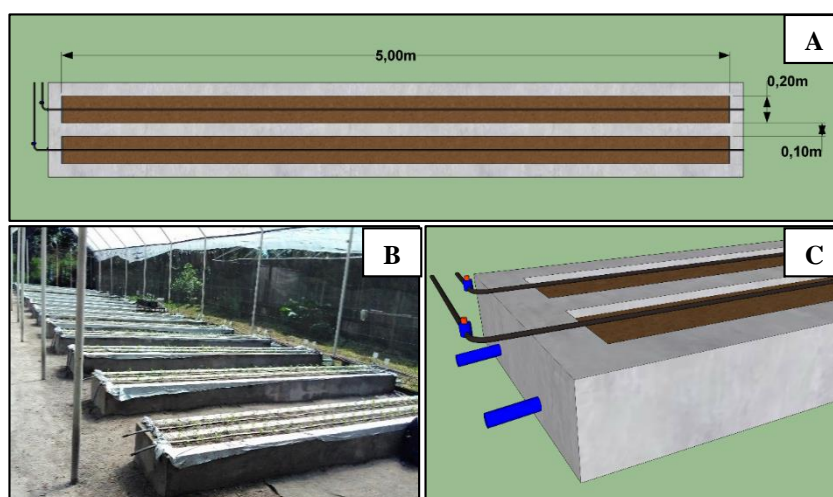


Figura 2. Esquema da parcela experimental (A), interior do ambiente protegido com a visualização das parcelas recobertas com o filme plástico (B) e detalhes do sistema de drenagem (C), Recife, 2018.

Diariamente foram monitorados dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar (máxima, mínima e média), no interior da casa de vegetação, utilizando um sensor de temperatura e de umidade relativa do ar, modelo DHT11, instalado no centro da casa de vegetação a 2,0 m de altura em relação a superfície do solo. Este sensor foi controlado por um microcontrolador Arduino.

Os registros de temperaturas coletados durante o experimento indicaram que no interior da casa de vegetação a temperatura máxima (Temp. Máx.) atingiu 34,35 °C e a temperatura mínima (Temp. Mín.) atingiu 25,66 °C (Figura 3A). Em relação a umidade relativa do ar, foram registrados valores médios de 92,22 e 55,90% para as umidades máxima (UR Máx.) e mínima (UR Mín.), respectivamente, durante todo o ciclo de cultivo (Figura 3B).

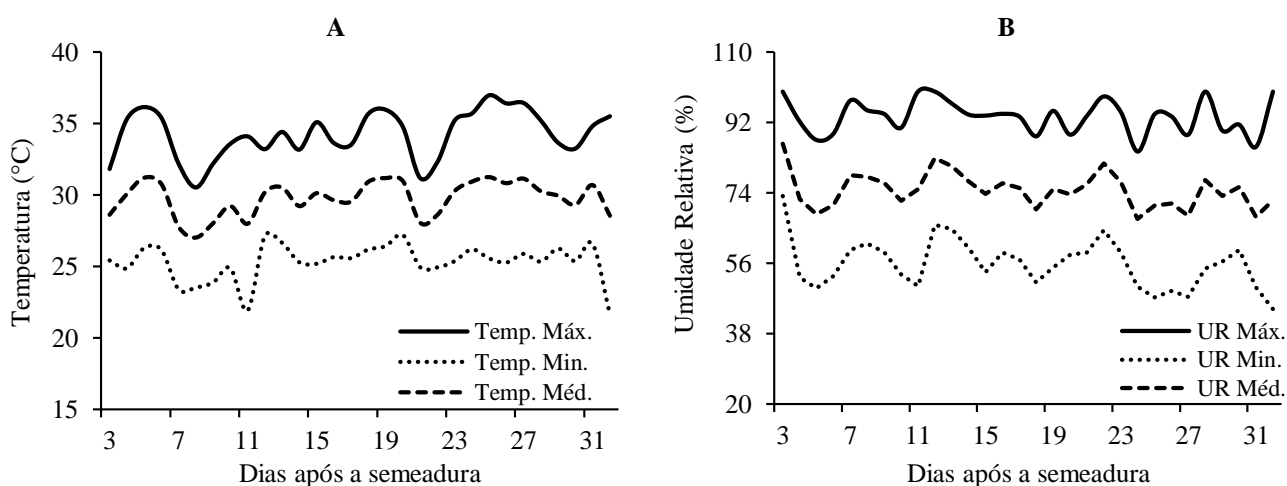


Figura 3. Temperatura máxima (Temp. Máx.), mínima (Temp. Mín.) e média (Temp. Méd.) do ar dentro da casa de vegetação (A) e umidade relativa máxima (UR Máx.), mínima (UR Mín.) e média (UR Méd.) do ar dentro da casa de vegetação (B) ao longo do ciclo de cultivo da cultura do coentro, Recife, 2018.

As características químicas e físicas do solo utilizado para o preenchimento dos canteiros, antes da implantação do experimento, determinadas analiticamente, encontram-se apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado para o preenchimento dos canteiros, Recife, 2018

Química												
pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	SB	CTC	t	V	M.O.
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----g kg ⁻¹					
5,1	2,0	0,30	0,22	0,01	0,01	0,2	4,68	0,54	5,22	0,74	10,34	9,69
Física												
Areia	Silte	Argila	Textura	Ds	Dp	θ _{CC}	θ _{PMP}					
-----g kg ⁻¹ -----			-	-----g cm ⁻³ -----		-----m ³ m ⁻³ -----						
904	32	64	Arenosa	1,50	2,50	0,10	0,09					

*SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; V: Saturação por bases; M.O: Matéria Orgânica; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partículas; θ: Umidade volumétrica.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5, sendo o primeiro fator dois tipos de aplicação da fertirrigação (fertirrigação por pulsos e contínua) e o segundo fator cinco lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (ET_c) (40, 60, 80, 100 e 120% da ET_c), com três repetições, totalizando 30 parcelas experimentais (Figura 4). Para a condição de aplicação da fertirrigação por pulsos foram definidos seis pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas irrigações.

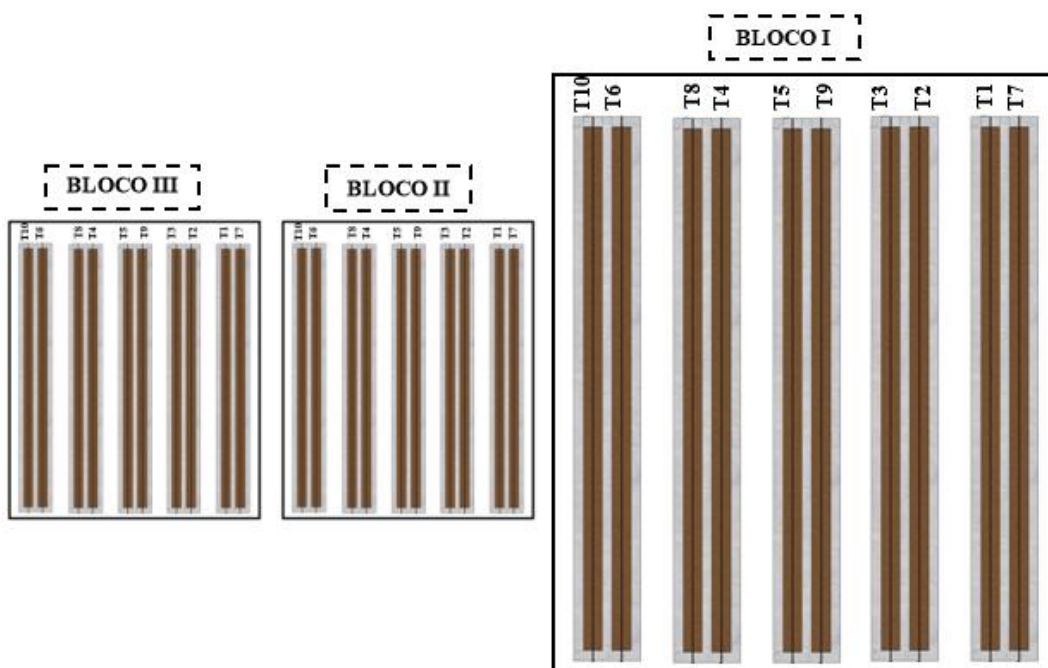


Figura 4. Croqui do experimento, demonstrando a distribuição das parcelas e dos blocos na área experimental, Recife, 2018.

Para a determinação da ET_c , foram instalados 16 lisímetros de drenagem no interior da casa de vegetação. Os lisímetros foram constituídos por vasos de polietileno com capacidade para 5 litros, preenchidos com o mesmo solo usado nas parcelas experimentais e organizados em três filas numa bancada a 0,50 m de altura, onde os quatro lisímetros do centro foram escolhidos para a realização das leituras diárias. Com base na média diária do balanço hídrico dos lisímetros foi obtida a necessidade hídrica diária da cultura e, posteriormente, a lâmina de irrigação diária aplicada (Figura 5).



Figura 5. Estrutura dos lisímetros de drenagem instalados no interior da casa de vegetação Recife, 2018.

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto por fitas gotejadoras (DN 16 mm) com emissores espaçados a 0,30 m e vazão nominal de $0,60 \text{ L h}^{-1}$, que atendiam as parcelas experimentais individualmente. Para facilitar a distribuição da água de acordo com os pulsos e com as lâminas de reposição da ET_c foram utilizados registros, válvulas solenoides, regulador de pressão (regulada em 10,0 m.c.a), microcontrolador Arduino, filtro de discos e uma eletrobomba centrífuga de eixo horizontal (0,5 CV).

A obtenção do tempo de irrigação de cada tratamento foi feita considerando-se a lâmina bruta de irrigação, obtida pela relação entre a ET_c e a eficiência nominal de aplicação (95%) do sistema de irrigação por gotejamento. A aplicação dos tratamentos iniciou-se aos 13 dias após a semeadura (DAS) quando a cultura apresentava homogeneidade de estabelecimento nas parcelas. O circuito eletrônico de controle do Arduino foi responsável por comandar automaticamente o parcelamento da lâmina bruta de irrigação bem como o cálculo dos tempos de aplicação de cada pulso de acordo com cada tratamento, iniciando diariamente as 09:00h da manhã.

Para fins de correção da acidez do solo e a neutralização do Al trocável, 60 dias antes da implantação da cultura realizou-se uma calagem com calcário calcítico, aplicando-se 3,5 t ha⁻¹, conforme procedimentos metodológicos preconizados por Cavalcanti et al. (2008). Foram semeadas diretamente nos canteiros 20 sementes de coentro cultivar Verdão, espaçadas de 0,10 x 0,15 m (Figura 6A). Aos 13 DAS foi realizado o desbaste da cultura deixando-se seis plantas por cova (Figura 6B).



Figura 6. Semeadura (A) e desbaste (B) do coentro cv. Verdão, Recife, 2018.

Os fertilizantes utilizados no preparo da solução nutritiva de acordo com Furlani (1998) foram o nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato monoamônico (MAP), sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% (Tabela 2), preparada em água de abastecimento público, exceto para o fósforo o qual foi aplicado de forma convencional no plantio (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) com base na análise química do solo e conforme Cavalcanti et al. (2008).

Tabela 2. Quantidade de fertilizantes para o preparo de 1000 L de solução nutritiva para o cultivo de culturas folhosas

Fertilizantes	g 1.000 L⁻¹
Nitrato de cálcio	750,00
Nitrato de potássio	500,00
Fosfato monoamônico	150,00
Sulfato de magnésio	400,00
Sulfato de Cobre	0,20
Sulfato de zinco	0,30
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico	1,80
Molibdato de sódio	0,20
Fe-EDTA - 13% Fe	16,00

Os valores médios de condutividade elétrica e de pH da solução nutritiva registrados durante o experimento foram de, respectivamente, 2,10 dS m⁻¹ e 6,23. Visando-se verificar a uniformidade de distribuição do sistema de irrigação, foram realizadas avaliações no início e no final do experimento segundo metodologia descrita por Merriam e Keller (1978). Para uma pressão média de funcionamento de 10 m.c.a a vazão média dos gotejadores foi de 0,55 L h⁻¹. O coeficiente de uniformidade de distribuição da solução nutritiva para o início e para o final do experimento foi de 98,20 e 97,09%, respectivamente.

O experimento teve duração de 34 dias, período em que as plantas atingiram o ponto de consumo *in natura* representado pelo pleno desenvolvimento vegetativo e os primeiros indícios de início da fase reprodutiva. Até os 12 DAS, correspondentes a fase de germinação e estabelecimento da cultura, a irrigação foi realizada em todas as parcelas repondo 100% da ETc.

Para a determinação das lâminas de fertirrigação foi estabelecido uma variação de 20% a partir do menor valor definido que foi de 40% da evapotranspiração da cultura (ETc). Dessa forma os níveis das lâminas de fertirrigação corresponderam a 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc, obtendo-se um consumo total de água ao final do ciclo de 54,4; 72,0; 89,6; 107,2 e 124,8 mm respectivamente.

Ao final do experimento (22 dias após a aplicação dos tratamentos) foram coletadas 48 plantas (8 covas, 6 plantas cova⁻¹) na área útil da parcela que correspondeu 0,5 m², tendo esta coleta sido realizada de forma aleatória. O material vegetal coletado foi levado ao laboratório, onde as plantas foram lavadas em água deionizada e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e, em seguida, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar (65 °C) até a obtenção de peso constante.

Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica de precisão (0,01 g) para a determinação do acúmulo de massa seca (MS) em função dos tratamentos, sendo os resultados expressos em g cova⁻¹. Em seguida, foram processadas em moinho tipo Willey com peneira de 2 mm e armazenadas para posterior quantificação das concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn).

A extração dos nutrientes foi realizada por via úmida, onde, para o N procedeu-se a digestão em sistema aberto usando bloco digestor como fonte de calor e a mistura de ácido sulfúrico (H₂SO₄), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e mistura digestora para digerir a matéria seca, e para os demais nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn e Zn a digestão foi realizada em sistema fechado usando forno micro-ondas como fonte de calor e ácido nítrico (HNO₃) concentrado para digerir a matéria seca conforme Silva (2009).

A quantificação dos teores de N total foi realizada pelo método de arraste de vapor (Kjeldahl); potássio pelo método de fotometria de chamas; fósforo pelo método colorimétrico molibdo-vanadato; enxofre pelo método turbidimétrico do sulfato de bário; e, cálcio, magnésio, ferro, cobre, manganês e zinco foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, seguindo procedimentos metodológicos descritos por Bezerra Neto e Barreto (2011).

Os resultados das análises químicas forneceram as concentrações dos nutrientes e para a quantificação do acúmulo destes, multiplicou-se a concentração pela massa seca das plantas obtida por cova (parte aérea e raízes).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, homocedasticidade e análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Quando constatado efeito significativo para o teste F, os dados obtidos foram desdobrados sendo realizada análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade para verificar o ajuste dos valores de acúmulo de massa seca e de nutrientes às lâminas de reposição da evapotranspiração, considerando-se os tipos de aplicação de fertirrigação utilizados (fertirrigação por pulso e contínua). Para comparar os tipos de aplicação de fertirrigação em cada lâmina de reposição da evapotranspiração foi aplicado o teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada em quatro critérios: efeito não significativo do desvio de regressão, significância dos parâmetros da equação de ajuste ($P < 0,05$), maior valor de coeficiente de determinação (R^2) e explicação biológica para cada variável em função dos tratamentos avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se por meio da análise de variância (Tabela 3) que a produção de massa seca (MS) na cultura do coentro foi influenciada de forma isolada pelos tipos de aplicação de fertirrigação e pelas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura. Em relação ao acúmulo de macro e de micronutrientes pela cultura, constatou-se efeito da interação entre os fatores (tipos de aplicação de fertirrigação versus lâminas de reposição da ETc) sobre os acúmulos de manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn). Por outro lado, os acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S) e ferro (Fe) foram

influenciados pelos fatores de forma isolada, já o acúmulo de magnésio (Mg) foi influenciado apenas pelas lâminas de fertirrigação.

Tabela 3. Análise de variância para a produção de massa seca (MS) e acúmulo de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (Fe, Mn, Cu e Zn) na cultura do coentro cv. Verdão, em função dos tipos de aplicação de fertirrigação e de lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), Recife, 2018

FV	GL	Quadrado Médio						
		Macronutrientes						
		MS	N	P	K	Ca	Mg	S
Tipos de Apli. (T)	1	1,315**	2,8.10 ^{-3**}	1,1.10 ^{-4**}	2,4.10 ^{-3**}	6,6.10 ^{-5*}	8,8.10 ^{-8ns}	1,4.10 ^{-5**}
Lâminas (L)	4	1,197**	1,7.10 ^{-3**}	6,8.10 ^{-5**}	4.10 ^{-3**}	4,3.10 ^{-4**}	1,9.10 ^{-5**}	1,9.10 ^{-5**}
T x L	4	0,007 ^{ns}	2,1.10 ^{-5ns}	7,8.10 ^{-7ns}	3,6.10 ^{-5ns}	2,1.10 ^{-5ns}	3.10 ^{-6ns}	2,2.10 ^{-7ns}
Blocos	2	0,003 ^{ns}	1,2.10 ^{-5ns}	6,4.10 ^{-7ns}	6.10 ^{-6ns}	5.10 ^{-6ns}	1,3.10 ^{-7ns}	3,4.10 ^{-8ns}
Resíduo	18	0,007	9.10 ⁻⁶	4,3.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻⁷	1,9.10 ⁻⁸
CV	%	3,94	4,30	4,61	5,63	5,26	5,01	7,10

FV	GL	Micronutrientes			
		Fe	Mn	Cu	Zn
		Tipos de Apli. (T)	1	0,188**	0,120 **
Lâminas (L)	4	0,055**	0,042**	7,8.10 ^{-5**}	0,024**
T x L	4	8,8.10 ^{-4ns}	0,002**	1.10 ^{-6*}	5,2.10 ^{-4*}
Blocos	2	2,9.10 ^{-4ns}	5.10 ^{-5ns}	3,7.10 ^{-8ns}	1,1.10 ^{-4ns}
Resíduo	18	6,2.10 ⁻⁴	1,4.10 ⁻⁴	3,5.10 ⁻⁷	1,3.10 ⁻⁴
CV	%	4,79	3,75	4,38	4,85

^{ns}: não significativo; ** e *: significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente.

O efeito das lâminas de fertirrigação e dos tipos de aplicação dessas lâminas sobre a produção de massa seca (MS) no coentro pode ser verificado por meio da Figura 7. Para a produção de MS no coentro em função das lâminas de fertirrigação, ajustou-se o modelo quadrático (Figura 7A), tendo a lâmina de reposição da ETc de 96,7% sido a estimada pelo modelo que proporcionou a máxima produção de MS seca na cultura (2,29 g cova⁻¹). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Lira et al. (2015) que avaliando a cultura do coentro sob diferentes níveis de umidade no solo, verificaram que os maiores valores de massa seca da parte aérea foram obtidos com a umidade de 100% da capacidade de contêiner, evidenciando a importância da manutenção da umidade do solo próximo da capacidade de contêiner para o desenvolvimento dessa variável de crescimento.

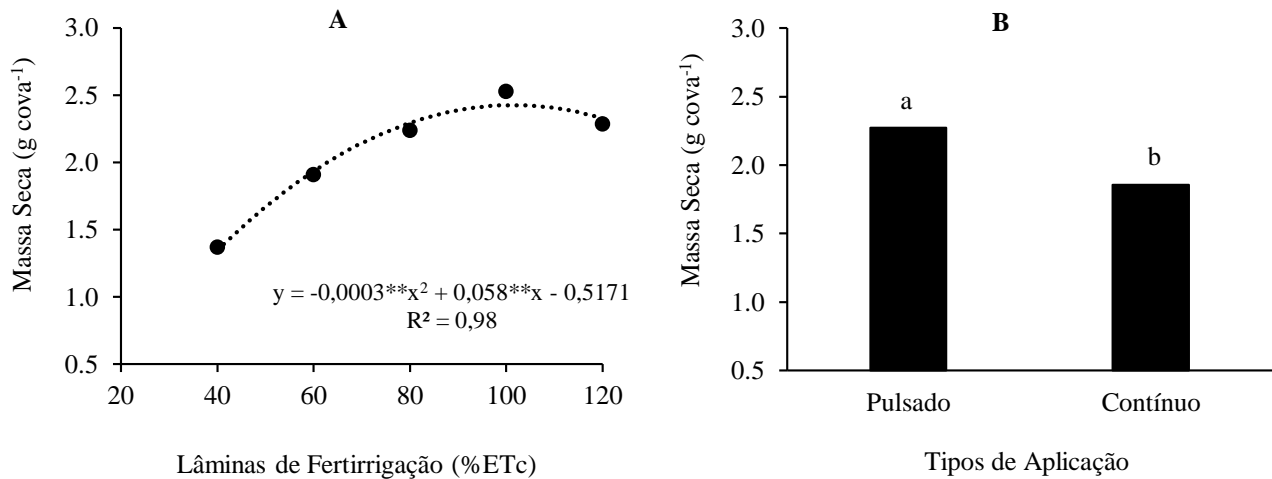


Figura 7. Efeito das lâminas (A) e dos tipos de aplicação de fertirrigação (B) sobre o acúmulo de Massa Seca (MS) na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Becari (2015) observou que, com o aumento da disponibilidade de água para a cultura da rúcula os valores de matéria seca acumulada seguiram uma tendência linear crescente, onde o maior valor de matéria seca foi obtido para a maior quantidade de água aplicada (120% da capacidade de campo). Esses resultados mostram-se coerentes, pois o estresse hídrico atua diretamente sobre as plantas, ocasionando a redução da turgescência das células, influenciando negativamente, sobretudo na fase inicial de expansão celular, na qual a presença da água faz-se fator limitante para a ocorrência dos inúmeros processos fisiológicos que levam a formação dos tecidos (SOARES et al., 2011) e, conseqüentemente, ao aumento da matéria seca pelas plantas.

Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se na Figura 7B, que a fertirrigação pulsada foi a que proporcionou o maior acúmulo de MS pela cultura (2,28 g cov⁻¹), com incremento de 18,4% em relação a fertirrigação contínua (1,86 g cov⁻¹). Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Assouline et al. (2006) os quais estudando o efeito da irrigação pulsada e contínua sobre a cultura do pimentão verificaram que o maior acúmulo de matéria seca foi obtido com a irrigação pulsada.

Verifica-se por meio da Figura 8 a análise do efeito das lâminas de fertirrigação sobre o acúmulo de nitrogênio (N) (8A) e de fósforo (P) (8C) e dos tipos de aplicação dessas lâminas sobre o acúmulo desses nutrientes (N) (8B) e (P) (8C).

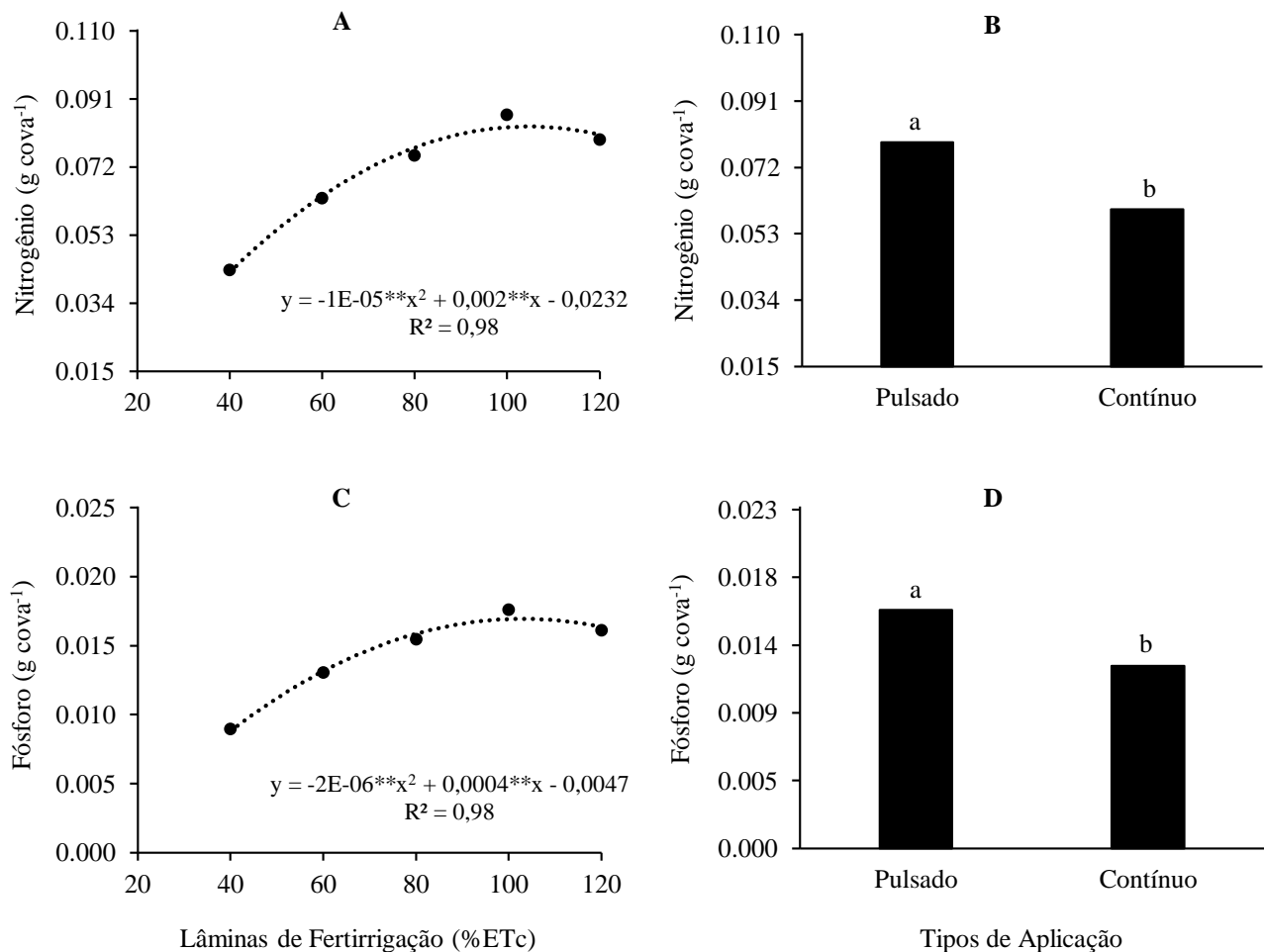


Figura 8. Análise do efeito das lâminas de fertirrigação (A) e dos tipos de aplicação (B) no acúmulo de nitrogênio (N) e efeito das lâminas de fertirrigação (C) e do tipo de aplicação (D) sobre o acúmulo de fósforo (P), na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

De acordo com a análise de regressão o modelo quadrático ajustou-se aos dados de acúmulo de nitrogênio em função das lâminas de fertirrigação (Figura 8A), tendo o acúmulo máximo de N ($0,077 \text{ g cov}^{-1}$) sido estimado com a lâmina correspondente a 100% da ETc, revelando um incremento de 87,8% sobre a menor lâmina de 40% da ETc. Grangeiro et al., (2011) avaliando a nutrição mineral da cultura do coentro em sistema de adubação convencional obtiveram valores de $0,062 \text{ g cov}^{-1}$, estando estes, abaixo dos constatado nesse estudo. Pode-se atribuir esse maior acúmulo de nitrogênio pela cultura do coentro ao uso da fertirrigação em relação a adubação convencional.

Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se por meio da Figura 8B, que o acúmulo de nitrogênio foi maior quando as plantas foram fertirrigadas por pulsos,

obtendo-se um valor de 0,079 g cova⁻¹, tendo-se verificado um incremento de 31,7% em relação a aplicação contínua. Assouline et al. (2006) observaram que, na cultura do pimentão a irrigação pulsada também favoreceu o acúmulo de N em folhas velhas.

Em relação ao acúmulo de fósforo (P) no coentro em função das lâminas de fertirrigação, observa-se na Figura 8C que o modelo quadrático ajustou-se aos dados, no qual o máximo acúmulo de P (0,015 g cova⁻¹) foi estimado com a aplicação da lâmina de 100% da ETc, revelando um incremento de 87,5% sobre a lâmina de 40% da ETc. Estudando o efeito da irrigação no acúmulo de fósforo em cafeeiro, Dominghetti et al. (2014) constataram que a reposição com 100% da ETc proporcionou os maiores acúmulos foliar de P.

O maior acúmulo de P pela cultura foi obtido com a aplicação da fertirrigação por pulsos, tendo-se obtido um acúmulo de 0,016 g cova⁻¹, já com a aplicação da fertirrigação contínua o valor obtido foi de 0,012 g cova⁻¹ (Figura 8D), o que representa um incremento de 33,3% no acúmulo desse nutriente. Grangeiro et al. (2011) obtiveram um acúmulo de P de 0,021 g cova⁻¹ em folhas de coentro, diferindo com os resultados obtidos no presente trabalho. O P é um nutriente que apresenta baixa mobilidade e solubilidade no solo, correlacionando-se positivamente com a aplicação de água, no entanto, quando há aplicação de água em excesso pode haver a lixiviação desse nutriente. Segundo Assouline et al. (2006), a disponibilidade e a absorção de fósforo são favorecidas pela alta frequência de irrigação.

Verifica-se por meio da Figura 9 a análise do efeito das lâminas de fertirrigação sobre o acúmulo de potássio (K) (9A) e de cálcio (Ca) (9C) e dos tipos de aplicação dessas lâminas sobre os acúmulos desses nutrientes (K) (9B) e (Ca) (9C).

Para acúmulo de potássio (K) em função das lâminas de fertirrigação ajustou-se o modelo quadrático (Figura 9A) com acúmulo máximo de 0,096 g cova⁻¹, estimado para a lâmina correspondente a 87,5% da ETc, incremento de 88,2% sobre a lâmina de 40% da ETc. Em seus estudos com a cultura da rúcula, Becari (2015) observou que, lâminas de irrigação superiores a 100% da capacidade de campo reduz o acúmulo de K.

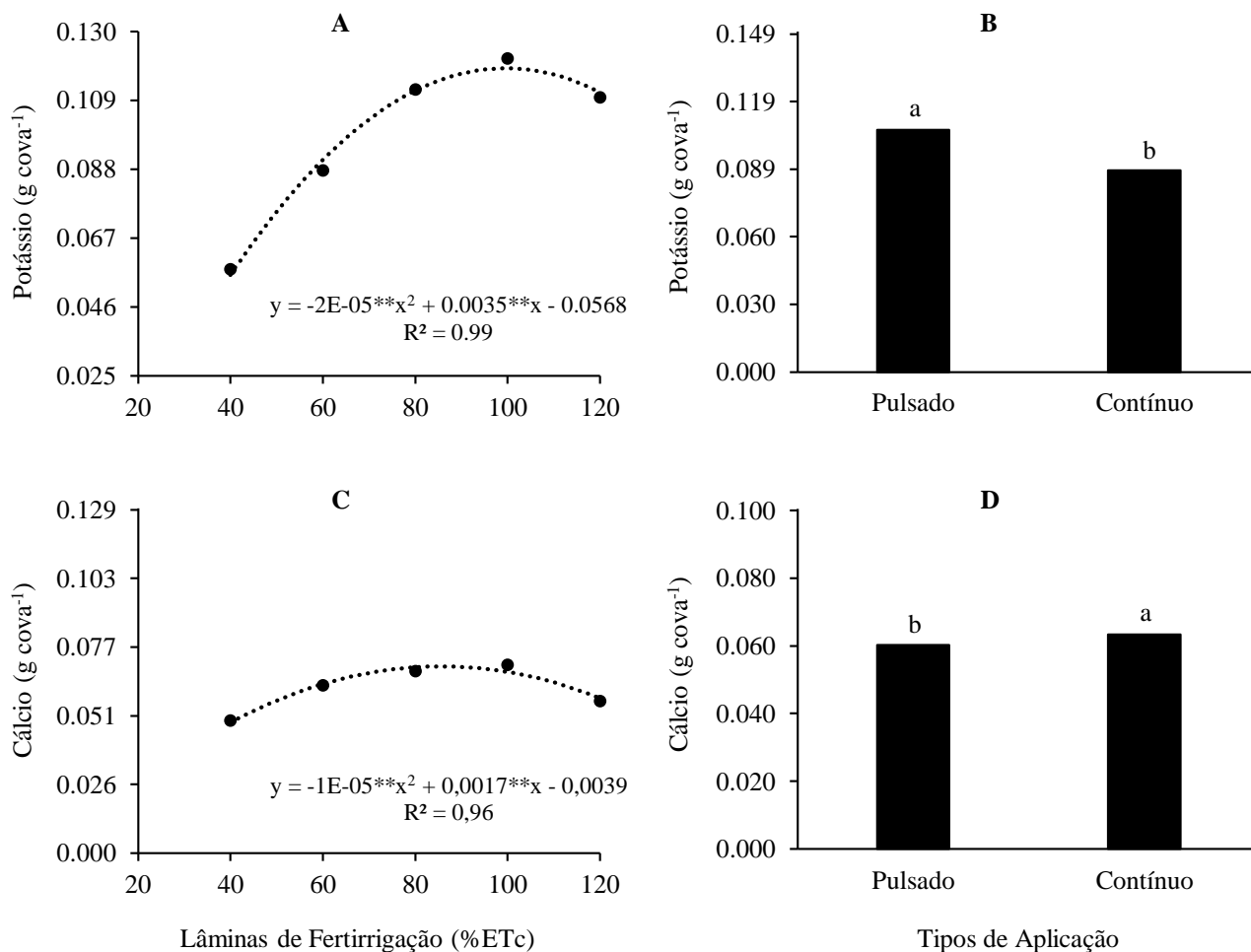


Figura 9. Análise do efeito das lâminas de fertirrigação (A) e dos tipos de aplicação (B) sobre o acúmulo de potássio (K) e efeito das lâminas de fertirrigação (C) e do tipo de aplicação (D) no acúmulo de cálcio (Ca), na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Observa-se por meio da Figura 9B, que a fertirrigação por pulsos proporcionou o maior acúmulo de potássio pela cultura ($0,107 \text{ g cov}^{-1}$), revelando incremento de 20,2% em relação ao tipo de aplicação de fertirrigação contínua. Assouline et al. (2006) observaram que, na cultura do pimentão a irrigação pulsada não influenciou no acúmulo de K. Grangeiro et al. (2011) observaram que o potássio foi o nutriente mais absorvido pelo coentro cv. Verdão, com acúmulo máximo de $0,153 \text{ g cov}^{-1}$. Ainda de acordo os autores, o potássio, mesmo não fazendo parte de nenhum composto orgânico, participa de processos fundamentais para a planta como a fotossíntese, desempenhando ainda importantes funções na planta como ativação enzimática, síntese de proteínas, transporte de carboidratos, entre outros, sendo, portanto, fundamental para o crescimento, desenvolvimento e produção da cultura.

Em relação acúmulo de cálcio (Ca) no coentro em função das lâminas de fertirrigação ajustou-se aos dados o modelo quadrático (Figura 9C). O acúmulo máximo estimado de Ca foi de 0,068 g cova⁻¹ na lâmina de 85% da ETc, incremento de 41,7% sobre a lâmina de 40% da ETc. Becari (2015) observou que a cultura da rúcula sob estresse hídrico acumulou maiores concentrações de Ca na lâmina correspondente a 120% da capacidade de campo de um solo arenoso, diferindo dos resultados obtidos nesse estudo. Possivelmente, os menores acúmulos de Ca constatados neste trabalho com a aplicação das maiores lâminas de reposição da ETc devem-se ao efeito de diluição desse nutriente. Este efeito é caracterizado quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente.

De acordo com Fontes (2001), o conhecimento dos fatores capazes de influenciar a concentração de nutrientes na planta é muito importante, tendo em vista que em todos os métodos de interpretação do resultado da análise foliar usa-se a concentração do nutriente como referencial. Assim, todos os fatores que proporcionam mudanças diferenciadas nos valores das taxas de crescimento e absorção dos nutrientes, acarretam diferentes concentrações do nutriente no tecido vegetal, caso a taxa de crescimento seja nula, isto é, havendo paralisação do crescimento da planta e o nutriente continua a ser absorvido, ocorrerá a concentração do nutriente; se porém, ocorrer o oposto, ou seja, rápido crescimento da planta, e o nutriente estiver sendo absorvido em menor taxa, dar-se-á à diluição (MAIA et al., 2005).

Quanto ao efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se na Figura 9D, que o maior acúmulo de Ca foi registrado para a aplicação de fertirrigação contínua, tendo-se obtido um valor de 0,063 g cova⁻¹. A aplicação da fertirrigação pulsada proporcionou acúmulo máximo de 0,060 g cova⁻¹, revelando um incremento de 5% para a fertirrigação contínua em relação à pulsada. Assouline et al. (2006) avaliando o acúmulo de Ca pela cultura do pimentão obtiveram resultado diferente ao constatado neste estudo para o acúmulo deste nutriente, os quais verificaram que não houve diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua sobre o acúmulo de Ca nas folhas do pimentão. Resultado superior ao deste estudo foi encontrado por Grangeiro et al. (2011) que estudando o acúmulo de nutrientes na cultura do coentro sob adubação convencional, obtiveram um acúmulo máximo de Ca de 0,122 g cova⁻¹.

Para o efeito das lâminas de fertirrigação sobre o acúmulo de magnésio (Mg) ajustou-se o modelo quadrático (Figura 10). O acúmulo máximo estimado de Mg foi de 0,0143 g cova⁻¹ na lâmina de 85,5% da ETc, incremento de 41,60% sobre a lâmina de 40% da ETc.

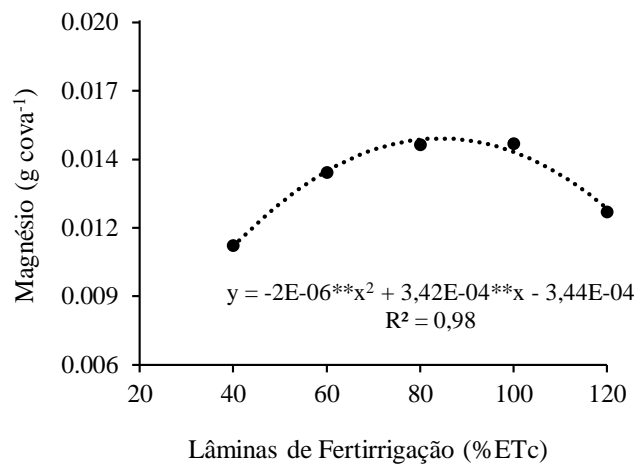


Figura 10. Análise do efeito das lâminas de fertirrigação sobre o acúmulo de magnésio (Mg), na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Esses resultados evidenciam que a alta mobilidade do Mg no solo pode ter contribuído para uma maior lixiviação do nutriente e, conseqüentemente, ter acarretado em redução de acúmulo com a aplicação de lâminas superiores a 86% da ETc. A esse respeito, Becari (2015) cultivando rúcula observou que, quanto maior foi a lâmina de água aplicada menor foi a quantidade de Mg acumulada pela cultura. Grangeiro et al. (2011) estudando o acúmulo de nutrientes na cultura do coentro sob adubação convencional, obtiveram resultado superior ao deste estudo, aonde o acúmulo máximo Ca pela cultura foi de 0,0612 g cova⁻¹.

Verifica-se por meio da Figura 11 a análise do efeito das lâminas de fertirrigação (A) e dos tipos de aplicação dessas lâminas (B) sobre o acúmulo de enxofre (S). Em relação ao efeito das lâminas de fertirrigação, observa-se que para os dados ajustou-se o modelo quadrático tendo-se estimado um valor máximo de S de 0,0068 g cova⁻¹ com a aplicação da lâmina correspondente a 108% da ETc, incremento de 67,7% sobre a menor lâmina estudada (40% da ETc). Tal como constatado neste trabalho, Becari (2015) observou que repondo 100% da capacidade de campo de um solo de textura arenosa favoreceu o acúmulo de S na cultura da rúcula.

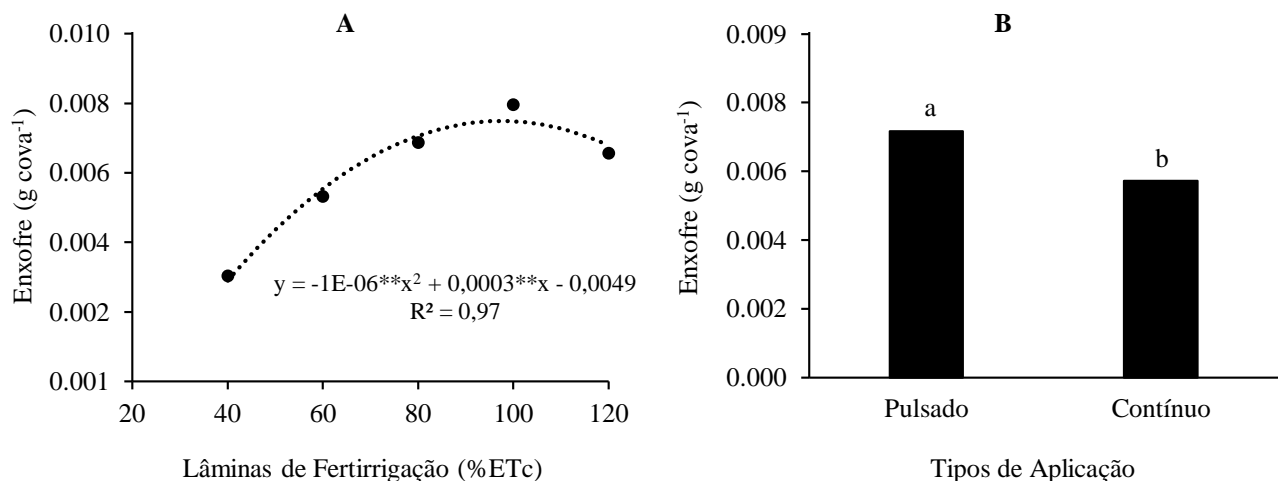


Figura 11. Análise do efeito das lâminas de fertirrigação (A) e dos tipos de aplicação (B) sobre o acúmulo de enxofre (S) na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

De acordo com a Figura 11B, a fertirrigação por pulsos proporcionou o maior acúmulo de enxofre pela cultura do coentro (0,0068 g cova⁻¹), revelando incremento de 23,6% em relação ao tipo de aplicação de fertirrigação contínua. Em um resultado inferior ao desta pesquisa, Pereira et al. (2012), por ocasião do teste de emergência em plantas de coentro, determinaram um acúmulo de S em coentro da cultivar verdão de 0,0001 g cova⁻¹.

Com relação ao acúmulo de macronutrientes no final do experimento (34 DAS) pela cultura do coentro, tanto com a aplicação de fertirrigação pulsada quanto com a aplicação de fertirrigação contínua, a ordem decrescente dos nutrientes foi K>N>Ca>P>Mg>S. Grangeiro et al. (2011) obtiveram a seguinte ordem decrescente de macronutrientes para a cultura da coentro K<Ca<N<Mg<P. Costa (2017), Kano et al. (2012) e Raij et al. (1996) obtiveram uma ordem decrescente de extração de macronutrientes pela cultura da alface de: K>N>Ca>P>Mg>S.

Constata-se por intermédio da Figura 12 o efeito da interação entre as lâminas de reposição da ETc e os tipos de aplicação de fertirrigação sobre os acúmulos de manganês (Mn) (A), cobre (Cu) (B) e zinco (Zn) (C). De acordo com a análise do desdobramento do fator lâminas de reposição da ETc dentro do fator tipos de aplicação de água, houve diferença significativa para ambos os tipos de aplicação de fertirrigação, tanto para o acúmulo de Mn quanto para os acúmulos de Cu e Zn.

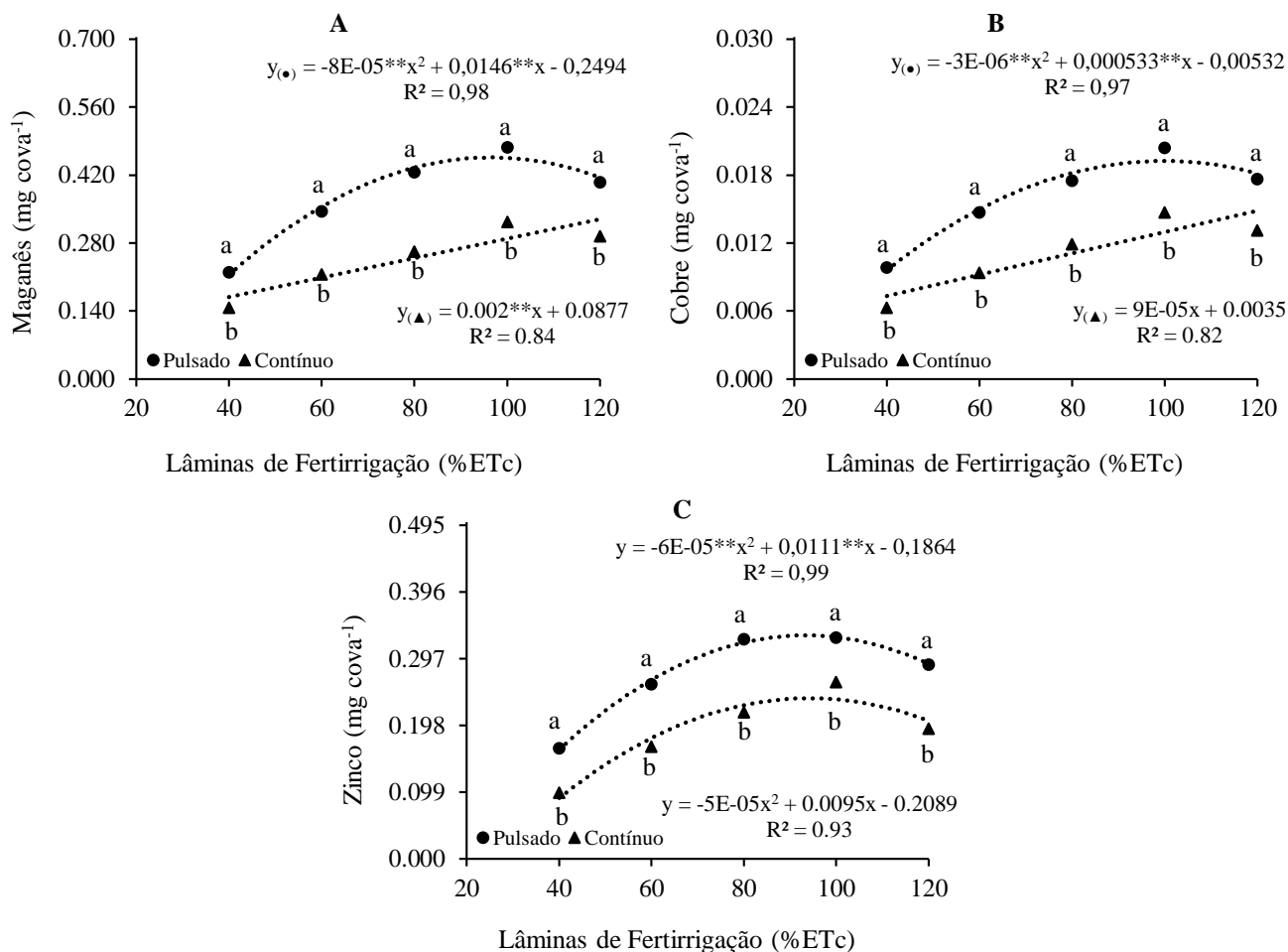


Figura 12. Desdobramento da interação entre os fatores para o acúmulo de manganês (Mn) (A), cobre (Cu) (B) e zinco (Zn) (C) na cultura do coentro cv. Verdão submetido a lâminas de reposição da ETc e a tipos de aplicação de fertirrigação, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

A lâmina de fertirrigação pulsada que proporcionou o acúmulo máximo de manganês (Mn) pela cultura do coentro ($0,417 \text{ mg cov}^{-1}$) foi a de 91,25% da ETc (Figura 12A), revelando incremento percentual de 50,36 sobre a lâmina de 100% da ETc. Para os dados referentes a aplicação da fertirrigação contínua ajustou-se o modelo linear crescente, onde o acúmulo máximo de Mn ($0,328 \text{ mg cov}^{-1}$) foi obtido com a aplicação da lâmina de 120% da ETc, revelando um incremento percentual de 0,002 para cada aumento unitário da lâmina de fertirrigação. De maneira semelhante para a cultura da rúcula, Becari (2015) observou que o acúmulo de Mn foi maior quando aplicou-se uma irrigação equivalente a 90% da capacidade de campo de um solo de textura arenosa.

Desdobrando os tipos de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc, observa-se que houve diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua em todas as lâminas de reposição da ETc avaliadas, revelando incrementos de 7,0; 42,7; 64,1; 62,9 e 23,2% para as lâminas de 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente, no acúmulo de Mn para o tipo de aplicação de fertirrigação pulsada.

Para os dados relativos ao acúmulo de cobre (Cu) em função das lâminas de reposição da ETc dentro do tipo de aplicação de fertirrigação pulsada ajustou-se o modelo quadrático (Figura 12B), tendo o máximo acúmulo do nutriente (0,0184 mg cova⁻¹) sido obtido com a lâmina de 88,83% da ETc, revelando um incremento de 64,3% sobre a lâmina de 40% da ETc. Para o tipo de aplicação de fertirrigação contínua (Figura 12B), ajustou-se o modelo linear crescente com acúmulo máximo de Cu de 0,0143 mg cova⁻¹ na lâmina de 120% da ETc, revelando um incremento percentual de $9 \cdot 10^{-5}$ para cada aumento unitário das lâminas de fertirrigação.

Becari (2015) observou que não houve diferença significativa entre as quantidades de água aplicada sobre o acúmulo de Cu em rúcula. Lima et al. (2016) avaliando os impactos nutricionais na cultura do pimentão submetido a deficiência hídrica, observaram que nos frutos o acúmulo de Cu aumentou em relação a redução da disponibilidade de água para as plantas, resultado diferente ao obtido neste estudo.

Para o desdobramento dos tipos de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc (Figura 12B), houve diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua em todas as lâminas de reposição da ETc avaliadas, revelando incrementos no acúmulo de Cu para o tipo de aplicação de fertirrigação pulsada de 34,7; 55,5; 56,4; 46,9 e 38,8% para as lâminas de 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente.

De acordo com os dados do acúmulo de Zn sob efeito das lâminas de reposição da ETc dentro da aplicação da fertirrigação pulsada, ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 12C), onde o acúmulo máximo obtido foi de 0,327 mg cova⁻¹, na lâmina correspondente a 92,5% da ETc, revelando um incremento de 50,6% sobre a lâmina de 40% da ETc. Ainda de acordo com a Figura 12C, verifica-se que com a aplicação da fertirrigação contínua o acúmulo máximo do nutriente (0,242 mg cova⁻¹) foi obtido com a aplicação da lâmina de 95% da ETc, revelando um incremento de 62,5 % sobre a lâmina de 40% da ETc. Becari (2015) observou que a quantidade de Zn acumulado na parte aérea de rúcula apresentou os maiores valores na umidade equivalente 60 e 100% da capacidade de retenção de água do solo e lâminas superiores a essa diminuíram o acúmulo desse nutriente.

Desdobrando os tipos de aplicação de fertirrigação dentro de cada lâmina de reposição da ETc (Figura 12C), observa-se diferença significativa entre a irrigação pulsada e a contínua em todas as lâminas de reposição da ETc avaliadas, com constatação de incrementos da ordem de 43,8; 31,4; 37,2; 34,4 e 33,6% para as lâminas de 40, 60, 80, 100 e 120% da ETc, respectivamente, no acúmulo de Zn para o tipo de aplicação de fertirrigação pulsada.

De acordo com a Figura 13A, pode-se constatar que para os dados do acúmulo de ferro (Fe) na cultura do coentro em função das lâminas de fertirrigação aplicadas ajustou-se o modelo quadrático crescente.

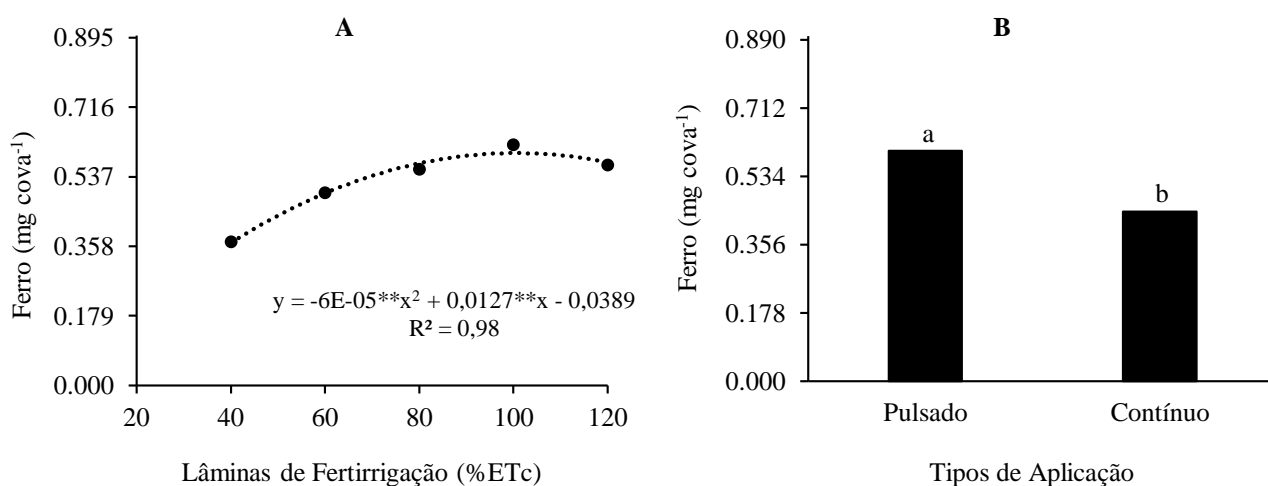


Figura 13. Análise do efeito das lâminas de fertirrigação (A) e dos tipos de aplicação (B) sobre o acúmulo de ferro (Fe), na cultura do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido, Recife, 2018. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os tipos de aplicação de fertirrigação (pulsado e contínuo) pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$).

Ainda de acordo com a Figura 13A, pode-se constatar que o acúmulo máximo do nutriente (0,633 mg cova⁻¹) foi obtido com a aplicação da lâmina correspondente a 105,8% da ETc, incremento de 58,9% sobre a menor lâmina estudada (40% da Etc). Cultivando rúcula, Becari (2015) observou que em lâminas acima de 100% da capacidade de campo de um solo arenoso, a quantidade de Fe acumulada foi maior e significativamente diferente das demais lâminas inferiores a esse valor.

Para o efeito dos tipos de aplicação de fertirrigação, observa-se na Figura 13B, que o maior acúmulo de Fe (0,600 mg cova⁻¹) foi obtido com a aplicação de fertirrigação pulsada, e revelando um incremento de 35,8% em relação ao acúmulo constatado para a fertirrigação contínua (0,442 mg cova⁻¹). Diferindo deste estudo, Assouline et al. (2006) estudando a cultura

do pimentão observaram que não houve influência da irrigação pulsada no acúmulo de Fe tanto em folhas jovens quanto em folhas velhas.

A ordem decrescente do acúmulo de micronutrientes no final do experimento (34 DAS) pela cultura do coentro, tanto para aplicação de fertirrigação pulsada quanto para a aplicação de fertirrigação contínua, foi: Fe>Mn>Zn>Cu. Para a cultura da alface essa mesma ordem de acúmulo de micronutrientes foi obtida pelos autores Furlani (1998) e Kano et al. (2012).

CONCLUSÕES

As lâminas de reposição da ETc influenciaram positivamente o acúmulo de massa seca e de todos os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn) estudados na cultura do coentro.

A fertirrigação por pulsos promoveu os maiores acúmulos de massa seca, N, P, K, Fe, Mn, Cu e Zn, e reduziu o acúmulo de Ca pela cultura.

Os maiores acúmulos de K, Mn, Cu e Zn foram obtidos com a aplicação da fertirrigação pulsada combinada com lâminas de reposição da ETc inferiores a 100%.

O acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro em ambos os tipos de aplicação de fertirrigação decresceu na seguinte ordem: K > N > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > Zn > Cu.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. F. Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana. 2012. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia de água e Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. Stuttgart, v. 22, n. 2, p. 711-728, 2014.

ASSOULINE, S.; MOLLER, M.; COHEN, S.; BEN-HUR, M.; GRAVA, A.; NARKIS, K.; SILBER, A. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: Bell pepper – Case study. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 70, n. 5, p. 1556–1568, 2006.

BECARI, G. R. G. Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico. 2015. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP. 2015

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. Análises químicas e bioquímicas em plantas. 1 ed. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267 p.

BHAT, S.; KAUSHAL, P.; KAUR, M.; SHARMA, H. K. Coriander (*Coriandrum sativum L.*): Processing, nutritional and functional aspects. African Journal of Plant Science, Nairobi, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2014.

CAVALCANTI, F. L. A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R.; LEITE, J. P.; SILVA, M. C. L.; FREIRE, F. J.; SILVA, D. J.; SOUSA, A. R.; MESSIAS, A. S.; FARIA, C. M. B.; BURGOS, N.; LIMA JÚNIOR, M. A.; GOMES, R. V.; CAVALCANTI, A. C.; LIMA, J. F. V. F. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco. 2ª aproximação. 3 ed. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA, 2008. 212 p.

COSTA, C. G. Uso de composto de resíduos da unidade de alimentação e nutrição do IFMG – Campus São João Evangelista na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*). 2017. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Minas Gerais. São João Evangelista - MG. 2017.

DAFLON, D. S. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 32, n. 1, p. 28-34, 2014.

DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; SILVA, D. R. G.; CARVALHO, J. P. S.; PEREIRA, V. A. Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1235-1240, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FONTES, P. C. R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. 1 ed. Viçosa: UFV, 2001. 122 p.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT. 1. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30 p. (Boletim Técnico IAC, 168).

GRANGEIRO, L. C.; FREITAS, F. C. L.; NEGREIROS, M. Z.; MARROCOS, S. T. P.; LUCENA, R. R. M.; OLIVEIRA, R. A. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Normal Climatológica do Brasil 1981-2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 03/07/2018.

KANO, C. CARDOSO, A. I. N.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. Revista Biotemas, Santa Catarina, v. 25, n. 3, p. 39-47, 2012.

LIMA, G. S.; BROETTO, F.; SOUSA, A. P.; CORREIA, J.S.; SILVA, A. O. Impactos nutricionais e produção de pimentão submetido à deficiência hídrica. Irriga, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 724-735, 2016.

LIRA, R. M.; SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, J. S.; BARROS, M. S.; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. Revista Geama Environmental Sciences, Recife, v. 1, n. 3, p. 293-303, 2015.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), p. 292-295, 2005.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. 3 ed. Logan: Utah State University. 1978. 271 p.

PEREIRA, M. F. S.; LINHARES, P. C. F.; MACARAJÁ, P. B.; LIMA, G. K. L.; MADEIROS, G. S. Composição nutricional de cultivares de coentro por ocasião do teste de emergência de plântulas. Revista Verde, v. 7, n. 5, p. 01-05, 2012.

PRATS, A.; PICÓ, S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. Agricultural Water Management, Amsterdam, v. 169, n. 1, p. 52-60, 2016.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. H.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC. 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.

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

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. V. S.; ARAÚJO, T. T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. Revista Verde, Pombal, v. 6, n. 3, p. 203-212, 2011.

SOUZA, H. A.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M.; ROZANE, D. E.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C. Folha diagnóstica para avaliação do estado nutricional do feijoeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1243-1250, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados apresentados nessa dissertação sobre o efeito da fertirrigação por gotejamento pulsado e contínuo no estado nutricional e acúmulo de nutrientes pela cultura do coentro, infere-se que a técnica de irrigação por pulsos pode ser utilizada na produção dessa hortaliça em associação com lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura inferiores ao equivalente a 100% do valor estimado diariamente, tido como real necessidade hídrica da cultura, de modo que, não haverá comprometimento do estado nutricional da cultura tornando-se possível uma produção satisfatória com redução no consumo de água.

As informações acerca da nutrição mineral do coentro obtidas com este estudo tornam-se importantes por fazerem referência à valores de teor e acúmulo nutricional escassos ou inexistentes na literatura, de maneira que, a partir desses resultados torna-se possível ter parâmetros de comparação para estudos posteriores e ainda possibilitar a oferta de informações necessárias para um manejo nutricional adequado dessa cultura pelos produtores.

Alguns aspectos desse estudo podem nortear pesquisas futuras, principalmente em relação a técnica de irrigação por pulsos, como por exemplo: avaliar um número maior de pulsos e de intervalos entre pulsos, obtendo-se assim, informações confiáveis e precisas a respeito do comportamento das plantas e ainda da umidade do solo ao longo da aplicação. Estudo do comportamento fisiológico e produtivo das plantas fertirrigadas por gotejamento pulsado e contínuo. Efeitos da aplicação de pulsos em associação com águas de qualidade inferior.