

**VALENTIN RUBÉN ORCÓN ZAMORA**

**GOTEJAMENTO POR PULSOS SOB CINCO LÂMINAS DE  
FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO COENTRO**

**RECIFE - PE**

**2018**

**VALENTIN RUBÉN ORCÓN ZAMORA**

**GOTEJAMENTO POR PULSOS SOB CINCO LÂMINAS DE  
FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO COENTRO**

Dissertação 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.

Orientador: Prof. Dr. Manassés Mesquita da Silva

RECIFE - PE

2018

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

O64g Orcón Zamora, Valentin Rubén  
Gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de  
fertirrigação na  
produtividade da cultura do coentro / Valentin Rubén Orcón  
Zamora. – 2018.  
90 f. : il.

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

Inclui referências e apêndice(s).

1. *Coriandrum sativum* L. 2. Irrigação deficitária  
3. Produtividade 4. Relações hídricas 5. Irrigação parcelada  
I. Silva, Manassés Mesquita da, orient. II. Título

CDD 631

**GOTEJAMENTO POR PULSOS SOB CINCO LÂMINAS DE  
FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO COENTRO**

VALENTIN RUBÉN ORCÓN ZAMORA

Dissertação defendida e aprovada em 19 de fevereiro de 2018.

Orientador:

---

Manassés Mesquita da Silva, Prof. Dr.  
DEAGRI - UFRPE

Examinadores:

---

José Amilton Santos Júnior, Prof. Dr.  
DEAGRI - UFRPE

---

Dimas Menezes, Prof. Dr.  
DEPA - UFRPE

---

Claudio Augusto Uyeda, Prof. Dr.  
DDE - IFPE

Aos meus pais Valentin e Irma, pela vida, amor, educação e formação para a vida; à minha família e amigos do Brasil pelo carinho e apoio incondicional.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado a graça da vida e a oportunidade de concretizar o mestrado num país tão maravilhoso como Brasil;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por minha formação acadêmica;

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

Ao meu orientador Manasses Mesquita da Silva, pela orientação, confiança, paciência e sobre tudo amizade;

Aos professores do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela transferência de conhecimentos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pelo apoio financeiro;

Aos funcionários Programa de Pós-Graduação em Engenharia agrícola;

A professora Laercia Rocha Fernandes Lima, pelos conselhos nos momentos certos;

Em especial aos grandes amigos Adiel da Silva Cruz e Anízio Honorato Godoy Neto, pelo amizade, apoio e parceria;

Aos colegas e amigos de turma Fernanda, Fernando, Andrey, Fredd, Frederico, José Edson, Daiane, Jessyka, Keila, Bruno, Pedro, Ailton, Iug, Cèlia, Daniela, Diego, Tadeu, Breno, Leandro, Roberta e aos demais, muito obrigado por tudo;

Em especial a minha mãe de coração Marcia Diaz e minha família brasileira Maria Teresa, Gustavo, Julia, Adenilzo, Jossie, Maria e toda a família Diaz pelo carinho, proteção, conselhos e lar;

À equipe do experimento, Sirleide, Henrique, Anna Cecilia, Jully, Rafaella, Elisabette, pela ajuda continua que possibilito a conclusão da pesquisa.

## Sumário

RESUMO .....	vi
CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	xi
1.1. INTRODUÇÃO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. Objetivo geral.....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
CAPITULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Irrigação por gotejamento pulsado ou intermitente .....	5
2.2. Eficiência de aplicação e uso da água .....	9
2.3. Uniformidade de distribuição da água .....	10
2.4. Manejo da irrigação.....	11
2.5. Déficit hídrico nas culturas .....	12
2.6. A cultura do coentro.....	14
2.7. REFERÊNCIAS .....	16
CAPITULO III – ARTIGOS PRODUZIDOS .....	25
GOTEJAMENTO POR PULSOS E DIFERENTES NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA LÂMINA DE FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO COENTRO .....	26
RESUMO .....	26
1. INTRODUÇÃO .....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4. CONCLUSÕES .....	49
5. REFERÊNCIAS.....	49
RELAÇÕES HÍDRICAS SOB APLICAÇÃO DO GOTEJAMENTO POR PULSOS NA CULTURA DE COENTRO E PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA .....	53
RESUMO .....	53
1. INTRODUÇÃO .....	55
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
4. CONCLUSÕES .....	69
5. REFERÊNCIAS.....	69
CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
APÊNDICE .....	75

## RESUMO

Tecnologias que minimizem o uso da água, potencializando a utilização dos sistemas de irrigação localizados e que ao mesmo tempo mantenham ou aumentem a produtividade das culturas irrigadas são desejáveis. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido sob a hipótese de que o uso da irrigação por pulsos pode ser associado à irrigação deficitária e ainda assim manter ou melhorar a produtividade da cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.). Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito do gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade e relações hídricas da cultura do coentro. A pesquisa foi realizada nas dependências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em ambiente protegido. Os tratamentos constituíram-se de dois tipos de aplicação (pulsos e contínua) e cinco lâminas de fertirrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da ETc). Na irrigação por pulsos adotou-se o parcelamento da lâmina em seis pulsos de irrigação com intervalos de 60 minutos de repouso. A Evapotranspiração de cultivo foi determinada de maneira direta em lisímetros de drenagem. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições, totalizando dez tratamentos e trinta unidades experimentais. Foram analisadas a massa fresca e seca da parte aérea e raiz, percentagem da massa seca da parte aérea e raiz, altura de parte aérea e comprimento de raiz, além das variáveis índice de estresse hídrico, eficiência de uso de água da massa fresca e seca, teor de água na parte aérea e raiz, índice de produção de massa na parte aérea e raiz, razão raiz/parte aérea. Ao final do experimento observou-se a superioridade da aplicação por pulsos para todas as variáveis, podendo atingir produtividades superiores às obtidas por meio da aplicação contínua da fertirrigação. Adotando a estratégia de aplicação por pulsos é possível obter uma economia de aproximadamente 40% de água na produção comercial na fase vegetativa da cultura do coentro.

**Palavras-chave:** *Coriandrum sativum* L., irrigação deficitária, produtividade, relações hídricas, irrigação parcelada.

## ABSTRACT

Technologies that minimize the use of water, enhancing the use of localized irrigation systems while maintaining or increasing the productivity of irrigated crops are desirable. In this sense, the present work was developed under the hypothesis that the use of pulsed irrigation can be associated with deficient irrigation and still maintain or improve the productivity of the coriander crop (*Coriandrum sativum* L.). Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of pulse drip under five irrigation water depths on the productivity and water relations of coriander crop. The research was carried in the dependencies of the Rural Federal University of Pernambuco, in a protected environment. The treatments consisted of two types of application (pulses and continuous) and five irrigation water depths (40, 60, 80, 100 and 120% of ET<sub>c</sub>). In pulsed irrigation, splitting the water depth in six irrigation pulses with 60-minute intervals of rest. The crop evapotranspiration was determined directly in drainage lysimeters. The experimental design was randomized blocks in 2 x 5 factorial scheme, with three replications, totaling ten treatments and thirty experimental units. The fresh and dry mass of the aerial part and root, percentage of dry mass of the aerial part and root, aerial part height and root length were analyzed, as well as the variables of water stress index, fresh and dry mass water use efficiency, water content in aerial part root, mass production index in aerial part and root, and root /aerial part ratio. At the end of the experiment the superiority of the pulsed application for all the variables was observed, being able to reach productivities superior to the continuous application. By adopting the strategy of pulse application it is possible to obtain an economy of approximately 40% of water in the commercial production in the vegetative phase of the coriander culture.

**Key words:** *Coriandrum sativum* L., deficit irrigation, productivity, water relations, split irrigation.

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média, ao longo do experimento.....	30
<b>Figura 2.</b> Detalhe das unidades experimentais.....	30
<b>Figura 3.</b> Disposição dos blocos e tratamentos na área experimental.....	31
<b>Figura 4.</b> Disposição dos vasos para lisimetria.....	32
<b>Figura 5.</b> Esquema de funcionamento do controle automático ARDUINO. ....	33
<b>Figura 6.</b> Evolução das lâminas aplicadas por tratamento.....	35
<b>Figura 7.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa fresca da parte aérea - MFPA de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	38
<b>Figura 8.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa fresca da raiz - MFR de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	40
<b>Figura 9.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa seca da parte aérea - MSPA de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	41
<b>Figura 10.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa seca da raiz - MSR de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	42
<b>Figura 11.</b> Efeito das lâminas de fertirrigação na percentagem da massa seca na parte aérea (%MSPA) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. ....	43
<b>Figura 12.</b> Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação na percentagem da massa seca da raiz - %MSR (A e B) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	44
<b>Figura 13.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para altura da planta - AP de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	46
<b>Figura 14.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para produtividade (A e B) de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	48
<b>Figura 15.</b> Efeito das lâminas de fertirrigação no índice de estresse hídrico (IEH) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. ....	62
<b>Figura 16.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para eficiência do uso da água da massa fresca - EUAFF de coentro cv. Verdão	

cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ). .....	63
<b>Figura 17.</b> Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para eficiência do uso da água da massa fresca - EUAFF de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ). .....	64
<b>Figura 18.</b> Efeito das lâminas de fertirrigação no teor de água na parte aérea (TAPA) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias.....	65
<b>Figura 19.</b> Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no teor de água na raiz - TAR (A e B) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ). .....	66
<b>Figura 20.</b> Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no índice de produção de massa na parte aérea - IPMPA (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ). .....	67
<b>Figura 21.</b> Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no índice de produção de massa na raiz - IPMR (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ).....	68
<b>Figura 22.</b> Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação na razão raiz/parte aérea - rR/PA (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, $P < 0,05$ ). .....	69

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Análise química do solo utilizado no experimento. ....	31
<b>Tabela 2.</b> Solução nutritiva de Furlani para 1000 L para cultura de folhosas.....	34
<b>Tabela 3.</b> Lâminas de fertirrigação acumulada aplicadas por tratamento. ....	35
<b>Tabela 4.</b> Análise química do solo utilizado no experimento. ....	57
<b>Tabela 5.</b> Lâminas de fertirrigação aplicadas por tratamento. ....	59

# **CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## 1.1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso cada vez mais escasso, especialmente para a agricultura, devendo-se procurar seu aproveitamento ótimo e sustentável, isto só é possível com a aplicação de novas tecnologias e uma correta gestão da operação dos sistemas de irrigação. Neste sentido, a irrigação por gotejamento apresenta muitas vantagens como economia da água pela eficiência inerente ao sistema, menores perdas de água no subsolo, possibilidade de fracionamento dos fertilizantes aplicados com a água de irrigação, controle mais eficiente do volume de rega, baixo consumo de energia e de mão de obra, mantendo sempre o solo em condições ideais de umidade (Naandanjain irrigation, 2017), favorecendo o incremento da produtividade das culturas.

No entanto, o gotejamento seja uma técnica eficiente, são necessárias medidas complementarias para suprir a escassez da água. Assim os agricultores têm muitas vezes que escolher entre opções como: reduzir a área irrigada ou utilizar irrigação deficitária. Esta última consiste na aplicação de lâminas inferiores às ideais para satisfazer às necessidades hídricas da cultura. As investigações sobre a irrigação com déficit hídrico têm permitido um aumento da eficiência do uso da água, pois a adoção de estratégias neste sentido pode ser capaz de reduzir a quantidade de água aplicada, causando um mínimo impacto na produção (Martin et al., 2012). Assim aplicar lâminas inferiores ou deficitárias combinadas com uma irrigação por pulsos, afeta minimamente à evapotranspiração, mantendo a produtividade e retorno econômico.

A irrigação por pulsos ou intermitente é uma técnica utilizada há muitos anos, foi inicialmente desenvolvida na irrigação por sulcos e posteriormente utilizada no gotejamento (Rodríguez et al., 2002); consiste na aplicação da lâmina de irrigação em frações (pulsos), denominados "períodos de molhamento", separadas por intervalos de tempo sem irrigação "períodos sem molhamento", de tal maneira que a taxa de aplicação em cada ciclo seja próxima à taxa da evapotranspiração da cultura, gerando uma modificação e melhora nas condições físicas e hidrodinâmicas do solo, tais como aumento da largura e diminuição na profundidade do bulbo molhado, o que se traduz em menores perdas por percolação abaixo do sistema radicular, proporcionando melhoras substanciais na eficiência e uniformidade na aplicação e até mesmo diminuição do índice de entupimento e incremento no rendimento das culturas (Santos et al., 2010; Monserrat et al., 1997; Bakeer et al., 2009).

Atualmente é importante o aperfeiçoamento de uma metodologia para o estabelecimento do número dos pulsos e a duração dos intervalos entre eles. Podendo-se tomar como referência para esta determinação, as condições do solo, clima, cultura, além de considerações técnicas referidas à operação do sistema de irrigação (García-Prats & Guillem-Picó, 2016). Múltiplas experiências foram realizadas ao redor do mundo, testando diferentes combinações de pulsos e intervalos, sendo poucas as desenvolvidas para as condições do Brasil. Evidenciando-se de maneira geral os efeitos benéficos para as diversas culturas, sendo clara também a necessidade de mais pesquisas nesta linha para as condições locais, onde a disponibilidade hídrica é cada vez mais limitante.

A aplicação dos pulsos na irrigação pode ser feita para qualquer cultura irrigada por gotejamento ou não, especialmente as hortaliças que tem alto valor econômico. Dentre estas culturas encontra-se o coentro, *Coriandrum sativum* L., hortaliça folhosa, de rápido crescimento e reconhecida importância social e econômica para muitos países (Carrubba, 2009).

No Brasil, o coentro é muito requerido para a culinária, medicina e cosméticos. O cultivo é realizado predominantemente no norte e nordeste do país, onde é parte importante da renda da agricultura familiar (Oliveira et al., 2005).

Neste contexto, considerando a importância do coentro como fonte de renda para a agricultura familiar e a necessidade de se procurar novas tecnologias que potencializem um manejo mais eficiente da irrigação por gotejamento, objetivou-se realizar uma pesquisa para avaliar o efeito do gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade da cultura do coentro.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Avaliar o efeito do gotejamento por pulsos sob cinco lâminas de fertirrigação na produtividade e relações hídricas da cultura do coentro em ambiente protegido.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar o efeito da fertirrigação por pulsos sobre a produtividade comercial na fase vegetativa do coentro sob quatro lâminas deficitárias e uma lâmina de excesso.
- Avaliar o efeito da fertirrigação por pulsos sobre a eficiência de uso da água.
- Avaliar o efeito da fertirrigação por pulsos sobre as principais relações hídricas da cultura do coentro.

**CAPITULO II – REVISÃO DE  
LITERATURA**

## **2.1. Irrigação por gotejamento pulsado ou intermitente**

A irrigação por gotejamento é amplamente difundida e utilizada em todo o mundo com sucesso apreciável. Usando este método apenas uma parte do volume de solo próximo à planta é molhado, deixando a outra parte da área sem irrigar, o que se traduz em uma maior eficiência de aplicação pela menor quantidade de água evaporada do solo e também de água aplicada, permitindo atingir melhoras significativas no rendimento das culturas. Para o uso correto da tecnologia de irrigação localizada é essencial conhecer os parâmetros técnicos de aplicação da água (taxa de descarga, aplicação contínua ou intermitente), sobre a dinâmica da umidade do solo e na percolação profunda sob a zona de raiz (Elmaloglou & Diamantopoulos, 2008).

A irrigação por gotejamento, por suas características de aplicação, pequenas vazões e altas frequências, apresenta vantagens consideráveis que influenciam nos principais indicadores de eficiência, dentre elas a uniformidade de distribuição de água na parcela irrigada (Burt & Styles, 2011). A uniformidade pode ser comprometida devido ao dimensionamento hidráulico incorreto do sistema ou problemas na instalação do equipamento no campo; o entupimento dos emissores também diminui a uniformidade de distribuição de água, sendo um problema grave, por seu custo oneroso na limpeza ou substituição dos emissores entupidos (Coelho, 2007).

O uso de técnicas que tornem possível uma correta aplicação de água, minimizando perdas ou problemas como o entupimento de emissores e que proporcionem a aplicação próxima às taxas da evapotranspiração são desejáveis. Assim, é recomendada a técnica da aplicação parcelada da lâmina de irrigação, também conhecida como irrigação por pulsos, que consiste na interrupção cíclica da aplicação da água, ou seja, alternando períodos com e sem irrigação. A melhora na uniformidade de distribuição e da eficiência, ocorre pela diminuição da taxa de infiltração e modificação das condições físicas e hidrodinâmicas da camada superficial do solo, ocasionando uma desagregação das partículas do solo, fechando os poros com as pequenas partículas assim liberadas (Santos et al., 2010), podendo alcançar regimes de umidade semelhantes às que resultam de baixas taxas de aplicação contínuas (Al-Naeem, 2008; Phogat et al., 2013).

Outro efeito claramente visível devido ao uso desta técnica é a diminuição do índice de entupimento nos gotejadores, que segundo Abdelraouf et al. (2012), pode ser

devido à turbulência criada nas tubulações pelos pulsos aplicados, o que evita a acumulação de partículas nas saídas dos emissores; este efeito é acrescentado pela diminuição do número de horas de funcionamento contínuo do sistema. Segundo Al-Naeem (2008), o entupimento também pode ser reduzido pela utilização de gotejadores com maiores vazões, conjuntamente com a aplicação da irrigação por pulsos. Este efeito aumenta de maneira proporcional ao incremento do número de pulsos aplicados.

Uma característica importante da técnica de irrigação por pulsos, é que a quantidade de água e o tempo total de aplicação, são iguais à de um sistema de irrigação contínuo, porém dividido em fases ou ciclos, definidos no momento da operação (García-Prats & Guillem-Picó, 2016). Considerando este critério de operação, é importante diferenciar entre turno de rega e irrigação por pulsos, o primeiro refere-se ao intervalo de tempo, em dias, entre duas irrigações sucessivas, mesmo que em alguns casos esse intervalo possa ser menor que um dia, e o segundo refere-se à prática de irrigação composta por uma série de ciclos de irrigação, em que cada ciclo inclui duas fases: uma fase de operação por um curto período de tempo, seguido por uma fase de repouso e mais um curto período de irrigação subsequente, e esse ciclo de ligado/desligado segue até que toda a água de irrigação seja aplicada (Almeida, 2012b, Okasha et al., 2015).

As vantagens econômicas da aplicação desta técnica foram demonstradas por García-Prats & Guillem-Picó (2016), que aplicando irrigação por pulsos em perímetros irrigados que operam sob demanda, observaram uma economia em potência, consumo de energia e custos de eletricidade. Concluíram que a adoção de técnicas que combinem baixas taxas de descarga, tempos de irrigação mais longos, altas frequências e irrigação por pulsos, proporcionam um potencial de economia de energia, especialmente em perímetros irrigados que operam sob demanda. Phogat et al. (2013), demonstraram que sob condições de déficit hídrico constante, a técnica de irrigação por pulsos é uma opção promissora para melhorar a eficiência de irrigação, fornecendo uma resposta benéfica para culturas hortícolas, ademais de manter a produtividade e lucratividade.

Experimentos desenvolvidos por Warner et al. (2009), na cultura de tomateiro, testando os efeitos da irrigação por pulsos, demonstraram que esta técnica pode reduzir efetivamente o uso da água em até 40%. Efeitos similares foram encontrados por

Bakeer et al. (2009), Abdelraouf et al. (2012), Almeida (2012a), Eid et al. (2013) e Almeida et al. (2015b), que testando a aplicação de diferentes número de pulsos nas culturas da batata, alface, soja e abobrinha italiana respectivamente, obtiveram incrementos acentuados no rendimento das culturas testadas; a estes resultados somam-se os incrementos na eficiência do uso da água, podendo economizar até 25% da água sem diminuir a produtividade, tendo uma melhor resposta enquanto o número de pulsos aplicado seja maior.

Soares et al., (2017), estudando o efeito de altas frequências de irrigação (1, 3, 7, 13 e 21 pulsos) e diferentes coberturas mortas nas características físicas de frutos de goiabeiras, concluíram que a utilização de maior número de pulsos de irrigação (21 pulsos) proporcionou melhores respostas quanto à espessura da casca e diâmetro da polpa dos frutos da goiabeira.

Vyrlas & Sakellariou (2005) experimentando com pulsos na irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura da beterraba açucareira, mencionam a superioridade significativa dos tratamentos sob irrigação por pulsos, indicando uma melhora substancial na produção em um solo argiloso em comparação com a irrigação contínua. Com base nestes resultados é possível afirmar o enorme potencial de economia de água quando se utiliza a técnica de irrigação por pulsos.

Em pesquisa realizada por Seron et al. (2015), testando três níveis de reposição da ETc e quatro níveis de pulsos de irrigação na cultura do pepino, concluíram que a aplicação dos pulsos permite minimizar os efeitos nocivos do déficit hídrico, além de demonstrar que o fracionamento da lâmina de irrigação resulta em incremento da altura de planta.

As melhoras mostradas nos diferentes trabalhos desenvolvidos em torno da utilização dos pulsos na irrigação, em variáveis tais como rendimento da cultura, eficiência de aplicação, uniformidade de distribuição ou índice de entupimento, são decorrentes de uma combinação adequada do número de pulsos e da duração dos intervalos de tempo entre eles, no entanto, a mesma que não tem um padrão estabelecido.

São muitos os trabalhos desenvolvidos ao redor do mundo que testaram diferentes combinações entre número de pulsos e intervalo entre pulsos, uns

desenvolvidos no campo (Bakeer et al., 2009; Almeida, 2012b; Zin El-Abedin, 2006; Vyrlas & Sakellariou, 2005; Cote et al., 2003; Eid et al., 2013; Abdelraouf et al., 2012; Almeida et al., 2015a; Warner et al., 2009; Seron et al., 2015; Soares et al., 2017); outros usando modelagem numérica (Elmaloglou & Diamantopoulos, 2007, 2008, 2009; Phogat et al., 2012; Phogat et al., 2013) e alguns testando suas vantagens no setor energético (García-Prats & Guillem-Picó, 2016). Os que testaram desde 2 até 21 pulsos, e intervalos de 5 até 240 minutos de duração, obtendo de maneira geral resultados promissores, demonstrando que quanto maior o número de pulsos maior será a produtividade e a eficiência do uso da água das culturas, fato que segundo os autores é devido à aplicação da água em uma taxa próxima à evapotranspiração da cultura.

São claros também os efeitos sobre o solo, observando um aumento em largura e diminuição em profundidade do bulbo molhado, o que gera menores perdas por percolação abaixo do sistema radicular (Vyrlas & Sakellariou, 2005; Elmaloglou & Diamantopoulos, 2007, 2008, 2009; Al-Naeem, 2008; Bakeer et al., 2009; Almeida, 2012b; Eid et al., 2013).

A pesar dos resultados promissores sobre as vantagens da aplicação dos pulsos na irrigação, é preciso mencionar algumas observações feitas por pesquisadores como Al-Naeem (2008). O referido autor que relata que a aplicação desta técnica está ligada a um incremento dos custos de implantação do sistema de irrigação, devido à utilização de válvulas automáticas e controladores de irrigação, contudo, sem gerar incrementos sobre os custos de bombeamento. Almeida (2012b), menciona 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 ocorrer deficiência 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. Nestes casos sugere-se como solução o emprego de pequenos setores. Assim também comenta no referido à EUA, que um elevado valor deste índice não necessariamente indica uma produção ideal ao padrão comercial, podendo haver leves quedas neste aspecto.

Almeida et al. (2017), testando o gotejamento por pulsos no crescimento vegetativo da pimenta biquinho, não observou diferença significativa entre os tratamentos, indicando que a possível causa é o maior número de pulsos, que pode

prejudicar o desenvolvimento da cultura, pelo maior fracionamento da lâmina de irrigação. Bakeer et al. (2009), comparando o efeito da irrigação por pulsos e contínua, superficial e subterrânea na cultura da batata, recomenda não trabalhar com lâminas de reposição menores a 50%, pois o parcelamento desta lâmina, já por sim baixa, ligado ao tempo de intervalo, pode ocasionar maior concentração de sais na área radicular, ocasionando diminuição nos rendimentos.

## **2.2. Eficiência de aplicação e uso da água**

O objetivo de um sistema de irrigação é aplicar a água de tal maneira que a maior parte desta fique disponível para o aproveitamento pela planta. Isso significa que a distribuição de água no solo deve proporcionar o desenvolvimento de raízes saudáveis (Van der Stoep & Malan, 2010). Um efeito inerente ao uso da irrigação localizada é a alta eficiência de aplicação de água, possibilitando uma maior precisão na aplicação de água, fertilizantes e defensivos, além da possibilidade do aumento da área irrigada, devido às menores vazões demandadas pelo método (Faria et al., 2002).

Segundo Basso et al. (2008), a eficiência de aplicação da água pode ser muito alta num sistema de irrigação por gotejamento desde que se consiga o controle das fontes de perda (lixiviação, escoamento superficial, evaporação e deriva pelo vento). A eficiência potencial deste sistema de irrigação é frequentemente citada como sendo superior a 90%, no entanto como o mencionado por Smith et al. (2010), a capacidade de atingir níveis elevados da eficiência é mais uma função da gestão do sistema, em vez de uma característica inerente ao sistema em si.

A aplicação eficiente da água equivale a um manejo correto da irrigação, que permite a obtenção de rendimentos elevados e economia da água (Cun et al., 2011). Neste sentido, a irrigação por pulsos apresenta-se como uma maneira promissora para incrementar a produtividade e a eficiência no uso da água pelas culturas, pois baixas eficiências indicam uma perda de água que podem contaminar os lençóis freáticos e/ou águas superficiais degradadas. Abdelraouf et al. (2012) testando irrigação por pulsos sob condições de déficit hídrico na cultura da batata, também observaram um incremento na eficiência de aplicação diretamente proporcional ao número de pulsos aplicados. Resultados similares foram encontrados por Zin El-Abedin (2006) e Bakeer et al. (2009) em comparação com a irrigação contínua.

### **2.3. Uniformidade de distribuição da água**

A determinação da uniformidade de distribuição de água permite conhecer se cada parte do campo está sendo irrigada de forma adequada. Se alguma parte recebe menos água que outra, para irrigar a mais desfavorável sem provocar déficit, haverá outras que receberam um volume adicional de água que não será aproveitada pelo cultivo, provocando uma diminuição da eficiência da irrigação. Ademais, se a fertilização é realizada por meio do sistema de irrigação, à perda de água terá que ser somado a perda de fertilizantes, o que implica um incremento desnecessário do custo econômico e ambiental da atividade (Lozano & Gavilán, 2014).

A uniformidade de distribuição de água define os limites entre os quais é permitido a variação da vazão dos emissores. Na prática, é muito difícil que um sistema de irrigação opere com perfeita uniformidade, uma forma de avaliá-lo é por meio da determinação do coeficiente de uniformidade (Cun et al., 2011).

O coeficiente de uniformidade é um número por meio do qual se percebe a semelhança da quantidade de água aplicada a cada ponto da parcela de irrigação. Se a uniformidade é baixa, existirá maior risco de déficit de água em algumas zonas da parcela irrigada e de percolação profunda em outras (Bohorquez & Ruiz, 2011), isto está diretamente relacionado com o desenvolvimento da cultura, ou seja, para maiores valores deste coeficiente, mais uniforme será o crescimento e desenvolvimento das culturas e proporcionará altos rendimentos agrícolas.

Basso et al. (2008), testando a uniformidade de distribuição de água e o efeito da fertirrigação nitrogenada na cultura de mamão, indicam que as variações no coeficiente de variação de fabricação dos emissores podem influenciar na uniformidade de descarga dos mesmos, mencionam também que o entupimento, a topografia e as perdas de carga interveem na uniformidade.

As variações de uniformidade de distribuição de água afetam os cultivos tanto quando ocorrem acima como abaixo da média das medições, pois variações superiores indicam um excesso de água que afetará a eficiência de irrigação, e as variações inferiores indicam que a planta receberá menos água do que necessita, podendo diminuir a produtividade (Busato & Soares, 2010). A avaliação desenvolvida por Fontela et al. (2009) demonstrou a importância do manejo dos parâmetros de irrigação,

tempo de aplicação e pressão no início das linhas de irrigação e subsequentemente nas parcelas de irrigação, os que influem nos resultados do coeficiente de aplicação e uniformidade.

Incrementos no valor da uniformidade também são possíveis de serem atingidos com a aplicação da irrigação por pulsos, Tais resultados foram demonstrados por Zin El-Abedin (2006), Bakeer et al. (2009) e Abdelraouf et al. (2012), testando diferentes culturas irrigadas por gotejamento, obtendo maior uniformidade frente ao tratamento com irrigação contínua.

#### **2.4. Manejo da irrigação**

Considerando os métodos baseados na estimativa da evapotranspiração de cultivo, as necessidades hídricas da cultura são expressas mediante a taxa de evapotranspiração de cultivo (ETc) em mm/dia ou mm/período. A ETc está relacionada à demanda evaporativa do ambiente, que pode ser expressa pela evapotranspiração de referência (ETo), como forma de predição do efeito do clima sobre o consumo de água da cultura (Doorenbos & Kassan, 2000).

Um método bastante utilizado para determinar a evapotranspiração é o tanque Classe A, mediante o qual é possível estimar a demanda evaporada no ambiente indiretamente (evaporação do tanque), o qual é multiplicado por um coeficiente de correção (coeficiente do tanque, denominado Kp) a ser determinado para as condições locais, considerando dados climáticos como umidade relativa e velocidade do vento (Doorenbos & Kassam, 2000; Bandeira et al., 2011).

Para condições de ambiente protegido o uso dos tensiômetros pode ser vantajoso, realizando a estimativa do potencial matricial diretamente no campo e facilitando o controle das irrigações, sendo previamente elaborada a curva característica de retenção de água no solo. Segundo Cardoso & Klar (2009), as hortaliças cultivadas em solo, num ambiente protegido e irrigadas por gotejamento, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a potenciais de água no solo mais próximas à capacidade de campo, isto é, entre -10,0 kPa e -30,0 kPa, com o sensor instalado a 0,15 m de profundidade.

É importante mencionar que o cálculo da ETc para as condições de ambiente protegido tem variações em comparação ao cálculo para o meio ambiente ao ar livre,

sendo geralmente menor, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos. Sob tais condições o déficit de vapor de água é menor, afetando o crescimento e a produção indiretamente, através da influência na temperatura foliar, condutância estomática e, especialmente, redução na área foliar, uma vez que a transpiração é também responsável pelo transporte de nutrientes para as folhas e outros órgãos, através da seiva do xilema (Cockshull, 1998), além disso o monitoramento agroclimático no interior de ambientes protegidos é difícil em decorrência do espaço reduzido para a instalação de equipamentos (Bandeira et al., 2011).

Além das técnicas e limitações antes descritas, existem outras alternativas como a lisimetria, que apresenta resultados mais satisfatórios. Os lisímetros são estruturas especiais de pesagem e/ou drenagem cujo volume de solo é devidamente isolado, a fim de que todas as entradas e saídas de água desse sistema sejam controladas, medindo diretamente a transpiração ou evapotranspiração a partir da variação das massas (Sentelhas, 2001; Almeida, 2012a).

O conhecimento da quantidade de água consumida durante o ciclo de uma determinada cultura, permite adequar o manejo do sistema de irrigação, evitando excessos e déficits. Para isto se faz necessário efetuar um balanço hídrico que consistente no somatório das quantidades que entram e saem do solo, num intervalo de tempo dado, o resultado é a quantidade líquida de água que nele permanece (Almeida, 2012a). Desta maneira, a lisimetria pelas suas vantagens de operação e facilidade de instalação, especialmente para culturas de pequeno porte e sistema radicular superficial, torna-se como a alternativa plausível para efetuar um manejo da irrigação de culturas de pequeno porte.

## **2.5. Déficit hídrico nas culturas**

Na atualidade se evidencia cada vez mais a carência dos recursos hídricos disponíveis, tendo decréscimos na sua disponibilidade, com o setor agrícola como o mais impactado. Está menor disponibilidade na agricultura se faz tangível com os menores volumes de água aplicados nas culturas, provocando desordenes no crescimento, originado pelas condições de estresse; o maior efeito disto pode-se ver nas hortaliças, que por sua maior riqueza em teor de água, estão sujeitos a murchamento das folhas e partes aéreas, lesões mecânicas, susceptibilidade a ataques

de bactérias e fungos, o que termina em uma queda da produção (Luna, 2012; Kader, 2013).

Uma produção pode ser garantida sob condições ideais de subministro de água, porém, na realidade são constantes as condições de estresse abióticos, que alteram os processos biológicos da planta e dificultam a absorção dos nutrientes, reduzindo expressivamente os rendimentos das lavouras (Albuquerque, 2011; Marouelli, 2011). Segundo Padrón et al. (2015), o déficit hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento dos cultivos, sendo sua frequência e intensidade um dos fatores mais importantes na produção agrícola mundial. Alves et al. (2014) indica que o déficit hídrico, conjuntamente com a salinidade, é um dos fatores abióticos que afetam negativamente a produção das espécies vegetais, nas regiões áridas e semiáridas.

Por outro lado, analisando a irrigação, muitas vezes devido a práticas impróprias de manejo e uso de sistemas com baixa uniformidade de distribuição da água, se geram quedas na produtividade, ao mesmo tempo em que são, geralmente irrigadas em excesso. Observando-se em outros casos que as plantas com frequência são submetidas a condições de déficit hídrico. Neste sentido, é possível incrementar as produtividades das culturas, com um gerenciamento eficiente dos sistemas de irrigação, ou seja, irrigando corretamente, até em condições de lâminas reduzidas da água (Marouelli, 2015).

Abdelraouf et al. (2012), avaliando o efeito da irrigação por pulsos no entupimento de emissores, eficiência de aplicação e produtividade da água na cultura de batata sob condições de agricultura orgânica, observaram que a eficiência do uso da água aumentou de 1,44 kg m<sup>3</sup> na irrigação contínua para 2,36 kg m<sup>3</sup> na aplicação por pulsos, sob aplicação deficitária do 75% dos requerimentos da água, registrando um incremento de 63,9%, concluindo que pode-se economizar até 25% dos requisitos de água por estação.

Segundo Carvalho et al. (2011), o déficit hídrico aplicado corretamente pode trazer vantagens com a diminuição dos custos da irrigação, economia de água e, conseqüentemente efeitos benéficos no que se refere ao meio ambiente. Sendo a frequência e a intensidade do déficit hídrico os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial (Santos & Carlesso, 1998). Isto indica que condições de

déficit vão estar sempre presentes, porém o correto manejo da aplicação da água garantirá que este déficit não afete a produtividade das culturas, podendo inclusive poupar este recurso, por meio do uso de técnicas de aplicação, como o utilizar os pulsos de irrigação, que entregam água à planta gradualmente com redução do risco de perdas por evaporação e infiltração profunda.

## **2.6. A cultura do coentro**

O coentro, *Coriandrum sativum* L., é uma hortaliça herbácea anual cultivada em todo o mundo, principalmente por suas folhas verdes, seu valor comercial é devido ao aroma fresco e agradável típico de seus frutos ("sementes"), que são tradicionalmente utilizadas como tempero em muitos países (Carrubba, 2009), além de sua grande importância como fonte natural para a produção de óleo volátil que tem vários usos na indústria farmacêutica e de alimentos (Hassan & Ali, 2014).

É uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, apesar de ser considerada uma "cultura de quintal", um grande número de produtores está envolvido com sua exploração, tornando-se uma cultura de grande importância socio-econômica, especialmente para o Nordeste brasileiro, tendo preços atrativos para o agricultor (Pereira et al., 2005; Oliveira et al., 2004). É uma das hortaliças cujo cultivo é feito por pequenos e médios produtores, tanto para a produção de massa verde, comercializada em feiras livres e supermercados, como também para a produção de frutos, utilizado nas indústrias alimentícias e cosméticas, garantindo um retorno rápido do capital investido (Oliveira et al., 2005). Desta maneira, constitui-se numa importante fonte de renda para os pequenos produtores locais (Pereira et al., 2015).

É notável a importância econômica desta cultura ressaltando-se a nível mundial pelo incremento acentuado de seus principais indicadores econômicos: valor e volume das importações, exportações e preço médio (Banda et al., 2011).

Para a região nordeste do Brasil existem variedades mais adaptadas ao clima tropical e condições edafoclimáticas da região; são elas: Verdão, Palmeira e Tabocas, que respondem por mais de 80% da área cultivada. Estas variedades apresentam uma fase vegetativa mais precoce (Lima et al., 2007; Wanderley Junior & Nascimento, 2006). A planta tem ciclo vegetativo entre 16 e 18 semanas, podendo dar início à colheita das folhas a partir dos 40 dias após da semeadura para a variedade Verdão. As sementes também podem ser colhidas neste período (Lopez et al., 2014, Lima et al.,

2007), procurando-se manter sua qualidade fisiológica, assim como sua uniformidade (Pereira & Nascimento, 2003).

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 individuais para maior rendimento de semeadura e, em determinados casos, para obter melhoria na germinação (Maciel et al., 2012; Nascimento et al., 2006). A produção de mudas, apesar de ser uma alternativa para minimizar possíveis problemas com baixa germinação, emergência irregular e "stand" desuniforme em cultivo no campo, na hidroponia tem sido amplamente utilizada. Entretanto, não existem trabalhos, na literatura, comparando a eficiência do sistema de semeadura direta em relação ao de produção de mudas de coentro para cultivo em campo (Maciel et al., 2012), tendo autores que mencionam que a cultura não se repõe bem quando é transplantada com raiz desnuda (Morales-Payán et al., 2011).

O rendimento do coentro é muito dependente das condições de fertilidade do solo, obtendo rendimentos variáveis dependendo da fórmula de adubação aplicada, assim temos que Tavella et al. (2010), estudando o cultivo orgânico de coentro, encontraram produtividades de 4.554 até 6.542 kg ha<sup>-1</sup>. Marsaro et al. (2014), avaliando a produção de cultivares de coentro em função de diferentes ambientes telados e campo aberto, obtiveram produtividades de 8.140 e 7.280 kg ha<sup>-1</sup> para as cultivares Verdão e Português. Linhares et al. (2015), avaliando o rendimento do coentro adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação, obtiveram rendimentos máximos de 6.453 e 6.349 kg ha<sup>-1</sup> de massa verde. Oliveira et al. (2003), avaliando o efeito da aplicação de doses crescentes de nitrogênio, sobre o rendimento do coentro, obtiveram um rendimento máximo de massa verde de 54.000 kg ha<sup>-1</sup>, mencionando que este valor superou ao obtido por produtores do estado de Pernambuco (40.000 kg ha<sup>-1</sup>) em cultivo convencional, e sendo semelhante ao obtido por produtores da região Norte (50.000 kg ha<sup>-1</sup>). Oliveira et al. (2004), avaliando o comportamento do coentro submetido a diferentes doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtiveram uma produtividade de 50.550 kg ha<sup>-1</sup> em massa verde. Sendo assim pode se ver a dependência da cultura das condições de fertilidade do solo e dos adubos aplicados sejam químicos ou orgânicos.

Em virtude das condições climáticas da região Nordeste, o coentro sempre é cultivado com uso de irrigação, pois geralmente é uma cultura explorada em pequenas

áreas, sendo utilizada água proveniente de fontes menores, como pequenos açudes e poços (Pereira et al., 2015). A nível comercial para obter maiores rendimentos, é recomendável utilizar irrigação localizada por gotejamento, o que permite uma aplicação oportuna da água, além de atingir uma comprovada maior eficiência do uso da água (Angeli et al., 2016).

Em relação aos requerimentos nutricionais, o coentro absorve relativamente pequenas quantidades de nutrientes, quando comparadas com outras culturas, em função de seu ciclo rápido. Tal exigência torna-se cada vez maior à medida que se aproximam do final do ciclo. Isso porque, após uma fase inicial de crescimento lento, que perdura até cerca de dois terços do ciclo, as folhosas apresentam um rápido acúmulo de matéria seca e, conseqüentemente de nutrientes; podendo com uma adubação orgânica obter uma produtividade razoável (Oliveira et al., 2003), no entanto o nitrogênio (N) deve ser considerado como um fator importante de produção, o fornecimento adequado deste pode ter efeito direto sobre os aspectos de qualidade, composição de compostos voláteis e os seus componentes de produção primária (Angeli et al., 2016), isto juntamente com a aplicação correta do requerimento hídrico da cultura, aumenta a probabilidade de produção máxima (Carrubba, 2009). Quanto ao fósforo, as quantidades exigidas são geralmente baixas, principalmente quando comparadas com o nitrogênio e o potássio (Oliveira et al., 2004).

## 2.7. 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**, 6(3), 807-816, 2012.

ALBUQUERQUE, F.S.; SILVA, E.F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, J.A.C.; NUNES, M.F.N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigado sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(7), 686-694, 2011.

ALMEIDA, C.A.B. *Transpiração em Coffea canephora: lisimetria, fluxo de seiva e balanço hídrico*. 2012a. 113f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

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

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

ALMEIDA, W.F.; LIMA, L.A.; GUIMARÃES, A.L., ANDRADE, R.R. Eficiência do uso da água e produtividade da abobrinha italiana sob o efeito do gotejamento por pulsos. In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, São Paulo, Brasil, 2015b.

ALMEIDA, W.F.; DOS SANTOS, M.M.M.; DE JESUS, A.R., DA SILVA, J.S.; PAZ, V.P.S.; COSTA, J.A. Crescimento vegetativo da pimenta biquinho em função do gotejamento por pulsos. In: IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, XXVI CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – CONIRD, III SIMPOSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE - SBS, Fortaleza, Brasil, 2017.

AL-NAEEM, M. A. Use of pulse trickles to reduce clogging problems in trickle irrigation system in Saudi Arabia. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 11(1), 68-73, 2008.

ALVES, C.Z.; LOURENÇO, F.M.S.; SILVA, J.B.; SILVA, T.R.B. Efeito do estresse hídrico e salino na germinação e vigor de sementes de maxixe. **Revista Interciência**, 39(5), 333-337, 2014.

ANGELI, K.P.; DELAZARI, F.T.; NICK, C.; FERREIRA, M.G.; SILVA, D.J.H. Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(5), 415-420, 2016.

BAKEER G.A.A.; EL-EBABI F.G.; EL-SAIDI M.T.; ABDELGHANY A.R.E. Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. **Misr Journal of Agricultural Engineering**, 26(2), 736-765, 2009.

BANDA, S.L.; CILIA, L.F.; CHAVES, B. Producción de semilla de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo la incidencia de malezas y *Alternaria* Nees. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, 5(2), 279-294, 2011.

BANDEIRA, G. R. L.; PINTO, H. C. S.; MAGALHÃES, P. S.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, S. O. P.; SOUZA, E. R.; SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 29(1), 237-241. 2011.

BASSO, C.; VILLAFANE, R.; TORRES S.; DÍAZ, J. Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de Lechosa (*Carica papaya* L.). **Revista Bioagro**, 20(2), 105-110, 2008.

BOHORQUEZ, J.M.; RUIZ, N. Evaluaciones de riego localizado para conseguir un manejo uniforme y eficiente del agua. **Revista Vida Rural**, 327(1), 46-51, 2011.

BURT, C.M.; STYLES, S.W. **Riego por goteo y microaspersión para árboles, vides y cultivos anuales**. Irrigation Training and Research Center (ITRC), California Polytechnic State University (Cal Poly). San Luis Obispo, California, 2011.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A. Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, 26(5), 739-746, 2010.

CARDOSO, G. G. G.; KLAR, A. E. Potenciais de água no solo na produção da alface. **Irriga**, 14(1), 170-179, 2009.

CARRUBBA, A. Nitrogen fertilisation in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and meta-analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 89(6), 921-926, 2009.

CARVALHO, J.A.; REZENDE, F.C.; AQUINO, R.F.; FREITAS, W.A.; OLIVEIRA E.C. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(6), 569-574, 2011.

COCKSHULL K.E. Plant responses and adaptation to water issues in the greenhouse environment. **Acta Horticulturae**, 379(1), 187-192. 1998.

COELHO, R.D. *Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil*. 2007. 192f. Tese (Livre-Docência), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

COTE, C.; BRISTOW, K.; CHARLESWORTH, P.; COOK, F.; THORBUM, P. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. **Irrigation Science**, 22(1), 143-156, 2003.

CUN, R.; PUIG, O.; MORALES, C.; DUARTE, C. Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en explotación. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, 20(1), 36-39, 2011.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. de H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F.A.V. Damasceno, J.F. de Medeiros. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 2000.

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**, 4(1), 249-261, 2013.

ELMALOGLU, S.; DIAMANTOPOULOS, E. Effects of hysteresis on redistribution of soil moisture and deep percolation at Continuous and pulse drip irrigation. **Agricultural Water Management**, 96(1), 533–538, 2009.

ELMALOGLU, S.; DIAMANTOPOULOS, E. The effect of intermittent water application by surface point sources on the soil moisture dynamics and on deep percolation under the root zone. **Computers and Electronics in Agriculture**, 62(1), 266–275, 2008.

ELMALOGLU, S.; DIAMANTOPOULOS, E. Wetting front advance patterns and water losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. **Computers and Electronics in Agriculture**. 90(1), 160–163, 2007.

FARIA, L.F.; COELHO, R.D.; FECHA, P.A.N.; ROBLES, W.G.R.; VÁSQUEZ, M.A.N. Entupimento de gotejadores e seu efeito na pressão da rede hidráulica de um sistema de microirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 6(2), 195-198, 2002.

FONTELA, C.; SALATINO, S.; MORÁBITO, J.; MIRÁBILE, C.; MAFFEI, J.; MASTRANTONIO, L. Riego por goteo en Mendoza, Argentina: evaluación de la uniformidad del riego y del incremento de salinidad, sodicidad e iones cloruro en el suelo. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, 41(1), 135-154, 2009.

GARCÍA-PRATS, A.; GUILLEM-PICÓ, S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. **Agricultural Water Management**, 169(1), 52-60, 2016.

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**, 13(1), 155-161, 2014.

KADER, A.A. Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork. **Ethiopian Journal of Science and Technology**, 1-8, 2013.

LIMA, J.S.S.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; FREITAS, K.K.C.; BARROS JÚNIOR, A.P. Desempenho agroecômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agronômica**, 38(4), 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 medicinais**, 17(3), 462-467, 2015.

LÓPEZ, G.L.; MAGAÑA, N.L., VÁZQUEZ, C.R. Carta Tecnológica del Cultivo de Cilantro. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación – SAGARPA. Chapingo, México. 2014.

LOZANO, D.; GAVILÁN, P. Evaluación en campo de cintas de riego por goteo de diferente caudal en un cultivo de fresa. **Agroinforme**. 778-781, 2014.

LUNA, C.; TUDELA, J.A.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; ALLENDE, A.; GIL, M.I. El riego deficitario mejora el rendimiento y la calidad de la lechuga en IV Gama. **Actas de horticultura**. 60(1), 183-186, 2012.

MACIEL, G.M.; COSTA, C.P.; SALA, F.C. Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, 30(4), 607-612, 2012.

MAROUELLI, W.A. Irrigação. In: SILVA, G.O. da.; LOPES, C.A. (Org.). **Sistema de produção da batata**. Brasília, DF: Embrapa, 16-21, 2015.

MAROUELLI, W.A.; OLIVEIRA, V.R.; TOSTA, A.L.; BARRETO, Y.C.; MACEDO, T.C. Avaliação de genótipos de cebola submetidos a diferentes regimes hídricos. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA. Mato Grosso, Brasil, 2011.

MARSARO, R.; MELO, K.D.A.; SEABRA JUNIOR, S.; BORGES, L.S. Produção de cultivares de coentro em diferentes telados e campo aberto. **Revista Cultivando o Saber**, 7(4), 362 - 373, 2014.

MARTIN, J.D.; CARLESSO, R.; AIRES, N.P.; GATTO, J.C.; DUBOU, V.; FRIES, H.M.; SCHEIBLER, R.B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, 192 - 205, 2012.

MONSERRAT, J.; CASALÍ, J.; TILLÓ, J.; COTS, LI; BARRAGÁN, J. Aplicabilidad del riego a pulsos en tablares. **Revista Ingeniería del Agua**, 4(2), 29-36, 1997.

MORALES-PAYÁN, J. P.; BRUNNER, B.; FLORES, L.; MARTÍNEZ, S. **Hoja Informativa Proyecto de Agricultura Orgánica**. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Lajas, Puerto Rico. 2011.

NAANDANJAIN IRRIGATION, **Alface**. 2017. Disponível em: <<https://naandanjain.com.br/culturas/alface/>>. Acesso em: jan. 2017.

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**, 41(12), 1793-1801, 2006.

OKASHA, A.M.; ELMETWALLY, W.F.; ATTAFFY, T.M. Effect of different types of irrigation system on soybean production under clayey soil conditions. **J.Soil Sci. and Agric. Eng.**, 6 (11), 1389-1405, 2015.

OLIVEIRA, A.P.; PAIVA SOBRINHO, S.; BARBOSA, J.K.A.; RAMALHO, C.I.; OLIVEIRA, A.L.P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, 21(1), 81-83, 2003.

OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, L.R.; MENDES, J.E.M.F.; DANTAS JÚNIOR, O.R.; SILVA, M.S. Resposta do coentro à adubação fosfatada em solo com baixo nível de fósforo. **Horticultura Brasileira**, 22(1), 87-89, 2004.

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**, 23(2), 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. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. 9(2), 49-55, 2015.

PEREIRA, J.C.A.; SILVA, S.S.; DANTAS, N.J., PAZ, P.J.; AZEVEDO, C.A.V. Desempenho de cultivares de coentro em função do manejo da irrigação na região semiárida. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA - CONTECC, Fortaleza, Ceara. 2015.

PEREIRA, R.S; MUNIZ, M.F.B.; NASCIMENTO, W.M. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, 23(3), 703-706, 2005.

PEREIRA, R.S.; NASCIMENTO, W.M. Avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, 21(2), Suplemento 2 CD-ROM, 2003.

PHOGAT, V.; SKEWES, M.A.; COX, J.W.; MAHADEVAN, M. Modelling the impact of pulsing of drip irrigation on the water and salinity dynamics in soil in relation to water uptake by an almond tree. **WIT Transactions on Ecology and Environment**, 168(1), 101–113, 2012.

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

RODRÍGUEZ, J.A.; DÍAZ, C.A.V.; REYES, F.J. Determinación de las estrategias óptimas de manejo del riego por pulsos para un suelo ferralítico rojo típico. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, 11(1), 77-82, 2002.

SANTOS, P.L.; JUAN, V.J.A.; PICORNELL, B.M.R.; TARJUELO, M.B.J. **El riego y sus tecnologías**. CREA-UCLM, Albacete, España. 2010.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2(3), 287-294, 1998.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação**. Jaboticabal, São Paulo: Série Engenharia Agrícola, 63-120, 2001.

SERON, C. C.; LORENZONI, M. Z.; SOUZA, A. H. C.; MALLER, A.; REZENDE, R.; GONCALVES, A. C. A. Crescimento da cultura do pepino irrigado por pulsos. In: IX EPCC - ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTIFICA UNICESUMAR, Paraná, Brasil, 9(1), 4-8, 2015.

SMITH, R.J.; BAILLIE, J.N.; MCCARTHY, A.C.; RAINE, S.R., BAILLIE, C.P. Review of Precision Irrigation Technologies and their Application. National Centre of Engineering in Agriculture. University of Southern Queensland, Toowoomba, 2010.

SOARES, S.C.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; SOUSA, G. G.; ALBUQUERQUE, A. G.B.M.; VIANA, T.V.A.; COSTA, S.C. Características físicas de frutos de goiabeiras sob altas frequências de irrigação e diferentes coberturas mortas. In: IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, XXVI CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – CONIRD, III SIMPOSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE - SBS, Fortaleza, Brasil, 2017.

TAVELLA, L.B.; GALVÃO, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; NEGREIROS, J.R.S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agrônômica**, 41(4) 614-618, 2010.

VAN DER STOEP, I.; MALAN, C. Factors which influence water distribution patterns in soils under drip. **SABI Magazine - Tydskrif**, 2, 28-33, 2010.

VYRLAS P.; SAKELLARIOU, M. Intermittent water application through surface and subsurface drip irrigation. **ASAE Annual International Meeting**. Tampa, Florida, 2005.

WANDERLEY JUNIOR, L.J.G.; NASCIMENTO, W.M. Produção de sementes de coentro. In: VI CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, Goiânia, Brasil. 2006.

WARNER, R.; HOFFMAN, O.; WILHOIT, J. The effects of pulsing drip irrigation on tomato yield and quality in kentucky. **2009 Fruit and Vegetable Crop Research Report**, 39-40, 2009.

ZIN EL-ABEDIN, T.K. Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. In: THE 14TH. ANNUAL CONFERENCE OF THE MISR SOCIETY OF AG. ENG., 2006.

**CAPITULO III – ARTIGOS**  
**PRODUZIDOS**

# **GOTEJAMENTO POR PULSOS E DIFERENTES NÍVEIS DE REPOSIÇÃO DA LÂMINA DE FERTIRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO COENTRO**

## **RESUMO**

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do gotejamento por pulsos sob diferentes níveis da lâmina de fertirrigação na produtividade do coentro (*Coriandrum sativum* L.). O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido, nas dependências da UFRPE, campus Dois Irmãos, Recife PE. O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 2x5, com três repetições. Foram testados dois tipos de aplicação da água (pulsos e contínuo) e cinco lâminas de fertirrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração de cultivo). A aplicação por pulsos consistiu no parcelamento da lâmina em seis pulsos de irrigação com intervalos de sessenta minutos de repouso. A Evapotranspiração de cultivo (ETc) foi determinada mediante balanço hídrico por lisimetria de drenagem. Observou-se uma resposta quadrática para a massa fresca e seca da parte aérea e raiz, sendo obtidos valores máximos quando aplicou-se por pulsos uma lâmina de fertirrigação de 87% da ETc. A partir deste ponto a produtividade decresce. Os acréscimos nas lâminas de fertirrigação reduziram linearmente a %MSPA e %MSR, proporcionando maior massa fresca comercializável. A adoção da irrigação por pulsos mitigou o efeito do déficit hídrico para todas as variáveis estudadas.

**Palavras-chave:** Irrigação parcelada, *Coriandrum sativum* L., déficit de irrigação, manejo de irrigação.

# **DRIPPING BY PULSES AND DIFFERENT REPLACEMENT LEVELS OF THE FERTIRRIGATION WATER DEPTHS ON CORIANDER PRODUCTIVITY**

## **ABSTRACT**

The present work was developed with the objective of evaluating the effect of pulse drip under different levels of the fertirrigation water depths on coriander productivity (*Coriandrum sativum* L.). The experiment was carried out under protected environment conditions, at UFRPE, Dois Irmãos campus, Recife, Brazil. The experimental design was randomized blocks in 2x5 factorial scheme, with three replicates. Two types of water application (pulsed and continuous) and five fertirrigation water depths (40, 60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration) were tested. Pulse irrigation consisted of splitting the water depths in six irrigation pulses with sixty minute rest intervals. The crop Evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) was determined by water balance by drainage lysimetry. A quadratic response was observed to fresh and dry mass of aerial part and root, and maximum values were obtained when fertirrigation water depths of 87% ET<sub>c</sub> was applied by pulses. From this point productivity decreases. Increases in the fertirrigation water depths linearly reduced the %MSPA and %MSR, providing greater tradable fresh mass. The adoption of pulsed irrigation mitigated the effect of water deficit for all variables studied.

**Key words:** Split irrigation, *Coriandrum sativum* L., irrigation deficit, irrigation management.

## 1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade da água para irrigação, na atualidade vem se tornando cada vez menor, tanto em quantidade como em qualidade, devido a crescente concorrência entre usuários das áreas urbana, rural e industrial. Isto indica que as áreas agrícolas encontram-se sob constante ameaça da segurança do abastecimento da água, devendo ter um maior controle nas práticas de irrigação, podendo a aplicação deficitária se tornar inevitável em alguns anos (Phogat et al., 2013).

No Brasil, a crise da água resulta basicamente da falta de gerenciamento dos recursos, estimulando-se urbanização e industrialização, em áreas nas quais já se tem escassez de água (Rebouças, 1997). No Nordeste Brasileiro mesmo com a escassez de água, a agricultura tem um papel de destaque na economia regional, onde 82,6% da mão de obra do campo dedica-se à agricultura familiar. Entretanto, a participação da produção agrícola nordestina no total do país ainda é baixa. A agricultura praticada nesta região é muito variada seja com relação às culturas plantadas, ou em relação a aspectos como o nível de tecnologia empregada na produção agrícola (Castro, 2013).

Uma técnica que pode favorecer a eficiência do uso da água é a irrigação por pulsos, cujas vantagens foram observadas em muitos autores, dentre eles Vyrilas & Sakellariou (2005), que constataram que a aplicação por pulsos permite reduzir a taxa de irrigação média para um nível que coincide com as propriedades hidráulicas do solo e minimiza a percolação abaixo da zona das raízes. Desta forma os pulsos de irrigação somados a uma irrigação deficitária, pode constituir uma tecnologia apropriada orientada à economia da água, pois a irrigação em excesso leva a um desperdício de água, a um aumento dos custos de produção e a uma gestão inapropriada dos recursos hídricos disponíveis (Martin et al., 2012).

A técnica de irrigação por pulsos aumenta o movimento da água na direção horizontal, melhorando a distribuição da umidade e incrementando o volume do solo molhado na zona da raiz (Eid et al., 2013). Esta manutenção da umidade ao longo do dia provavelmente seja uma estratégia adequada para amenizar os efeitos nocivos do déficit hídrico, sendo muito útil em épocas de limitada disponibilidade de água para irrigação (Seron et al., 2015).

A aplicação dos pulsos de irrigação estende-se para todas as culturas, dentre elas o coentro (*Coriandrum sativum* L.), hortaliça importante na região, que a pesar de ser

considerada cultura de “fundo de quintal”, um grande número de produtores está envolvido na sua produção, tornando-se uma cultura de grande importância socioeconômica, ademais de possuir um alto valor de mercado, ficando atrás apenas da alface (Silva et al., 2012). Porém, apesar de ser uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, ainda subsiste um cultivo de forma rudimentar, sem racionalização de insumos como sementes, fertilizantes e água (Cavalcante et al., 2016).

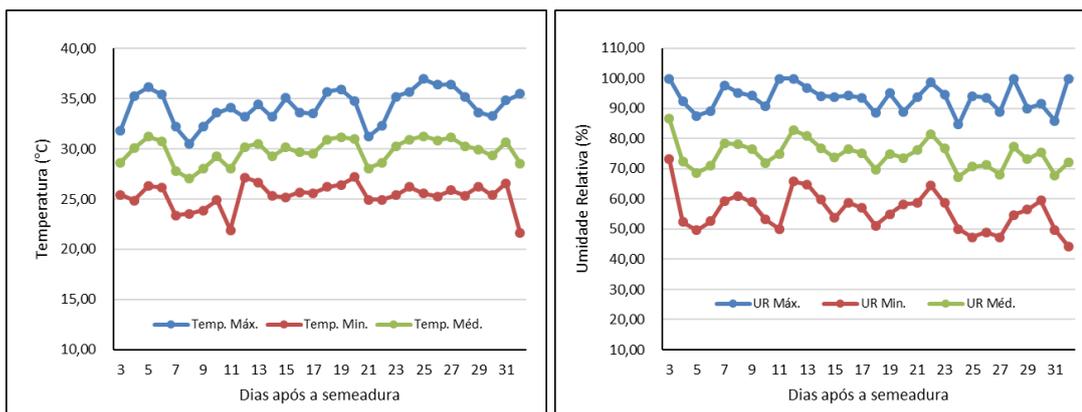
Altos rendimentos e produção de boa qualidade de coentro, podem ser atingidos com adequadas práticas de adubação, assim temos que a fertirrigação ao incorporar os fertilizantes na irrigação, pode fornecer as quantidades requeridas de nutrientes no momento adequado para a cultura (Carrijo et al., 2004).

A presente investigação envolve a avaliação do efeito da irrigação por pulsos comparativamente com a irrigação contínua e seu efeito conjunto com cinco níveis da ETc (40, 60, 80, 100 e 120%) na cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.), verificando seu efeito nos principais parâmetros morfométricos (altura de planta e comprimento de raiz) e aqueles relacionados à produtividade (massa fresca e seca, e percentagem da massa seca da parte aérea e raiz).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado nas dependências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos, Recife PE, cujas coordenadas geográficas são 08°01'6,50" de latitude sul e 34°56'46" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m, sendo o experimento conduzido entre os meses de agosto e setembro do 2017.

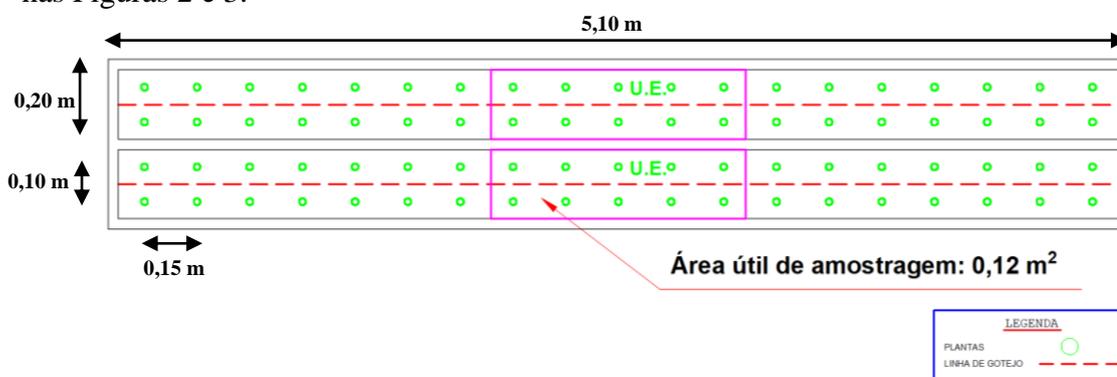
De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo possui clima do tipo As', denominado tropical quente e úmido, com chuva de outono-inverno, apresentando uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro, e uma estação chuvosa, de março a agosto (Jales et al., 2012). As condições de temperatura e umidade relativa foram monitoradas via sensor eletrônico. O registro das informações climáticas de temperatura e humidade do ar foram realizados de maneira automática por sensores instalados em uma plataforma ARDUINO. A temperatura média para a máxima e mínima observada foi de 34,35 °C e 25,66 °C, respectivamente. A umidade relativa média para a máxima foi de 92,22% e para a mínima de 55,90%, a variação diária encontra-se na Figura 1.



**Figura 1.** Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média, ao longo do experimento.

As unidades experimentais foram instaladas dentro de um ambiente protegido com área total de 162 m<sup>2</sup>, casa de vegetação com cobertura tipo capela. No seu interior foram dispostas 30 unidades experimentais de 1,02 m<sup>2</sup> (5,10 x 0,20 m) e uma profundidade de 0,20 m. Cada unidade experimental foi impermeabilizada com filme plástico de polietileno. Para drenar eventuais excessos de água foram instalados tubos de drenagem na direção longitudinal de cada canteiro.

A distribuição e dimensões das unidades experimentais, podem ser visualizadas nas Figuras 2 e 3.



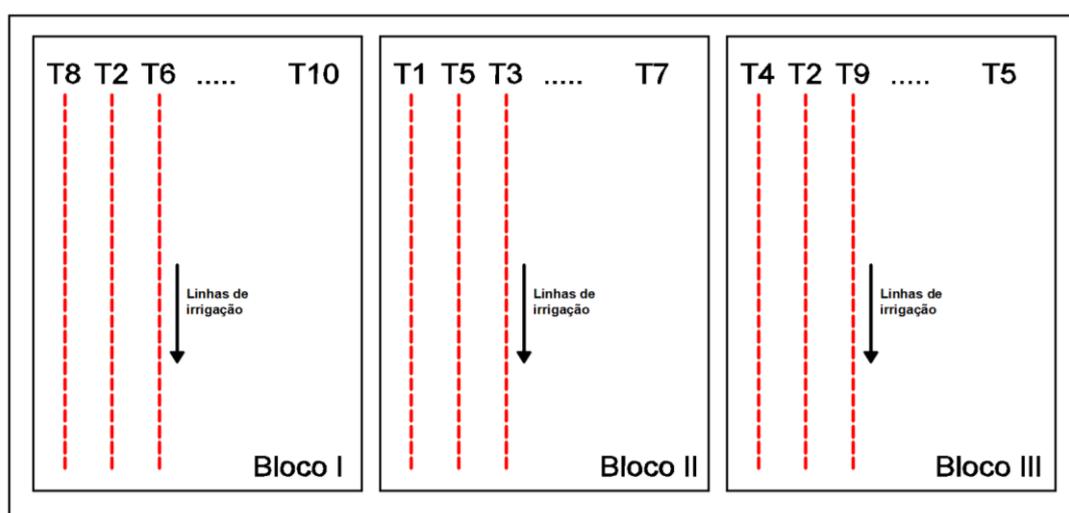
**Figura 2.** Detalhe das unidades experimentais.

Foi utilizado um solo de textura arenosa em cuja análise granulométrica obtiveram-se valores médios de 904 g kg<sup>-1</sup> de areia, 32 g kg<sup>-1</sup> de silte e 64 g kg<sup>-1</sup> de argila. A densidade do solo e a densidade de partículas foram, respectivamente, de 1,5 e 2,5 kg dm<sup>-3</sup>. Os limites de armazenamento de umidade do solo apresentaram valores de 0,10 e 0,09 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> para capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente. A natureza química do solo foi determinada no Laboratório de Química Ambiental de Solos do Departamento de Agronomia da UFRPE (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise química do solo utilizado no experimento.

pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O.	M.O.	H+Al
1: 2,5	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				(mg dm <sup>-3</sup> )		(g kg <sup>-1</sup> )		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
5,1	2	1,5	0,20	0,01	0,01	2,00	5,62	9,69	4,68

Devido à condição ácida do solo, foi necessária a correção da acidez, aplicando calcário agrícola. O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2x5. Foram testados dois tipos de aplicação da água (contínua e pulsos) e cinco lâminas de reposição da ET<sub>c</sub> (120, 100, 80, 60 e 40%), com três repetições, totalizando dez tratamentos, perfazendo 30 parcelas experimentais.



**Figura 3.** Disposição dos blocos e tratamentos na área experimental.

O sistema de irrigação foi constituído por fita gotejadora (DN 16 mm) com gotejadores integrados espaçados a cada 0,30 m e com vazão nominal de 0,60 L h<sup>-1</sup> por emissor. Utilizou-se uma fita de gotejo por unidade experimental. A pressão durante a operação do sistema foi mantida em 10,0 mca. Para garantir as condições adequadas de funcionamento do sistema de irrigação, foram utilizados um regulador de pressão, válvulas solenóides, controlador, filtro, registros, manômetro e sistema de bombeamento cuja potência instalada foi de 0,5 CV.

Em relação ao manejo da irrigação, a diferenciação dos tratamentos ocorreu no décimo dia após a sementeira, depois de devidamente estabelecidas as plantas. Até este momento foram realizadas irrigações diárias aplicando-se 100% da ET<sub>c</sub>. A ET<sub>c</sub> foi determinada mediante balanço hídrico em lisímetro de drenagem, utilizando vasos de

cinco litros (Figura 4) em quatro repetições. A  $ET_c$  foi determinada por meio do balanço hídrico no vaso, de acordo com a Equação 1.

$$ET_c = P + I - D \quad (\text{Eq. 1})$$

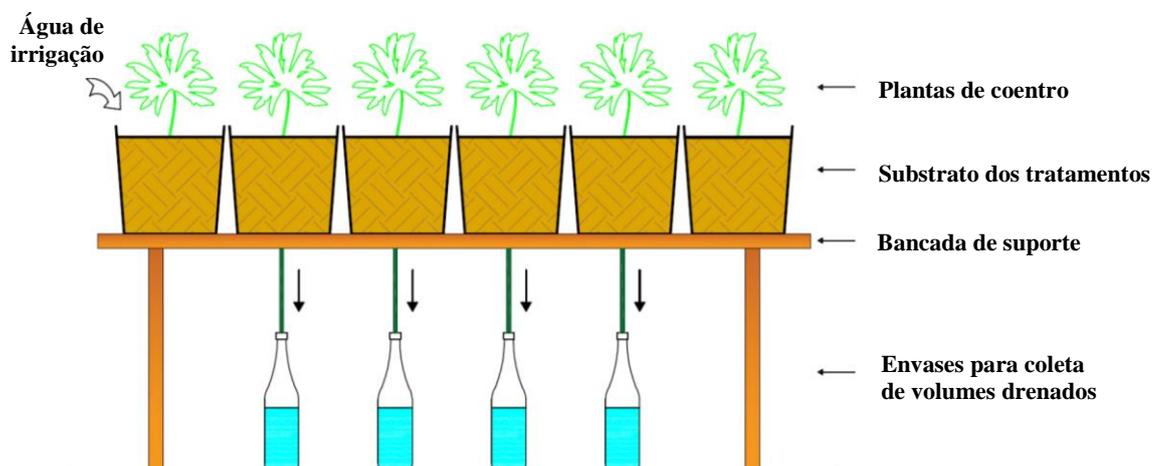
**Em que:**

$ET_c$ : Evapotranspiração da cultura (mm).

$P$ : Lâmina precipitada (mm), igual a 0 no ambiente protegido.

$I$ : Lâmina de irrigação (mm).

$D$ : Lâmina drenada (mm).



**Figura 4.** Disposição dos vasos para lisimetria.

A lâmina bruta de irrigação ( $L_b$ ) foi determinada considerando a  $ET_c$  e a eficiência de aplicação do sistema de irrigação, conforme apresentado na Equação 2. O tempo de irrigação foi obtido considerando o espaço ocupado por cada planta, a vazão média do gotejador e o número de emissores por planta, de acordo o apresentado na Equação 3.

$$L_b = \frac{ET_c}{E_a} \quad (\text{Eq. 2})$$

**Em que:**

$L_b$ : Lâmina bruta de irrigação (mm).

$E_a$ : Eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

$$T = \frac{L_b \times A}{e \times q_a} \quad (\text{Eq. 3})$$

**Em que:**

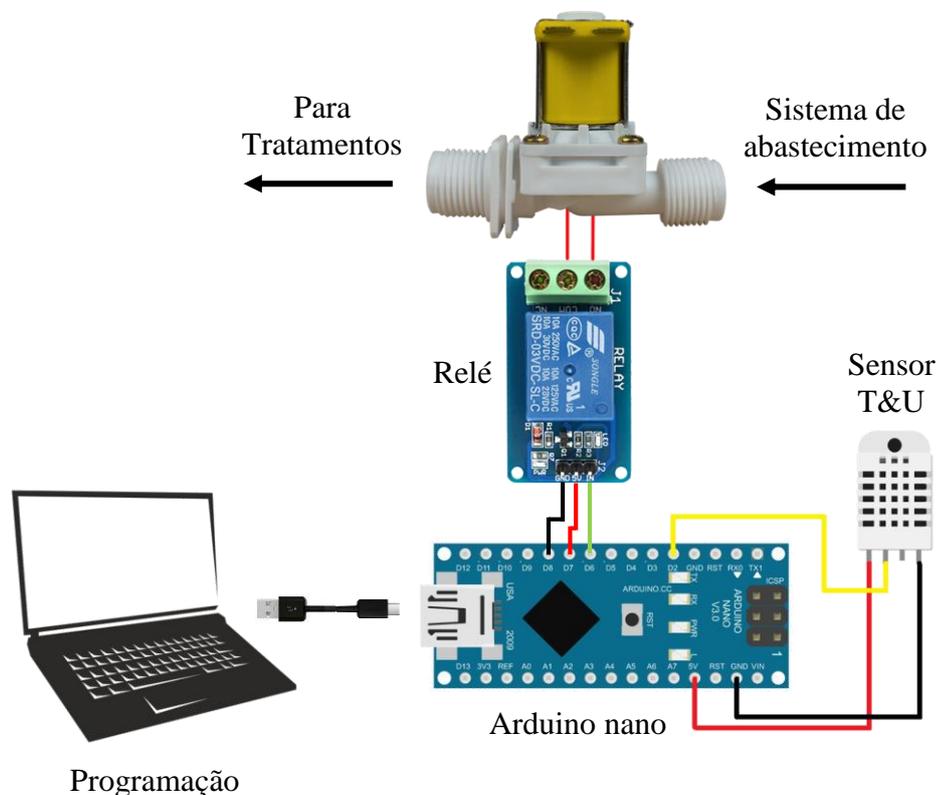
T: Tempo de irrigação (h).

A: Área ocupada por planta (m<sup>2</sup>).

e: Número de emissores por planta.

q<sub>a</sub>: Vazão média dos emissores (L h<sup>-1</sup>).

O parcelamento da lâmina bruta de irrigação (L<sub>b</sub>) bem como o cálculo de tempos de aplicação, segundo os tratamentos, foi feito automaticamente mediante um controlador eletrônico, comandado por ARDUINO (Figura 5). Assim, via código de programação os relés eram acionados que por sua vez acionavam as eletroválvulas, aplicando as lâminas de fertirrigação de acordo com os tratamentos estabelecidos.



**Figura 5.** Esquema de funcionamento do controle automático ARDUINO.

## 2.1. Descrição e condução da cultura

A cultura selecionada para o experimento foi o coentro, *Coriandrum sativum* L., cultivar Verdão, escolhido por sua precocidade, alto rendimento, vigor e alta resistência a pragas e doenças. A semeadura foi feita diretamente nas parcelas experimentais, colocando-se dez frutos de dois sementes cada uma por cova, espaçadas a 0,10 m entre linhas e 0,15 m entre plantas, fazendo um posterior desbaste deixando

seis plantas por cova. A área útil de amostragem para as avaliações foi de 0,12 m<sup>2</sup> por tratamento.

A fertilização foi feita conforme as recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008). A aplicação da fertilização fosfatada (superfosfato simples), foi feita de forma convencional em fundação. O restante dos nutrientes foi aplicado diariamente via fertirrigação, tomando como referência a recomendação de Furlani (1998) para hortaliças de folhas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Solução nutritiva de Furlani para 1000 L para cultura de folhosas.

Fertilizantes	g m <sup>-3</sup>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Nitrato de Cálcio	750	7,5	108,8			142,5								
Nitrato de Potássio	500		65		182,5									
MAP	150	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400						40	52						
Sulfato de Cobre	0,2									0,02				
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato de Manganês	1,5											0,39		
Ácido Bórico	1,8								0,31					
Molibdato de Sódio	0,2												0,06	
Fe-EDTA- 13% Fe	16										2,08			
<b>Recomendação</b>		<b>24</b>	<b>173,8</b>	<b>39</b>	<b>182,5</b>	<b>142,5</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>0,31</b>	<b>0,02</b>	<b>2,08</b>	<b>0,39</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>

Ao longo do desenvolvimento da cultura, foi observada o crescimento de plantas daninhas e competitivas que foram eliminadas manualmente. Foi detectada a presença de pragas como lagarta e pulgão, sendo imediatamente aplicado e por uma única vez inseticida de contato Decis®. Não se observou presença de doenças.

## 2.2. Consumo hídrico

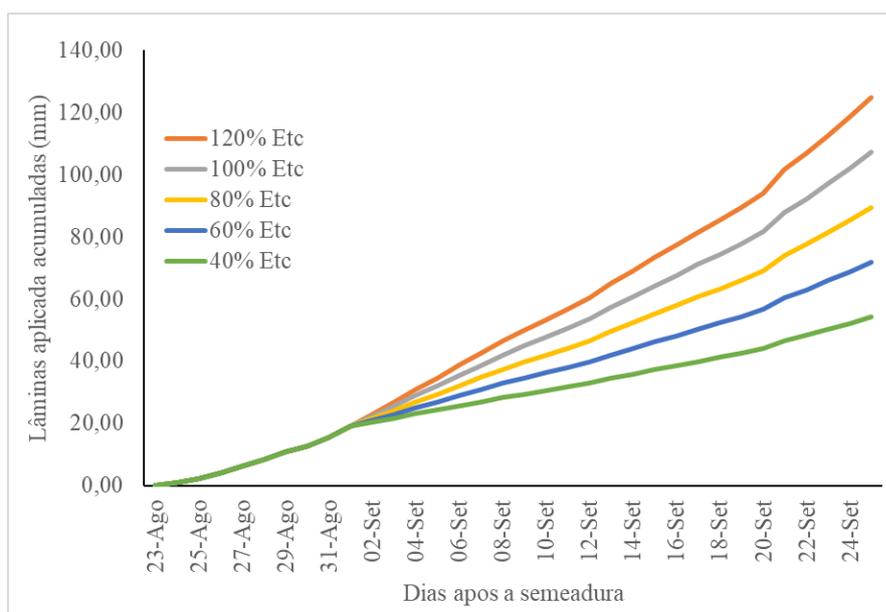
Ao longo do experimento, foram realizadas 34 irrigações ao longo de 34 dias, uma por dia. Durante os primeiros 10 dias após a semeadura, todos os tratamentos receberam a mesma lâmina até o estabelecimento da cultura.

O fator lâmina de fertirrigação estabeleceu-se considerando uma variação de 20%, a partir da lâmina mais baixa de 40%, até 120% de reposição da ET<sub>c</sub>, totalizando 54,4 mm e 124,8 mm respectivamente. As lâminas diferenciadas para cada tratamento

estão indicadas na Tabela 3. A evolução das lâminas totais acumuladas, aplicadas ao longo do ciclo da cultura, são apresentadas na Figura 6.

**Tabela 3.** Lâminas de fertirrigação acumulada aplicadas por tratamento.

Tratamentos	Lâmina inicial (mm)	Lâmina de tratamento (mm)	Lâmina total (mm)
120% ETc - Pulsos	19,2	105,6	124,8
120% ETc - Contínuo	19,2	105,6	124,8
100% ETc - Pulsos	19,2	88,0	107,2
100% ETc - Contínuo	19,2	88,0	107,2
80% ETc - Pulsos	19,2	70,4	89,6
80% ETc - Contínuo	19,2	70,4	89,6
60% ETc - Pulsos	19,2	52,8	72,0
60% ETc - Contínuo	19,2	52,8	72,0
40% ETc - Pulsos	19,2	35,2	54,4
40% ETc - Contínuo	19,2	35,2	54,4



**Figura 6.** Evolução das lâminas aplicadas por tratamento.

### 2.3. Uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação

Foram realizadas duas avaliações para verificar a uniformidade de distribuição de água, no início e final do experimento, seguindo metodologia descrita por Merriam & Keller (1978). A pressão do sistema foi regulada em 10 mca, mediante válvula reguladora de pressão. A vazão média dos gotejadores foi de 0,55 L h<sup>-1</sup>. A uniformidade de distribuição de água foi de 98,20% no início e de 97,09% ao final do experimento, indicando alta uniformidade do sistema de irrigação.

## 2.4. Variáveis analisadas

### 2.4.1. Massa fresca

Após 35 dias da semeadura, foram coletadas as plantas, numa área útil de 0,12 m<sup>2</sup>, localizada na parte central de cada unidade experimental, sendo registrada a altura da planta e comprimento de raiz por planta. Procedeu-se a separação da parte aérea da raiz, fazendo o corte na linha de diferenciação de cor que indica o passo de um órgão ao outro, registrando as massas em gramas utilizando balança de precisão.

### 2.4.2. Massa seca

Feita pesagem da massa fresca da parte aérea e raiz, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel “kraft” e colocadas para secar em estufa a 65 ±3°C, até atingir peso constante. Em seguida a matéria seca das plantas foram pesadas em balança analítica de 0,001 g de precisão, considerando as repetições.

### 2.4.3. Percentagem de massa seca

Referido ao percentual da massa seca correspondente à parte aérea e à raiz, o cálculo foi feito segundo as Equações 4 e 5.

$$\%MSPA = \left( \frac{MSPA}{MFPA} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\%MSR = \left( \frac{MSR}{MFR} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

#### Em que:

%MSPA: Percentagem de massa seca da parte aérea (%).

MFPA: Massa fresca da parte aérea (g).

MSPA: Massa seca da parte aérea (g).

%MSR: Percentagem de massa seca da raiz (%).

MFR: Massa fresca da raiz (g).

MSR: Massa seca da raiz (g).

#### **2.4.4. Altura da planta e comprimento de raiz**

A altura da parte aérea da planta e o comprimento da raiz, foi obtida como a média das medições de todas as plantas alocadas na área útil de amostragem. As medições foram feitas utilizando trena métrica.

#### **2.4.5. Produtividade total da cultura**

Feita a colheita da massa fresca da parte aérea e raiz, procedeu-se a soma de ambas para obter a produtividade total em quilogramas por metro quadrado, para cada tratamento.

### **2.5. Análise estatística**

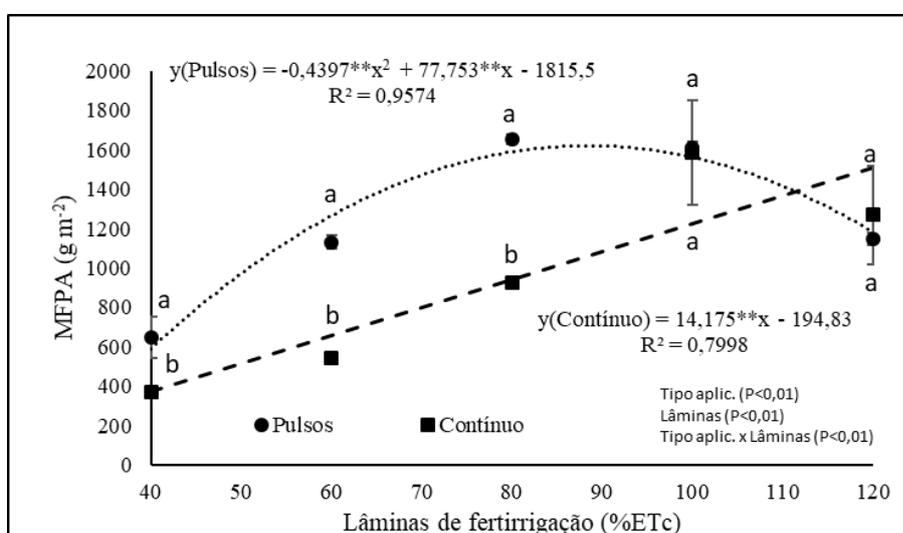
Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância aplicando o teste F. Quando necessário foram feitas análises de regressão para o fator quantitativo e aplicado teste aglomerativo de médias Scott Knott ao 5% de significância para o fator qualitativo. Foi utilizando o software estatístico de licença livre SISVAR (Ferreira, 2011).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Por meio da análise de variância constatou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos fatores tipo de aplicação e lâminas de fertirrigação sobre a percentagem da massa seca da raiz (%MSR). Para a percentagem da massa seca da parte aérea (%MSPA) o efeito foi significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para as lâminas de fertirrigação. Para a massa fresca da parte aérea e raiz (MFPA, MFR), massa seca da parte aérea e raiz (MSPA, MSR), altura da planta (AP) e produtividade (P), houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para interação entre os dois fatores. Foram verificados coeficientes de variação inferiores a 19%, indicando adequada uniformidade no experimento.

Analisando a massa fresca da parte aérea (MFPA), para o desdobramento do fator lâmina de fertirrigação dentro do fator tipo de irrigação, verificou-se que a variação das lâminas de fertirrigação interferiu significativamente na MFPA ( $p > 0,01$ ), observando-se, com exceção das lâminas 120% e 100% da ETc, a superioridade da irrigação por pulsos sobre a contínua. Conforme os modelos ajustados verificou-se que sob a aplicação contínua da lâmina de 100% da ETc as plantas produziram uma MFPA estimada em  $1.222,67 \text{ g m}^{-2}$ , comparativamente, sob a aplicação por pulsos esta mesma

produtividade é obtida com 58,28% da ETc, resultando numa economia de 41,71% dos requerimentos da água por ciclo da cultura, equivalente a 446,96 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. No entanto, a lâmina que maximiza a produção sob irrigação por pulsos (88,42% da ETc), proporcionou uma MFPA de 1.621,80 g m<sup>-2</sup> o que representa um incremento de 32,64% na MFPA se comparada com a aplicação contínua. Embora a economia da água diminui para 11,58% (Figura 7). Os incrementos na produtividade, observadas principalmente na condição deficitária, indicam que a adoção da técnica da irrigação por pulsos contribui para manter a umidade na zona de raiz uniformemente distribuída, aumentando a capacidade e a eficiência de absorção de água e nutrientes (Cote et al., 2003; Elmaloglou & Diamantopoulos, 2007).



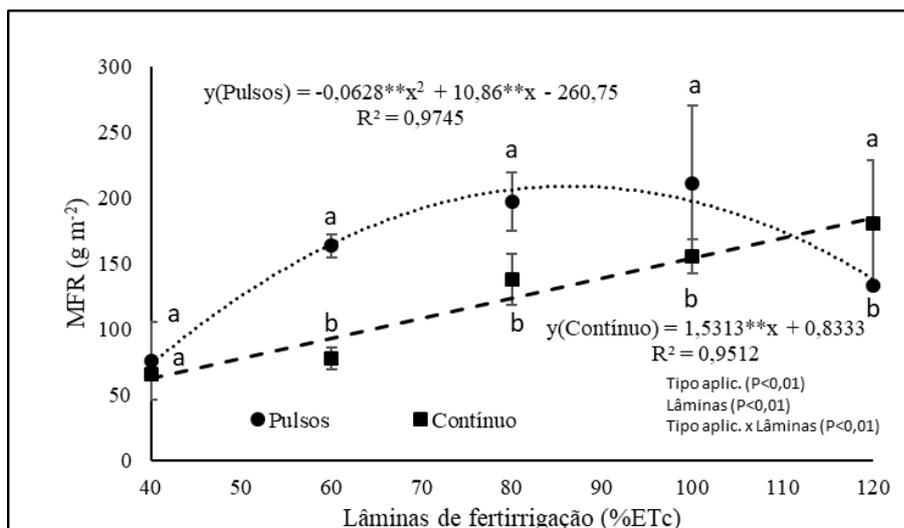
**Figura 7.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa fresca da parte aérea - MFPA de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

Estes resultados são numericamente superiores aos encontrados por diversos autores para a mesma cultivar. Linhares et al. (2015) avaliando o rendimento do coentro adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo, obtiveram uma MFPA máxima de 645,30 g m<sup>-2</sup> (6.453 kg ha<sup>-1</sup>) para a maior dose e época de adubação após 35 dias da semeadura. Lima et al. (2007), avaliando o desempenho agro econômico de cultivares de coentro em função de espaçamentos e épocas de cultivo, obteve uma MFPA de 677 g m<sup>-2</sup> (6,77 t ha<sup>-1</sup>) para o cultivo mais adensado (0,20x0,05 m) e uma MFPA de 500 g m<sup>-2</sup> e 339 g m<sup>-2</sup> (5,00 t ha<sup>-1</sup> e 3,39 t ha<sup>-1</sup>).

1) durante as épocas 1 e 2 do experimento, após 38 e 45 dias da semeadura respectivamente. Aguiar et al. (2015) avaliando a produção de coentro cultivado com composto orgânico, obtiveram uma MFPA de  $1.197,80 \text{ g m}^{-2}$  ( $11.978 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para a maior dose de adubação, após 36 dias da semeadura. Comparando os resultados obtidos na presente pesquisa com os trabalhos acima descritos, observa-se a clara vantagem da utilização dos pulsos na irrigação no acréscimo da MFPA como parte comercializável da cultura.

Para a massa fresca da raiz (MFR), observou-se no desdobramento do fator lâmina de fertirrigação dentro do fator tipo de irrigação, que a variação das lâminas de fertirrigação interferiu significativamente na MFR ( $p>0,01$ ), observando-se, com exceção da lâmina de 40% da ETc, a superioridade da irrigação por pulsos sobre a contínua. Conforme os modelos ajustados verificou-se que a aplicação contínua da lâmina do 100% da ETc proporciona uma MFR de  $153,96 \text{ g m}^{-2}$ , comparativamente a irrigação por pulsos mantém a mesma produtividade com uma lâmina do 56,92% da ETc, resultando numa economia do 43,07% dos requerimentos da água por ciclo da cultura o que equivale a  $461,53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . No entanto, a lâmina que maximiza a produção da cultura (86,46% da ETc) proporcionou uma MFR de  $208,75 \text{ g m}^{-2}$  o que representa um incremento de 35,59% na MFR, quando comparada com a irrigação contínua, embora a economia da água diminua para 13,54% (Figura 8).

Esta superioridade nas condições deficitárias, indica que o incremento da frequência de irrigação, será acompanhada de um aumento da absorção de água pela planta, evidenciando-se no incremento da densidade e espessura da raiz (Assouline et al., 2012). Esta resposta pode ser de maior interesse nas culturas em que a raiz constitui-se a parte comercial da cultura um exemplo disto é dado por Vyrilas & Sakellariou (2005) que em experimento com pulsos na irrigação da cultura da beterraba açucareira, estimaram aumento no rendimento das raízes de até 14,7%, em relação aos tratamentos irrigados de forma contínua.



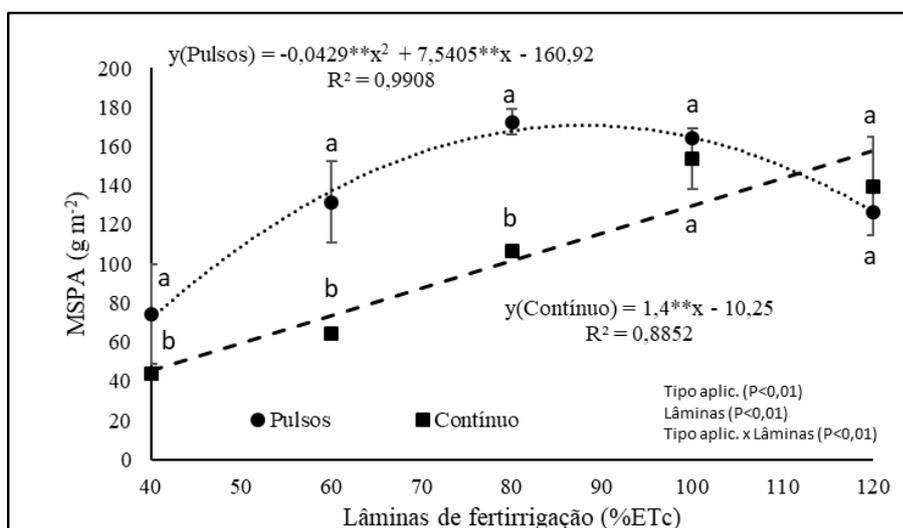
**Figura 8.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa fresca da raiz - MFR de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

No análise da massa seca da parte aérea (MSPA), para o desdobramento do fator lâmina de fertirrigação dentro do fator tipo de aplicação, verificou-se, com exceção das lâminas 120% e 100% da ETc, a superioridade da MSPA das plantas irrigadas por pulsos em comparação com a MSPA das plantas irrigadas de maneira contínua.

Analisando os modelos ajustados e apresentados na Figura 9, verifica-se que para irrigação contínua da lâmina de 100% da ETc, a MSPA do coentro é de 129,75 g m<sup>-2</sup>. Para obtenção da mesma produtividade das plantas irrigadas por pulsos será necessário a aplicação de 57% da ETc, resultando numa economia do 43% do requerimento da água por ciclo da cultura, equivalente a 460,78 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Analisando de outra maneira, a lâmina que maximiza a produção (87,88% da ETc) proporcionou uma MSPA de 170,42 g m<sup>-2</sup> o que representa ainda um incremento de 31,35% na MSPA quando comparada com a FSPA das plantas irrigadas de forma contínua. Nesta situação a economia da água será de 12,12%. Os melhores resultados obtidos devido a irrigação por pulsos, de acordo com Assouline et al. (2012), deve-se ao fato de que uma irrigação de alta frequência melhora a disponibilidade de nutrientes, permitindo maior produção de matéria seca, o que, por sua vez, aumenta a absorção de água.

Na presente pesquisa os resultados de MSPA são superiores aos encontrados por diversos autores para a mesma cultivar. Lima et al. (2007) avaliando o desempenho agro econômico de cultivares de coentro em função de espaçamentos e épocas de cultivo, obtiveram uma MSPA de 70,49 g m<sup>-2</sup> (0,7049 t ha<sup>-1</sup>) para o cultivo mais adensado (0,20 x 0,05 m) e uma MSPA de 47,90 g m<sup>-2</sup> e 50,30 g m<sup>-2</sup> (0,479 t ha<sup>-1</sup> e 0,503 t ha<sup>-1</sup>) durante duas épocas do experimento. Já Oliveira et al. (2005) avaliando a produção e valor agro econômico no consórcio entre cultivares de coentro e alface, determinaram uma MSPA de 12,00 g m<sup>-2</sup> (0,12 t ha<sup>-1</sup>) após 43 dias da semeadura. Comparando os resultados obtidos na presente pesquisa com os trabalhos acima descritos, de forma similar ao acontecido com a MFPA, observa-se um claro benefício da irrigação por pulsos no incremento da MSPA na cultura do coentro.

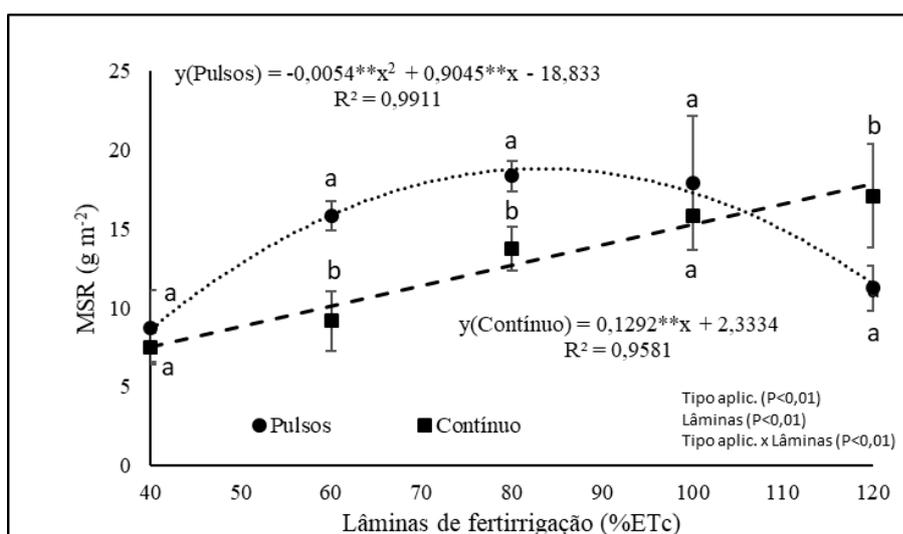
Já valores maiores de MSPA para a mesma cultivar foram observadas por Aguiar et al. (2015) avaliando a produção de coentro cultivado com composto orgânico. Os autores obtiveram uma MSPA de 161,40 g m<sup>-2</sup> (1.614 kg ha<sup>-1</sup>) para a maior dose de adubação, após 36 dias da semeadura. Tal incremento na MSPA pode ter ocorrido devido ao efeito do adubo orgânico aplicado em condições de campo sem cobertura, onde a incidência da radiação solar é maior, possibilitando uma maior fotossíntese, gerando, portanto, maior quantidade de fotoassimilados.



**Figura 9.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa seca da parte aérea - MSPA de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

Na massa seca da raiz (MSR), para o desdobramento do fator lâmina de fertirrigação dentro do fator tipo de aplicação, observou-se comportamento similar ao acontecido na MSPA, verificando-se que a MSR das plantas irrigadas por pulsos foi superior a MSR das plantas irrigadas de maneira contínua, com exceção das lâminas de reposição correspondentes a 40% e 100% da ETc.

Analisando os modelos matemáticos ajustados e apresentados na Figura 10, verifica-se que a irrigação contínua na aplicação da lâmina do 100% da ETc, obtém-se uma MSR de 15,25 g m<sup>-2</sup>. Esta mesma produtividade em MSR será obtida por meio da irrigação por pulsos, porém, sendo necessário nesta condição apenas 57,25% da ETc. Assim, constata-se que a adoção da irrigação por pulsos promove uma economia de 42,74% do requerimento da água por ciclo da cultura, o equivalente a 458 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, a lâmina que maximiza a produção (83,75% da ETc) proporcionou uma MSR de 19,04 g m<sup>-2</sup>. Tal produtividade representa um incremento de 24,84% na MSR quando comparada com a aplicação contínua. Nesta última análise a economia da água será de 16,25%. Pode-se observar de maneira clara o benefício da irrigação por pulsos no incremento da MSR do coentro, devido ao incremento da frequência da irrigação, que por sua vez gera um incremento do bulbo úmido na zona radicular, favorecendo uma melhor disponibilização e absorção dos nutrientes conforme o mencionado por Cote et al. (2003).

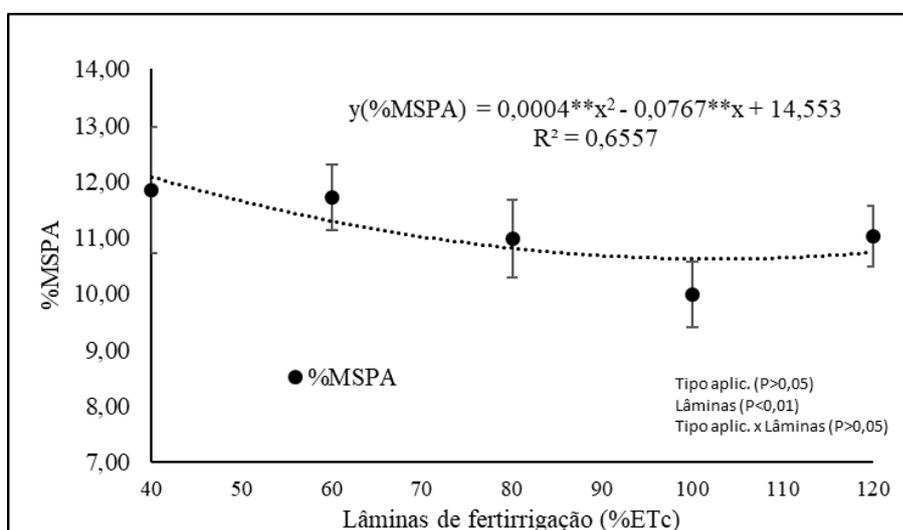


**Figura 10.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para massa seca da raiz - MSR de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias.

Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

Fica evidente o incremento da MFPA, MFR e MSPA, MSR em função das lâminas de fertirrigação, porém um incremento superior à lâmina que maximiza a produção, não é conveniente devido aos custos adicionais na operação e custo do uso da água (solução nutritiva), além de não gerar incrementos na produtividade. Por outro lado, uma redução da lâmina aplicada pode ser viável até atingir o mínimo aceitável da produtividade, concordante com as condições da disponibilidade hídrica.

Na análise da percentagem da massa seca da parte aérea (%MSPA), verificou-se o ajuste quadrático em função das lâminas de fertirrigação, independentemente do tipo de aplicação. Esta maior concentração de matéria seca se dá conforme o teor de água na planta vai diminuindo, no entanto, aqueles tratamentos que recebem maior lâmina de reposição da  $E_{Tc}$ , terão maior teor de água na planta, traduzindo-se em maior matéria fresca (Figura 11). Neste sentido, um decréscimo excessivo da lâmina de fertirrigação pode comprometer a qualidade comercial da cultura, que é preferida pela turgência e frescor das folhas. Qualidade que sob um manejo pulsado da irrigação pode ser mantida (Warner et al., 2009).

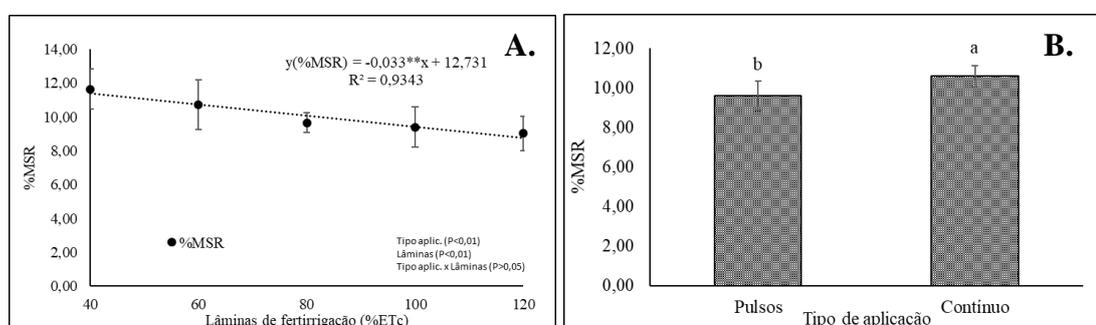


**Figura 11.** Efeito das lâminas de fertirrigação na percentagem da massa seca na parte aérea (%MSPA) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias.

Para a percentagem de massa seca de raiz (%MSR) evidenciou-se efeito significativo para os fatores isolados. Verificando-se diminuição linear de 0,033% por

cada 1% de incremento da lâmina aplicada. Assim como observado para %MSPA, as menores concentrações de matéria seca de raiz aconteceram para as maiores lâminas aplicadas, acontecendo o contrário com menores lâminas, originando um menor teor de água na planta e afetando a qualidade comercial da cultura (Figura 12A).

Em relação ao fator tipo de aplicação, verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre a %MSR das plantas irrigadas por pulsos e de maneira contínua, com um incremento de 9,60% para 10,59% respectivamente, o que representa um acréscimo de aproximadamente 1% (Figura 12B). É possível inferir, portanto, que com a adoção da técnica da irrigação por pulsos, existe uma menor probabilidade de perda de teor de água na planta, possivelmente devido ao fato de que a água é aplicada de maneira fracionada proporcionando uma melhor absorção pela planta.



**Figura 12.** Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação na percentagem da massa seca da raiz - %MSR (A e B) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

De acordo com a Figura 13, verifica-se que a irrigação por pulsos favoreceu ( $p > 0,01$ ) à altura de planta AP para as lâminas de 60 e 40% da ETc, não havendo diferença para as demais. Tal comportamento pode ter ocorrido devido ao fato de que sob condições críticas de déficit hídrico, o manejo por pulsos da irrigação, garante melhores condições de umidade no solo para o desenvolvimento da planta.

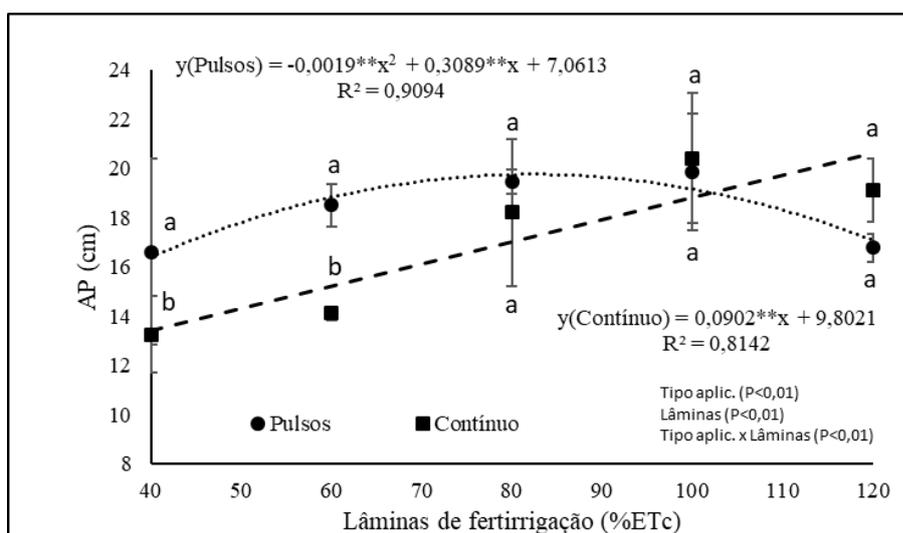
Ainda em relação à AP, conforme os modelos ajustados, verificou-se que a irrigação contínua na lâmina do 100% da ETc, o coentro atinge uma AP de 18,82 cm. Esta mesma AP foi obtida por meio da irrigação por pulsos aplicando-se apenas 60,84% da ETc, ou seja, resultando numa economia de 39,15% de água por ciclo o que equivale a  $419,52 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . De outra forma, a lâmina que maximiza a AP (81,29%

da ETc) proporciona uma AP máxima de 19,61 cm, representando um incremento de 4,22% na AP quando comparada com as plantas irrigadas de maneira contínua. Nesta última situação a economia da água ainda será de 18,71% (Figura 13). Assim é notório que a utilização dos pulsos na irrigação possibilita um maior desenvolvimento da AP. Sendo uma explicação plausível de que o uso dos pulsos incrementa a disponibilidade de água e nutrientes na zona radicular e melhora a distribuição da umidade no solo (Eid et al., 2013).

Em comparação com resultados obtidos por outros pesquisadores, observou-se que as AP do coentro no presente experimento foram superiores para a mesma cultivar. Linhares et al. (2015), avaliando o rendimento do coentro, adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo, obtiveram uma AP máxima de 18,10 cm, para a maior dose e época de adubação, após 35 dias da semeadura. Silva et al. (2015), avaliando o crescimento e produtividade de cultivares de coentro sob adubação fosfatada, obtiveram uma AP máxima de 13,50 cm, após 38 dias da semeadura. Linhares et al. (2014), avaliando o efeito do espaçamento para a cultura do coentro adubado com palha de carnaúba nas condições de Mossoró-RN, obteve uma AP média de 18 cm para maior densidade de plantas (0,10 x 0,005 m, com cinco plantas por cova) e 22,0 cm para a maior dose de adubação de 16,0 t ha<sup>-1</sup>, após 35 dias da semeadura. Lima et al. (2007), avaliando o desempenho agro econômico de cultivares de coentro em função de espaçamentos e épocas de cultivo, obtiveram uma AP de 20,28 cm para o cultivo mais adensado (0,20 x 0,05 m) uma AP de 20,89 cm e 16,44 cm durante duas épocas de cultivo. Já Oliveira et al. (2005), avaliando a produção e valor agro econômico no consórcio entre cultivares de coentro e alface, observaram uma AP máxima de 17,18 cm, após 43 dias da semeadura. Assim, fica evidenciado a clara vantagem da utilização do gotejamento por pulsos no acréscimo da variável AP, frente a manejos convencionais da cultura.

Já AP maiores para a mesma cultivar, foram observadas por Aguiar et al. (2015), avaliando a produção de coentro cultivado com compostos orgânicos. Estes autores obtiveram uma AP de 31 cm para a maior dose de adubação, após 36 dias da semeadura. Pereira et al. (2015), avaliando o desempenho de cultivares de coentro em função do manejo da irrigação na região semiárida, obtiveram uma AP máxima de 40,75 cm, após 40 dias da semeadura. Marsaro et al. (2014), avaliando a produção de cultivares de coentro em diferentes telados e campo aberto, indicam uma AP média de

29,16 cm, após 43 dias da semeadura. Já Angeli et al. (2016), avaliando os componentes de produção e eficiência do uso da água em coentro sob irrigação e adubação nitrogenada, reportam uma AP de 43 cm para a dose aplicada de 105 kg ha<sup>-1</sup> de N, não indicando a variedade utilizada. Comparando os resultados obtidos na presente pesquisa com os trabalhos acima descritos, observa-se que a superioridade obtida nestes últimos, poderia dever-se pela aplicação de fontes de adubação química em solos estáveis, além disso pode-se observar o maior período de permanência em campo da cultura, até 43 dias. Outro fator importante a considerar, são as condições de cobertura em cada experimento, donde a exceção do trabalho efetuado por Marsaro et al. (2014), todas foram desenvolvidas em campo aberto, donde a radiação solar direta permite uma melhor atividade fotossintética e, portanto, uma maior formação de fotoassimilados destinados ao crescimento das plantas.



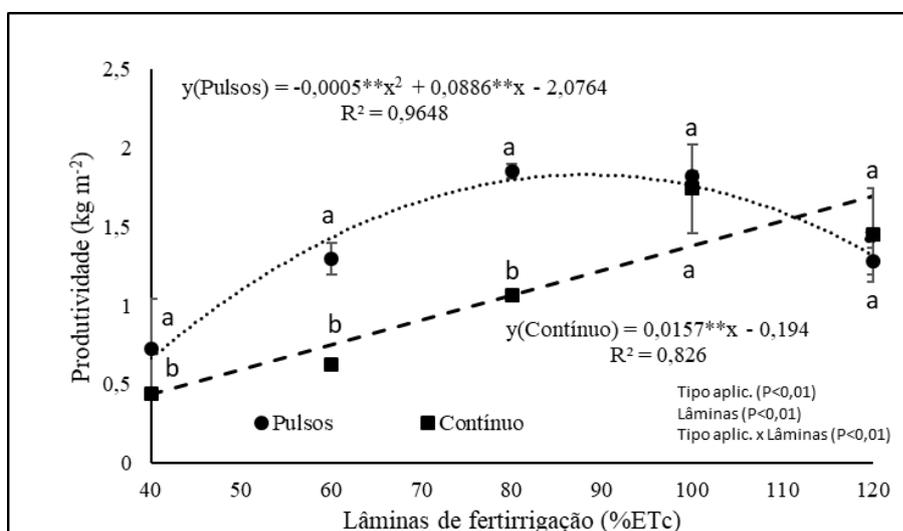
**Figura 13.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para altura da planta - AP de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

Analisando a produtividade, para o desdobramento do fator lâmina de fertirrigação dentro do fator tipo de aplicação, verificou-se que a variação das lâminas de fertirrigação interferiu na produtividade (p>0,01), observando-se, com exceção das lâminas 120% e 100% da ETc, a superioridade dos pulsos sobre a contínua (Figura 14).

Conforme os modelos ajustados e apresentados na Figura 14 verificou-se que o uso da irrigação contínua para uma lâmina do 100% da ETc, a produtividade é de 1,37 kg m<sup>-2</sup>. Em conformidade com o modelo de regressão, tal produtividade poderá ser obtida por meio da irrigação por pulsos mediante a aplicação de uma lâmina correspondente a 57,85% da ETc, resultando numa economia do 42,14% dos requerimentos da água e nutrientes por ciclo. Tal economia equivalente a 451,56 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Por outra análise, a lâmina que maximiza a produtividade (88,60% da ETc), proporcionou uma produtividade de 1,84 kg m<sup>-2</sup> o que representa um incremento de 34,34% quando comparada com a adoção da irrigação contínua. Nesta última análise a economia da água será de 11,40%. A melhora constatada na produtividade indica que o incremento da frequência de irrigação por conta uso dos pulsos, melhora as condições de absorção de água e nutrientes do solo pela planta. Assouline et al. (2012), indicam que este efeito está ligado a três processos: aumento da disponibilidade de água, aumento da disponibilidade de nutrientes e efeito da taxa de aplicação sobre a natureza das raízes (densidade e espessura).

Os resultados obtidos para produtividade do coentro mostram superioridade aos encontrados por diversos autores para a mesma cultivar. Silva et al. (2015), avaliando o crescimento e produtividade de cultivares de coentro sob adubação fosfatada, obtiveram uma produtividade máxima de 0,35 kg m<sup>-2</sup> (3585,82 kg ha<sup>-2</sup>), após 38 dias da semeadura. Marsaro et al. (2014), avaliando a produção de cultivares de coentro em diferentes telados e campo aberto, indicam uma produtividade média de 0,814 kg m<sup>-2</sup> (8,14 t ha<sup>-1</sup>), após 43 dias da semeadura. Linhares et al. (2014), avaliando o efeito do espaçamento para a cultura do coentro adubado com palha de carnaúba nas condições de Mossoró-RN, obteve uma produtividade máxima de 1,20 kg m<sup>-2</sup> na maior densidade de plantas (0,10 x 0,005 m, com 5 plantas por cova) e 1,10 kg m<sup>-2</sup> para a maior dose de adubação de 10,8 t ha<sup>-1</sup>, após 35 dias da semeadura. Já Tavella et al. (2010), avaliando o cultivo orgânico do coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta, adubado com composto, indica uma produtividade máxima de 0,8004 kg m<sup>-2</sup> (8,004 t ha<sup>-1</sup>), com a maior dose de composto aplicado. Diante destes resultados, verifica-se mais uma vez a clara vantagem da utilização dos pulsos na irrigação no incremento da produtividade da cultura do coentro, frente ao manejo convencional da cultura.

Já produtividades maiores para a mesma cultivar foram observadas por Maciel et al. (2012), avaliando as linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio, os autores obtiveram uma produtividade de 2,60 kg m<sup>-2</sup> no plantio por mudas e 2,40 kg m<sup>-2</sup> no plantio direto, após 49 dias da semeadura. Já Oliveira et al. (2005), avaliando a produção e valor agro econômico no consórcio entre cultivares de coentro e alface, determinaram uma produtividade de 1,877 kg m<sup>-2</sup> (18,77 t ha<sup>-1</sup>), após 43 dias da semeadura. Já Angeli et al. (2016), avaliando os componentes de produção e eficiência do uso da água em coentro sob irrigação e adubação nitrogenada, reportam uma produtividade de 2,90 kg m<sup>-2</sup> para a dose aplicada de 94 kg ha<sup>-1</sup> de N, não indicando a variedade utilizada. Comparando os resultados obtidos na presente pesquisa com os trabalhos acima descritos, observa-se que a superioridade obtida nestes últimos, provavelmente se dá pela aplicação de fontes de adubação química, observando-se também a maior permanência da cultura em campo, até 49 dias. Outro fator importante, são as condições de cobertura em cada experimento, sendo todas desenvolvidas em campo aberto, donde a radiação solar direta permite uma melhor atividade fotossintética e, portanto, uma maior formação de fotoassimilados nas plantas.



**Figura 14.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para produtividade (A e B) de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

#### 4. CONCLUSÕES

1. A diminuição das lâminas de fertirrigação reduziu a MFPA, MFR, MSPA, MSR e AP, no entanto, a irrigação por pulsos mitigou o efeito do estresse hídrico sofrido pelo coentro.
2. Os acréscimos nas lâminas de fertirrigação reduziram linearmente a %MSPA e %MSR, proporcionando maior massa fresca comercializável.
3. Obteve-se uma produtividade superior, quando utilizou-se a técnica dos pulsos de irrigação em relação à aplicação contínua na cultura do coentro.

#### 5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.M.; SOUZA, J.A.E.; SOUZA, R.F., CARVALHO, C.A.S.; FERREIRA, C.P. Produção de coentro (*Coriandrum sativum* L.) cultivado com composto orgânico em Irituia - Pará. **Cadernos de Agroecologia**. 10, 1-5, 2015.

ANGELI, K.P.; DELAZARI, F.T.; NICK, C.; FERREIRA, M.G.; SILVA, D.J.H. Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(5), 415-420, 2016.

ASSOULINE, S.; MÖLLER, M.; FURMAN, A.; NARKIS, K.; SILBER, A. Impact of water regime and growing conditions on soil-plant interactions: from single plant to field scale. **Vadose Zone J.**, 11, 3-14, 2012.

CARRIJO, O.A.; SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; ANDRADE, R.J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 32).

CASTRO, C. N. de. A agricultura no nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao Desenvolvimento. Boletim regional, urbano e ambiental, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília: IPEA, 2013.

CAVALCANTE, A.R.; SANTOS JUNIOR, J.A.; GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; PAZ, V.P.S. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, 21, 685-696, 2016.

COTE, C.; BRISTOW, K.; CHARLESWORTH, P.; COOK, F.; THORBUM, P. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. **Irrigation Science**, 22(1), 143-156, 2003.

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**, 4(1), 249-261, 2013.

ELMALOGLU, S.; DIAMANTOPOULOS, E. Wetting front advance patterns and water losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. **Computers and Electronics in Agriculture**. 90(1), 160–163, 2007.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, 35(6), 1039-1042, 2011.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas, Instituto Agronômico, 1998.

IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2.ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008.

JALES, M.C.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; BASTOS, R.B.; MACHADO, R.C.A. O Ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): Biomassa Fitoplanctônica e Parâmetros Hidrológicos. **Atlântica**, 34(2), 87-102, 2012.

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**, 38(4), 407-413, 2007.

LINHARES, P.C.F.; OLIVEIRA, J.D.; PEREIRA, M.F.S.; FERNANDES, J.P.P.; DANTAS, R.P. Espaçamento para a cultura do coentro adubado com palha de carnaúba nas condições de Mossoró-RN. **Revista verde**, 9(3), 1–6, 2014.

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 medicinais**, 17(3), 462-467, 2015.

MACIEL, G.M.; COSTA, C.P.; SALA, F.C. Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, 30(4), 607-612, 2012.

MARSARO, R.; MELO, K.D.A.; SEABRA JUNIOR, S.; BORGES, L.S. Produção de cultivares de coentro em diferentes telados e campo aberto. **Revista Cultivando o Saber**, 7(4), 362 - 373, 2014.

MARTIN, J.D.; CARLESSO, R.; AIRES, N.P.; GATTO, J.C.; DUBOU, V.; FRIES, H.M.; SCHEIBLER, R.B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. **Irriga**, 192 - 205, 2012.

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

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**, 23(2), 285-289, 2005.

PEREIRA, J. C. A.; SILVA<sup>2</sup>, S.S.; DANTAS, N.J.; PEDROZA, J.A.; AZEVEDO, C.A.V. Desempenho de cultivares de coentro em função do manejo da irrigação na região semiárida. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC 2015, Fortaleza, Ceará, 2015.

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

REBOUÇAS, A. C. Água na Região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados – USP**, 11(29), 127 – 154, 1997.

SERON, C. C.; LORENZONI, M. Z.; SOUZA, A. H. C.; MALLER, A.; REZENDE, R.; GONCALVES, A. C. A. Crescimento da cultura do pepino irrigado por pulsos. In:

IX EPCC - ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA  
UNICESUMAR, Paraná, Brasil, 9(1), 4-8, 2015.

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 medicinais**, Botucatu, 14, 192-196, 2012.

SILVA, R.B.; BARBOSA, W.S.S.; ALBUQUERQUE NETO, J.C.; CESAR, D.N.; SANTOS, W.E.; SANTOS NETO, A.L. Crescimento e produtividade de cultivares de coentro sob adubação fosfatada. In: III INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, Fortaleza, Brasil. 2015.

TAVELLA, L.B.; GALVÃO, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; NEGREIROS, J.R.S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agronômica**, 41(4) 614-618, 2010.

VYRLAS P.; SAKELLARIOU, M. Intermittent water application through surface and subsurface drip irrigation. **ASAE Annual International Meeting**. Tampa, Florida, 2005.

WARNER, R.; HOFFMAN, O.; WILHOIT, J. The effects of pulsing drip irrigation on tomato yield and quality in kentucky. **2009 Fruit and Vegetable Crop Research Report**, 39-40, 2009.

# RELAÇÕES HÍDRICAS SOB APLICAÇÃO DO GOTEJAMENTO POR PULSOS NA CULTURA DE COENTRO E PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do gotejamento por pulsos, sob diferentes níveis de reposição da lâmina de fertirrigação, sobre principais relações hídricas na cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.). O experimento foi realizado em condições de ambiente protegido, nas dependências da UFRPE, campus Dois Irmãos, Recife PE. O delineamento experimental foi blocos casualizados em esquema fatorial 2x5, com três repetições. Os tratamentos consistiram de dois tipos de aplicação (contínua e por pulsos) e cinco lâminas de reposição da ETc (40, 60, 80, 100 e 120%). A demanda de água foi estimada por balanço hídrico via lisimetria de drenagem. Foram definidos seis pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas aplicações sucessivas. Observou-se uma resposta quadrática decrescente para a eficiência do uso da água da parte aérea e raiz. O teor de água e o índice de produção de massa na parte aérea cresceu de maneira linear conforme a lâmina era incrementada. No entanto o índice de produção de massa na raiz e a razão raiz parte aérea decresceram linearmente com o incremento da lâmina de fertirrigação. Ao final do experimento evidenciou-se o benefício do uso da irrigação por pulsos para mitigação dos efeitos negativos do déficit hídrico na cultura do coentro.

**Palavras-chave:** Produtividade da água, irrigação parcelada, *Coriandrum sativum* L., déficit hídrico, lâmina de reposição.

## **WATER RELATIONS UNDER APPLICATION OF PULSE DRIP ON CORIANDER CROP AND EFFICIENCY PARAMETERS**

### **ABSTRACT**

The objective of this work was to evaluate the effect of pulse drip irrigation under different levels of fertigation on the main water relations in coriander crop (*Coriandrum sativum* L.). The experiment was carried out under protected environment conditions, at UFRPE, Dois Irmãos campus, Recife. The experimental design was randomized blocks in 2x5 factorial scheme, with three replicates. The treatments consisted of two types of application (Continuous and pulsed) and five ETC replacement water depths (40, 60, 80, 100 and 120%). Water demand was estimated by water balance through drainage lysimetry. Six irrigation pulses were defined with a 60 minute rest interval between two successive applications. A decreasing quadratic response was observed for the aerial part and root water use efficiency. The water content and the mass production index in the aerial part increased linearly as the water depths was increased. However, the mass production index at the root and the ratio root aerial part decreased linearly with the increment of the fertirrigation water depths. At the end of the experiment the benefit of the use of pulsed irrigation to mitigate the negative effects of the water deficit in the coriander crop was evidenced.

**Key words:** Water productivity, split irrigation, *Coriandrum sativum* L., water deficit, replacement of water depths.

## 1. INTRODUÇÃO

O déficit hídrico no mundo vem aumentando com o decorrer dos anos e, no Brasil, a escassez e a irregularidade pluviométrica estão entre os principais fatores limitantes à produção agrícola. No Nordeste, mesmo em condições que não garantem a disponibilidade hídrica suficiente, a agricultura tem papel de destaque na economia regional. No sertão predomina a agricultura de subsistência que as vezes é prejudicada pelas estiagens. Assim a utilização de práticas de irrigação mais eficientes é indispensável para a sustentabilidade do setor (Freire, 2008; Castro, 2013).

Dentre as culturas de importância nas regiões Norte e Nordeste do país destaca-se o coentro, uma hortaliça herbácea anual que, devido à versatilidade de uso, é de considerável valor e de grande importância socioeconômica. É cultivada em sua maioria por pequenos e médios agricultores, para ser aproveitado como tempero. É comercializada em feiras livres e supermercados e os frutos são utilizados para a indústria (Maciel et al., 2012).

Em virtude das condições climáticas da região, o coentro sempre é cultivado com irrigação. Geralmente é explorada em pequenas áreas com água proveniente de pequenas fontes como açudes, poços amazonas, poços naturais em leitos de rios, poços tubulares, dentre outras (Medeiros et al., 1998). Podendo ademais adotar sistemas avançados de irrigação e fertirrigação de alta frequência, para economizar água, controlar o movimento de solutos externos e melhorar a qualidade dos produtos (Phogat et al., 2013).

Por outro lado, é necessário que a água aplicada seja totalmente disponibilizada para a cultura, através de uma eficiente aplicação e armazenagem no solo. Uma técnica com potencial para maximizar a utilização da água é a irrigação por pulsos, consistente na aplicação mais frequente e parcelada da água. Assim, espera-se uma economia de água que seria eventualmente desperdiçada numa irrigação contínua, devido a perdas por evaporação ou percolação profunda (Nascimento et al., 2013). É indicado também que a divisão da irrigação deve realizar-se com objetivo de manter a água e os nutrientes solúveis, dentro da zona da raiz, reduzindo assim o risco de movimento de água por abaixo desta zona (Simone *et al.*, 2004).

Para garantir uma boa produtividade, conjuntamente com a irrigação são providos nutrientes, denominando-se fertirrigação. Para que esta prática seja

eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a água aplicada, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação; por sua vez, esta concentração deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas (Blanco & Folegatti, 2002).

Já o aproveitamento da água e nutrientes, está ligado à eficiência do uso da água, a mesma que sob um manejo pulsado terá um incremento substancial, tal como foi evidenciado por Almeida et al. (2015a), atingindo uma maior eficiência de uso de água nos tratamentos pulsados com reposição do 75% da ETc. Warner et al. (2009), trabalhando com tomate, atingiram uma economia de 40% da água, mantendo a produtividade e qualidade da cultura. Abdelraouf et al. (2012), na batata atingiram um 63,90% de acréscimo na EUA, para os tratamentos pulsados, podendo economizar até 25% de água por estação.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do gotejamento por pulsos sob diferentes níveis da lâmina de reposição da água, sobre as principais variáveis hídricas e de eficiência da cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido nas dependências do departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, campus Dois Irmãos, Recife PE, coordenadas geográficas 08°01'6,50" S, 34°56'46" O e altitude média de 6,5 m, o experimento foi conduzido entre os meses de agosto e setembro do 2017.

De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo possui clima do tipo As', denominado tropical quente e úmido, com chuva de outono-inverno, apresentando uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro, e uma estação chuvosa, de março a agosto (Jales et al., 2012). A temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas automaticamente via ARDUINO, com uma temperatura máxima média de 34,35°C e mínima média de 25,66°C; a umidade relativa mostrou uma máxima média de 92,22% e uma mínima média de 55,90%.

As unidades experimentais foram instaladas dentro de ambiente protegido de 162 m<sup>2</sup>, casa de vegetação com cobertura tipo capela. No interior foram dispostas 30 unidades experimentais de 1,02 m<sup>2</sup> (5,00 x 0,20 m) e uma profundidade de 0,20 m.

Cada canteiro foi impermeabilizado com filme plástico de polietileno e equipado com um sistema de drenagem.

O solo utilizado no experimento possui textura arenosa contendo 904 g kg<sup>-1</sup> de areia, 32 g kg<sup>-1</sup> de silte e 64 g kg<sup>-1</sup> de argila. As densidades do solo e de partículas foram de 1,5 e 2,5 kg dm<sup>-3</sup>. Os limites de armazenamento de água do solo da área experimental são de 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (capacidade de campo) e 0,09 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (ponto de murcha permanente). Na Tabela 4 encontram-se as características químicas do solo utilizado no experimento.

**Tabela 4.** Análise química do solo utilizado no experimento.

pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O.	M.O.	H+Al
1: 2,5	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )					(mg dm <sup>-3</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
5,1	2	1,5	0,20	0,01	0,01	2,00	5,62	9,69	4,68

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2x5. Os tratamentos consistiram em dois tipos de aplicação da água (irrigação por pulsos e contínua) e cinco lâminas de reposição da ETc (120, 100, 80, 60 e 40%), com três repetições, totalizando dez tratamentos, perfazendo 30 parcelas experimentais. Foram definidos seis pulsos de irrigação com intervalo de 60 minutos de repouso entre duas irrigações sucessivas. A determinação da Evapotranspiração de cultivo (ETc) foi realizada por meio do balanço hídrico em lisímetros de percolação instalados em vasos de 5,0 litros no interior da casa de vegetação. A ETc foi tomada pela média de quatro observações.

A irrigação das parcelas foi feita via fita gotejadora (DN 16 mm) com gotejadores integrados espaçados a 0,30 m com 0,60 L h<sup>-1</sup> de vazão nominal. A pressão durante a operação do sistema foi regulada em 10 mca. Para o funcionamento adequado do sistema de irrigação foram utilizados registros, válvulas solenóides, regulador de pressão, filtro, microcontrolador e um sistema de bombeamento com potência instalada de 0,5 CV.

O tempo de irrigação foi determinado considerando a lâmina bruta de irrigação a ser aplicada em cada tratamento. A lâmina bruta de irrigação foi obtida pela relação simples entre a ETc e a eficiência média de aplicação do sistema de irrigação.

A diferenciação dos tratamentos teve início a partir do decimo dia após a semeadura. Até este dia, todas as parcelas receberam irrigações diárias aplicando 100% da ETc de maneira contínua.

O parcelamento da lâmina bruta de irrigação e o cálculo de tempos de aplicação, de acordo com cada tratamento, foi feito automaticamente mediante circuito eletrônico de controle em ARDUINO. As irrigações diárias começaram sempre às nove da manhã.

## **2.1. Descrição e condução da cultura**

Para a execução do experimento foi escolhido o coentro, *Coriandrum sativum* L., cultivar Verdão. A semeadura foi feita diretamente nas unidades experimentais, colocando-se dez frutos de dois sementes cada uma por cova, com espaçamento 0,10 x 0,15 m, fazendo um posterior desbaste e deixando seis plantas por cova. A área útil de amostragem por ocasião da colheita foi de 0,12 m<sup>2</sup> por tratamento.

Foi necessária a aplicação de calcário agrícola para a correção da acidez do solo. A fertilização foi feita conforme as recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008). A aplicação da fertilização fosfatada (superfosfato simples) foi feita de forma convencional em fundação. O restante dos nutrientes foi aplicado diariamente via fertirrigação, solução nutritiva preparada conforme preconiza Furlani (1998).

O controle de plantas daninhas e competidoras foi feita manualmente. Foi detectada a presença de pragas como lagarta e pulgão, sendo imediatamente aplicado e por uma única vez inseticida de contato Decis®. Não se observou presença de doenças.

## **2.2. Consumo hídrico**

Ao longo do experimento, foram aplicadas 34 irrigações diárias. Durante os primeiros 10 dias após a semeadura, todos os tratamentos receberam as mesmas lâminas, para o estabelecimento da cultura. O fator lâmina de fertirrigação estabeleceu-se considerando uma variação de 20%, a partir da lâmina mais baixa de 40%, até 120% de reposição da ETc, totalizando 54,4 mm e 124,8 mm respectivamente. As lâminas diferenciadas para cada tratamento estão indicadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Lâminas de fertirrigação aplicadas por tratamento.

Tratamentos	Lâmina inicial (mm)	Lâmina de tratamento (mm)	Lâmina total (mm)
120% ETc - Pulsos	19,2	105,6	124,8
120% ETc - Contínuo	19,2	105,6	124,8
100% ETc - Pulsos	19,2	88,0	107,2
100% ETc - Contínuo	19,2	88,0	107,2
80% ETc - Pulsos	19,2	70,4	89,6
80% ETc - Contínuo	19,2	70,4	89,6
60% ETc - Pulsos	19,2	52,8	72,0
60% ETc - Contínuo	19,2	52,8	72,0
40% ETc - Pulsos	19,2	35,2	54,4
40% ETc - Contínuo	19,2	35,2	54,4

Foram realizadas duas avaliações para verificar a uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, uma no início e outra no final do experimento segundo metodologia descrita por Merriam & Keller (1978). Para uma pressão média de funcionamento de 10,0 mca a vazão média dos gotejadores foi de 0,55 L h<sup>-1</sup>. O coeficiente de uniformidade de distribuição de água para o início e o fim do experimento foi de 98,20 e 97,09% respectivamente.

### 2.3. Variáveis analisadas

#### 2.3.1. Índice de estresse hídrico

O índice de estresse hídrico da cultura foi calculado mediante a diferença da temperatura foliar da planta e a temperatura de ar na casa de vegetação, seguindo a metodologia de Idso et al. (1977), de acordo com a Equação 1.

$$IEH = T_c - T_a \quad (\text{Eq. 1})$$

**Em que:**

IEH: Índice de estresse hídrico (°C).

Tc: Temperatura foliar da cultura (°C).

Ta: Temperatura do ar (°C).

A temperatura foliar foi registrada diariamente utilizando termômetro digital infravermelho portátil, no horário de máxima radiação solar do dia. A temperatura do ar foi medida utilizando sensor eletrônico calibrado de temperatura e umidade, com respaldo horário no sistema ARDUINO, instalado na área do experimento.

### 2.3.2. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água para a massa fresca e seca, ou produtividade da água, foi determinada como um indicador da efetividade do uso da água de irrigação para incrementar o rendimento da cultura. Foi obtido pela relação entre a produção total da cultura (fresca e seca) e o volume de água aplicado, de acordo com as Equações 2 e 3.

$$EUA(mf) = \frac{MF_{total}}{CH_{total}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$EUA(ms) = \frac{MS_{total}}{CH_{total}} \quad (\text{Eq. 3})$$

#### Em que:

EUA(mf): Eficiência do uso da água na produção da massa fresca ( $\text{g L}^{-1}$ ).

EUA(ms): Eficiência do uso da água na produção da massa seca ( $\text{g L}^{-1}$ ).

MF<sub>total</sub>: Massa fresca total (g).

MS<sub>total</sub>: Massa seca total (g).

CH<sub>total</sub>: Consumo hídrico total ( $\text{L pl}^{-1}$ ).

### 2.3.3. Teor de água na parte aérea e raiz

O Teor de água na parte aérea e raiz foi calculado mediante a relação entre a massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, segundo a metodologia proposta por Benincasa (2003), seguindo as seguintes equações:

$$TAPA = \left( \frac{MFPA - MSPA}{MSPA} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$TAR = \left( \frac{MFR - MSR}{MSR} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

#### Em que:

TAPA: Teor de água da parte aérea (%).

MFPA: Massa fresca da parte aérea (g).

MSPA: Massa seca da parte aérea (g).

TAR: Teor de água da raiz (%).

MFR: Massa fresca da raiz (g).

MSR: Massa seca da raiz (g).

### 2.3.4. Índice de produção de massa da parte aérea e raiz

O índice de produção de massa na parte aérea e raiz, foi calculada relacionando a massa seca da parte aérea e raiz respectivamente e a massa seca total, segundo proposta por Benincasa (2003), utilizando a Equação 6 e 7:

$$IPMPA = \frac{MSPA}{MST} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$IPMR = \frac{MSR}{MST} \quad (\text{Eq. 7})$$

#### Em que:

IPMPA: Índice de produção de massa na parte aérea (%).

IPMR: Índice de produção de massa na raiz (%).

MSPA: Massa seca da parte aérea (g).

MSR: Massa seca da raiz (g).

MST: Massa seca total (g).

### 2.3.5. Razão raiz parte aérea

A razão raiz / parte aérea foi calculada relacionando a massa seca da raiz e a massa seca da parte aérea, segundo proposta por Magalhães (1979), utilizando a Equação 8:

$$rR/PA = \left( \frac{MSR}{MSPA} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

#### Em que:

rR/PA: Razão raiz parte aérea (adimensional).

MSR: Massa seca da raiz (g).

MSPA: Massa seca da parte aérea (g).

## 2.4. Análise estatística

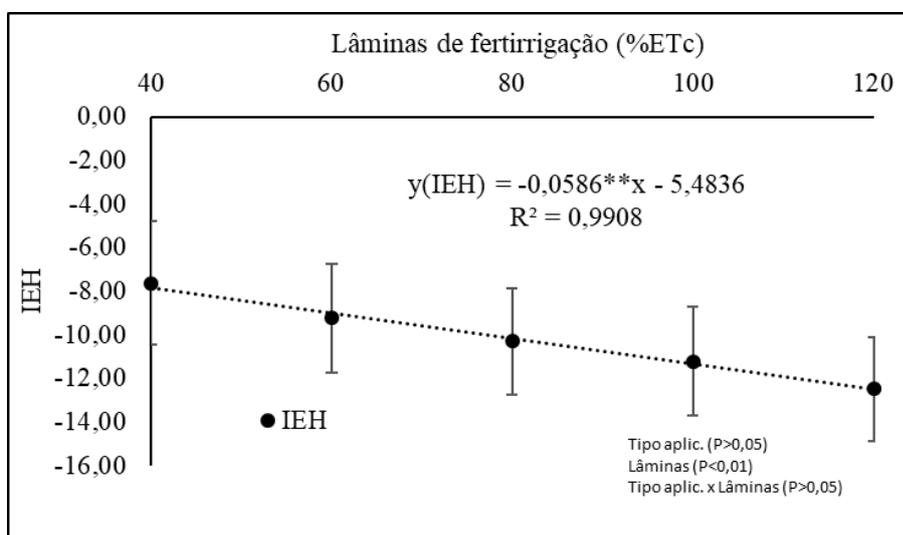
Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância aplicando o teste F. Quando necessário foram feitas análises de regressão para o fator quantitativo e aplicado teste aglomerativo de medias Scott Knott ao 5% de significância para o fator qualitativo. Foi utilizando o software estatístico de licença livre SISVAR (Ferreira, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis foram verificados coeficientes de variação inferiores a 15%, indicando adequada uniformidade no experimento.

O índice de estresse hídrico (IEH) do coentro diminuiu de maneira linear na proporção de 0,058% por cada 1% de incremento da lâmina de reposição da ETc independentemente do tipo de aplicação. O incremento do IEH conforme a lâmina de reposição da ETc é diminuída, evidencia que as plantas quando submetidas a déficit hídrico, transpiram menos devido ao fechamento estomático nas folhas, refletindo diretamente em maiores valores de temperatura foliar (Figura 15).

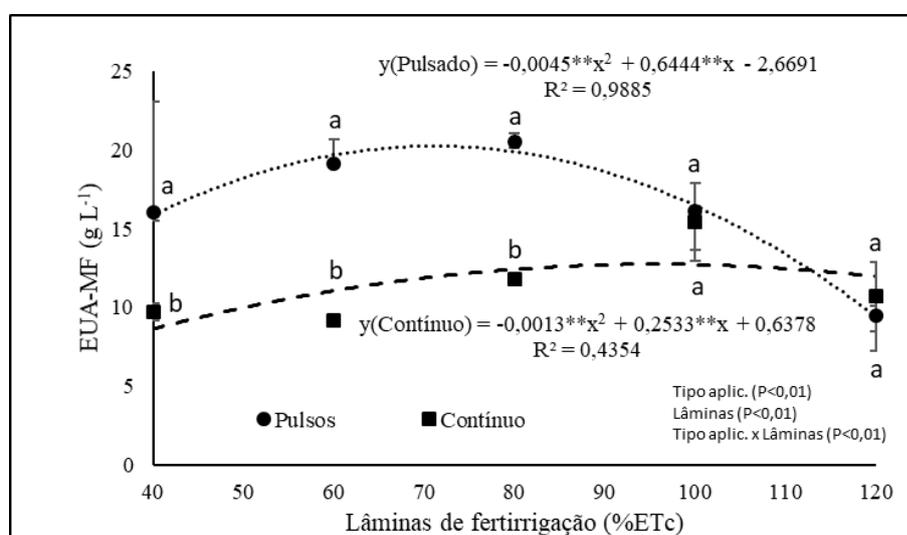
Pode-se observar para todos os tratamentos valores de IEH negativos, indicando que nenhum dos tratamentos sofreu estresse hídrico durante seu desenvolvimento, ou seja, a temperatura da cobertura foliar manteve-se abaixo da temperatura do ar. Isto ocorreu provavelmente pela presença da cobertura da casa de vegetação que diminuiu o efeito dos raios solares além da adaptação do genótipo utilizado as condições da região nordeste.



**Figura 15.** Efeito das lâminas de fertirrigação no índice de estresse hídrico (IEH) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias.

Para a eficiência do uso da água da massa fresca (EUAMF), observa-se o ajuste do modelo quadrático às médias dos dados obtidos. Verificou-se que a EUAMF das plantas fertirrigadas por pulsos foi superior ( $p > 0,01$ ) à das plantas fertirrigadas de

forma contínua. O que revela um incremento médio de 43,04% para o coentro irrigado por pulsos. Podendo-se atingir uma EUAMF máxima de 20,40 g L<sup>-1</sup> para uma lâmina de 71,60% da ETc. Em comparação as plantas irrigadas de maneira contínua atingem uma EUAMF de 12,97 g L<sup>-1</sup> repondo 100% da ETc. Ficando evidenciado a superioridade dos pulsos de irrigação no incremento da produtividade da água para a formação de cada grama de massa fresca de coentro (Figura 16). Assim mesmo, de acordo com os resultados apresentados verificou-se que a produtividade da água, na irrigação por pulsos foi superior (p>0,01) à das plantas irrigadas de maneira convencional, exceto para as lâminas de 120 e 100% da ETc.

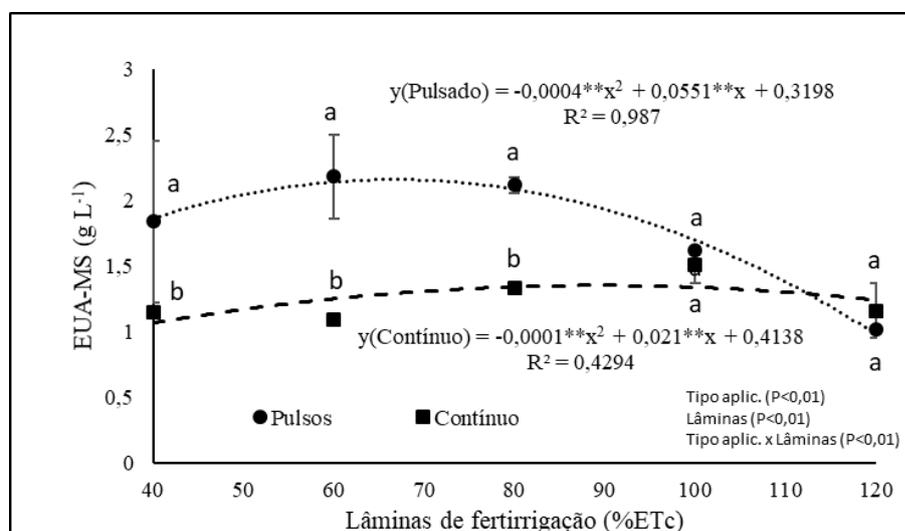


**Figura 16.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para eficiência do uso da água da massa fresca - EUAMF de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

Para a eficiência do uso da água da massa seca - EUAMS (Figura 17), observou-se que a produtividade das plantas irrigadas por pulsos foi superior (p>0,01) à produtividade das plantas irrigadas de forma contínua. Assim o incremento médio observado foi de 41,12%. Sob irrigação por pulsos pode-se atingir uma EUAMS máxima de 2,21 g L<sup>-1</sup> para uma lâmina de 68,88% da ETc. Tal produtividade é superior à obtida por meio da irrigação contínua repondo 100% da ETc.

Tal como aconteceu para produtividade da água em matéria fresca, a irrigação por pulsos proporcionou uma maior produtividade de água (p>0,01) em matéria seca

(EUAFS) do coentro, exceto para as lâminas de 120 e 100% da ETc. Tal constatação demonstra o benefício do uso da irrigação por pulsos na EUAMS do coentro (Figura 17).



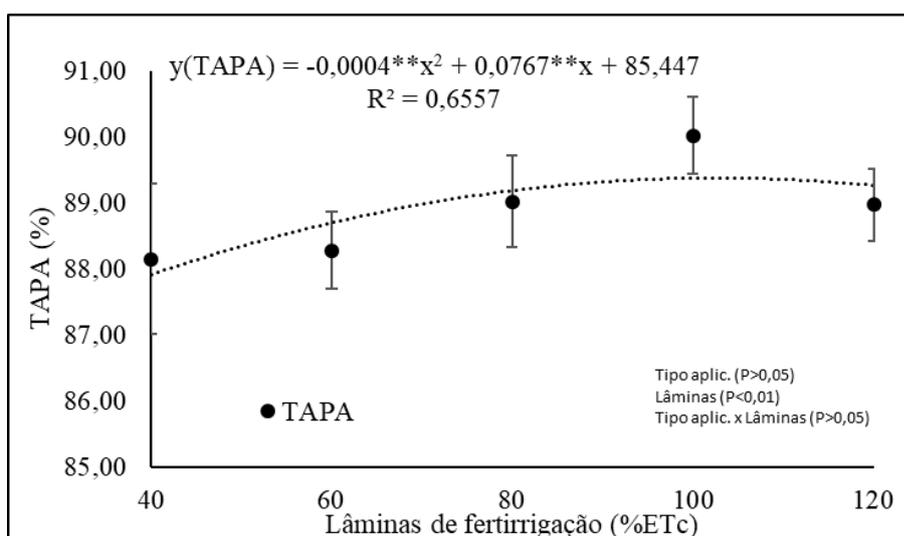
**Figura 17.** Análise da interação entre o tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação para eficiência do uso da água da massa fresca - EUAFF de coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott, P <0,05).

O efeito da irrigação por pulsos sobre a EUA foi verificado por vários autores ao redor do mundo. Almeida et al. (2015a), avaliando pulsos e cobertura do solo na cultura de alface, verificou uma maior eficiência de uso de água nos tratamentos pulsados com reposição do 75% da ETc, podendo aplicar até 50% da ETc sem afetar a produtividade desde que seja utilizado “mulching” no solo para diminuir as perdas por evaporação. Efeito similar também foi observado pelos autores na cultura de abobrinha italiana (Almeida et al., 2015b), ademais obtiveram elevadas produtividades total e comercial. Warner et al. (2009), trabalhando com tomate, atingiram uma economia de 40% da água com uma aplicação pulsada da irrigação, mantendo a produtividade e qualidade da cultura.

Trabalhos avaliando o efeito da irrigação por gotejamento pulsado sobre a distribuição da umidade do solo e na produtividade do milho, determinaram uma maior EUA para o tratamento pulsado, registrando um aumento de 13,55% a mais que o tratamento contínuo (Zin El Abedin, 2006).

Observações do efeito da irrigação por pulsos e contínua, superficial e subterrânea na cultura da batata, indicam que a EUA foi acrescentada em um 65% no tratamento pulsado em comparação com a contínua aplicando quatro pulsos e um 75% da lâmina de reposição da ETc, atingindo uma poupança do 25% da água de irrigação (Bakeer et al., 2009). Na mesma cultura, Abdelraouf et al. (2012), testando gotejamento contínuo e pulsado, atingiram um 63,90% de acréscimo na EUA, para os tratamentos pulsados com lâminas de reposição de 100% e 75% da ETc, indicando que a maior número de pulsos maior será o incremento da EUA, podendo economizar até 25% dos requerimentos de água por estação.

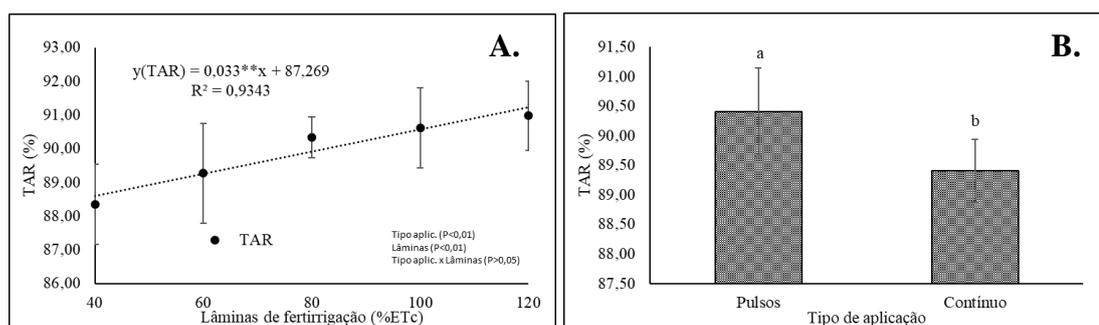
O teor de água na parte aérea (TAPA) do coentro ajustou-se ao modelo quadrático. A diminuição da TAPA conforme a lâmina de reposição da ETc é reduzida, se deve aos processos biológicos ligados às relações hídricas da planta que vão sendo gradualmente afetados, ocasionando um decréscimo no acúmulo da matéria fresca (Figura 18). Este fato também é explicado por Eid et al. (2013), indicando que devido ao aumento da taxa de evaporação da superfície do solo, acrescentado pelos intervalos entre pulsos, proporcionam uma concentração dos sais ao redor da planta, aumentando o potencial osmótico, e, portanto, a probabilidade de plasmólise (perda de água através da osmose, acompanhada pelo encolhimento do protoplasma longe da parede celular), diminuindo assim o rendimento em matéria fresca.



**Figura 18.** Efeito das lâminas de fertirrigação no teor de água na parte aérea (TAPA) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias.

O teor de água na raiz (TAR) aumentou de maneira linear com um incremento de 0,033% por cada 1% de aumento da lâmina aplicada, independentemente do tipo de aplicação. Tal incremento se deve ao fato de que os tratamentos com maiores lâminas aplicadas concentram maior teor de água e, portanto, maior matéria fresca que os tratamentos que recebem menos água (Figura 19A).

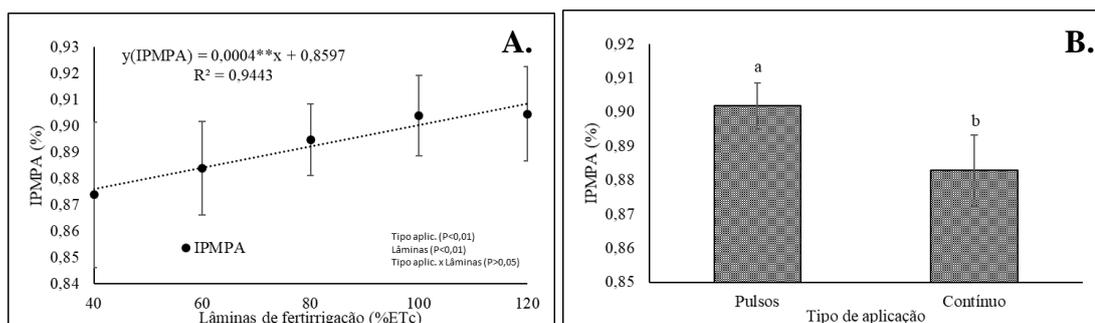
Conforme apresentado na Figura 19B, observa-se que o TAR alcançado para coentro irrigado por pulsos foi de 90,40% enquanto que para as plantas irrigadas de maneira contínua o TAR obtido foi de 89,41% o que representa um acréscimo de 1,10%. Este incremento deve-se a que a planta se encontra com suficiente disponibilidade hídrica, pela menor quantidade evaporada do solo, garantindo o normal desenvolvimento dos processos fisiológicos, como a captação da água a nível celular pelos vacúolos, permitindo seu crescimento, com muito pouco gasto de material (UPV, 2017).



**Figura 19.** Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no teor de água na raiz - TAR (A e B) no coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

Em análise dos resultados do índice de produção de massa da parte aérea (IPMPA) do coentro, evidenciou-se que as lâminas crescentes de irrigação proporcionaram um incremento de 0,0004% do IPMPA por cada 1% de incremento da lâmina de reposição da ETc, independentemente do tipo de aplicação. É importante observar que conforme o IPMPA aumenta, a IPMR diminui proporcionalmente, isto deve-se a um maior acúmulo dos nutrientes e água na parte aérea em comparação com a raiz (Figura 20A e Figura 21A).

Para as plantas irrigadas por pulsos o IPMPA foi superior ( $p>0,01$ ) ao das plantas irrigadas de maneira contínua. Constatou-se que sob irrigação por pulsos as plantas produziram 2,27% mais massa na parte aérea que as plantas irrigadas com aplicação contínua. É notável a vantagem da adoção dos pulsos visto que favorece um maior desenvolvimento da parte aérea da planta como parte comercial da cultura (Figura 20B).



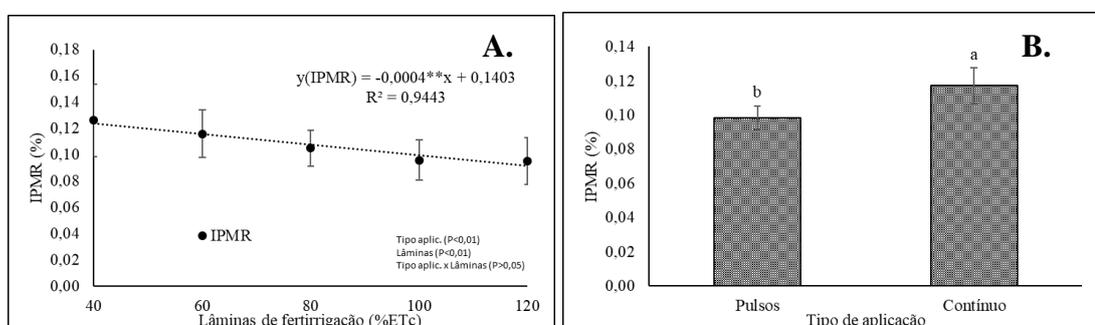
**Figura 20.** Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no índice de produção de massa na parte aérea - IPMPA (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

Para o índice de produção de massa de raiz (IPMR) observou-se que conforme o valor das lâminas de reposição da ETc aumenta em uma unidade, o IPMR diminui em 0,0004%, independentemente do tipo de aplicação (Figura 21A). Este decréscimo está diretamente relacionado ao teor de água na planta, se este decresce ocasiona uma maior concentração de matéria seca na raiz, em detrimento da massa aérea que é a parte comercial da cultura.

Quanto as plantas foram irrigadas por pulsos o IPMR observado foi 20% menor que o IPMR das plantas irrigadas de maneira contínua (Figura 21B). O maior IPMR nos tratamentos com irrigação contínua está diretamente ligado ao fato que o déficit hídrico estimula um maior desenvolvimento e expansão do sistema radicular para camadas mais profundas e úmidas do perfil do solo, precisando o deslocamento de uma grande parte dos fotoassimilados produzidos para a maior formação deste órgão, em detrimento das demais partes vegetativas e reprodutivas da planta (Albuquerque, 2015; Santos & Carlesso, 1998). O contrário acontece na irrigação por pulsos, onde

um bulbo úmido constante ao redor das raízes é garantido pelas melhores condições de disponibilidade hídrica e menores perdas por evaporação e percolação profunda.

Este fato é comentado por Almeida (2012), testando pulsos na irrigação e cobertura plástica na cultura de alface. O autor observou que uma proliferação maior de raízes superficiais nos primeiros centímetros do solo, pode-se dever à irrigação por pulsos cujo fornecimento de água ocorre em maior frequência, o que provavelmente favorece a produtividade. A melhora gerada pelos pulsos sobre o bulbo molhado na raiz também foi verificada por Bakeer et al. (2009), testando os pulsos na cultura da batata, indicando que repondo do 100% da umidade necessária, o volume de solo molhado é maior na irrigação por pulsos em 48% que na aplicação contínua, não requerendo assim um maior desenvolvimento radicular.

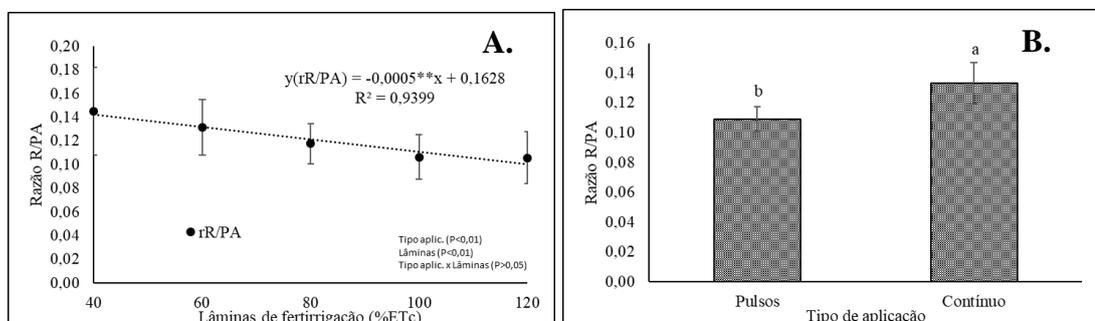


**Figura 21.** Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação no índice de produção de massa na raiz - IPMR (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

Em relação a razão raiz / parte aérea (rR/PA) observou-se uma diminuição linear de 0,0005 conforme as lâminas de reposição da ETc aumento em uma unidade, independentemente do tipo de aplicação (Figura 22A). Este decréscimo evidencia que, sob estresse hídrico se estimula o crescimento de raízes, inibindo-se o crescimento da parte aérea.

Assim também, constatou-se que as plantas irrigadas de forma contínua tiveram uma rR/PA 18,18%, maior ( $p > 0,05$ ) que as plantas submetidas à irrigação por pulsos (Figura 22B). Este valor elevado da rR/PA observado na aplicação contínua, se deve ao incremento relativo da superfície radicular frente à parte aérea, gerado pela necessidade de atingir mais umidade e nutrientes no solo, causando por sua vez

diminuição da massa da parte aérea, pela maior translocação de nutrientes para a formação de novo tecido radicular. O contrário acontece na irrigação por pulsos, onde a menor rR/PA indica uma melhor condição quanto ao alcance de nutrientes e água pela raiz (Figura 22B).



**Figura 22.** Análise do efeito do tipo de aplicação e as lâminas de fertirrigação na razão raiz/parte aérea - rR/PA (A e B) do coentro cv. Verdão cultivado sob condições de ambiente protegido. As barras de erro representam os erros padrão das médias. Diferentes letras indicam diferenças significativas entre tratamentos (teste Scott Knott,  $P < 0,05$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

- Os valores das variáveis EUAMF, EUAMS, TAPA, TAR, IPMPA, foram superiores para as plantas irrigadas por pulsos, enquanto o IPMR e rR/PA foram superiores na irrigação contínua, evidenciando o déficit mantido neste tipo de aplicação.
- O índice de estresse hídrico é afetado pelas lâminas de reposição da ETC, acentuando-se seu efeito negativo nas menores lâminas aplicadas.
- A estratégia da utilização dos pulsos de irrigação sob condições de déficit hídrico garantiu um alto teor de água na planta, o que ressalta seu efeito na manutenção da qualidade comerciável da cultura.
- A aplicação dos pulsos na irrigação, atenuou os efeitos negativos das condições de estresse hídrico, traduzindo-se em maior IPMPA e menor IPMR.

#### 5. 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**, 6(3), 807-816, 2012.

ALBUQUERQUE, A.H.P. *Distribuição da umidade do solo no cultivo da goiabeira sob altas frequências de irrigação e diferentes coberturas mortas*. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Ceará.

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

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

ALMEIDA, W.F.; LIMA, L.A.; GUIMARÃES, A.L., ANDRADE, R.R. Eficiência do uso da água e produtividade da abobrinha italiana sob o efeito do gotejamento por pulsos. In: XLIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, São Paulo, Brasil, 2015b.

BAKEER G.A.A.; EL-EBABI F.G.; EL-SAIDI M.T.; ABDELGHANY A.R.E. Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. **Misr Journal of Agricultural Engineering**, 26(2), 736-765, 2009.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas. Noções Básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003.

BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 6(2), 251-255, 2002.

CASTRO, C. N. de. A agricultura no nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao Desenvolvimento. **Boletim regional, urbano e ambiental, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Brasília: IPEA, 2013.

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**, 4(1), 249-261, 2013.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, 35(6), 1039-1042, 2011.

FREIRE, J.O. *Resposta do mamoeiro Golden a diferentes lâminas e frequências de irrigação. Mossoró. 2008. 52f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte.*

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998.

IDSO, S. B.; JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. **Remote-sensing of crop yields**. Science, 196, 19-25, 1977.

IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 2.ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008.

JALES, M.C.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L.; BASTOS, R.B.; MACHADO, R.C.A. O Ecossistema recifal de Serrambi (nordeste do Brasil): Biomassa Fitoplantônica e Parâmetros Hidrológicos. **Atlântica**, 34(2), 87-102, 2012.

MACIEL, G.M.; COSTA, C.P.; SALA, F.C. Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**, 30(4), 607-612, 2012.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 331-350, 1979.

MEDEIROS, J.F.; MEDEIROS, D.S.; PORTO FILHO, F.Q.; NOGUEIRA, I.C.C. Efeitos da qualidade e quantidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2(1), 22-26, 1998.

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

NASCIMENTO, T.; AZEVEDO, C.A.V.; NETO, J.D.; LIMA, V.L.A.; WANDERLEY, J.A.C. Velocidade da frente de umidade em neossolo quartzarênico sob irrigação intermitente por gotejamento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8(2), 41-48, 2013.

PHOGAT, V.; SKEWES, M.A.; MAHADEVAN, M.; COX, J.W. Modelling water and salinity distribution in soil under advance fertigation systems in horticultural crops. In: 20th INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, Adelaide, Australia, 2013.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2(3), 287-294, 1998.

SIMONNE, E.; STUDSTILL, D.; HOCHMUTH, R. To pulse or not to pulse drip irrigation: that's the question. **Vegetarian Newsletter UF/IFAS**, 4-5, 2004. Disponível em: <<http://www.hos.ufl.edu/vegetarian/04/May/Simonne.htm>>. Acesso em: jan. 2018.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA - UPV, **La vacuola vegetal y las sustancias ergásticas** 2017. Disponível em: <<http://www.euita.upv.es/variados/biologia/temas/La%20Vacuola.htm>>. Acesso em: fev. 2018.

WARNER, R.; HOFFMAN, O.; WILHOIT, J. The effects of pulsing drip irrigation on tomato yield and quality in kentucky. **2009 Fruit and Vegetable Crop Research Report**, 39-40, 2009.

ZIN EL-ABEDIN, T.K. Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. In: THE 14TH. ANNUAL CONFERENCE OF THE MISR SOCIETY OF AG. ENG., 2006.

## **CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES**

### **FINAIS**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da presente pesquisa evidenciou-se que a estratégia da utilização dos pulsos na irrigação, pode mitigar os efeitos negativos de déficits hídricos. Foi possível manter a produtividade do coentro utilizando menos água, ademais aspectos de qualidade do produto comercial também foram mantidos.

É importante ressaltar que os resultados expostos na presente pesquisa foram obtidos sob condições específicas (seis pulsos de irrigação com intervalos de 60 minutos). Assim, recomenda-se a realização de outras pesquisas, combinando diferente número de pulsos e intervalos de tempo, na busca de resultados que permitam observar de forma mais ampla, os efeitos benéficos da irrigação por pulsos, considerando outras culturas, condições de solo e de clima. Por fim, é necessário ressaltar a necessidade de tornar cada vez mais eficientes os sistemas de irrigação, frente a escassez crescente de água a fim de garantir a produtividade das culturas e, portanto, a segurança alimentar. Neste sentido a técnica dos pulsos de irrigação, pode se tornar uma alternativa factível para irrigação em locais com pouca disponibilidade hídrica.

## APÊNDICE



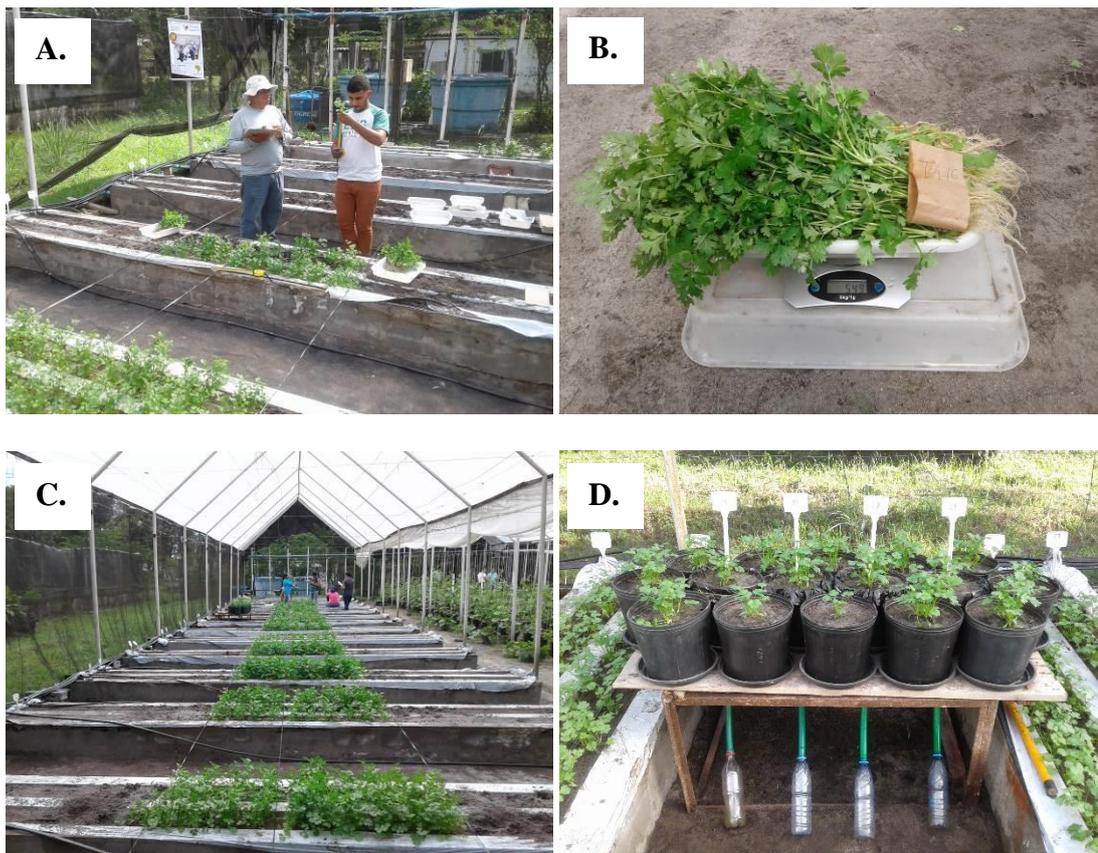
**Figura 1.** Detalhe do canteiro duplo (A), vista da instalação da drenagem (B), unidade experimental com substrato (C), teste do sistema de irrigação: aplicação contínua a esquerda e pulsos a direita (D).



**Figura 2.** Semeadura direta nos canteiros (A), desbaste após a uniformização do stand e das plântulas (B), vista da cultura aos 15 DAS (C) vista da cultura aos 25 DAS (D).



**Figura 3.** Diferenciação dos tratamentos: tratamento contínuo (esquerda) e pulsado (direita) para a lâmina do 40% da ET<sub>c</sub> (A), tratamento contínuo (esquerda) pulsado (direita) para a lâmina do 80% da ET<sub>c</sub>.



**Figura 4.** Avaliação dos parâmetros morfométricos da planta (A), determinação da massa fresca via pesagem (B), delimitação da parcela útil por ocasião da colheita (C) sistema de lisimetria instalado para a determinação da ETc (D).