

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO  
CULTIVO DE MANJERICÃO EM SISTEMAS  
HIDROPÔNICOS**

**Lucylyia Suzart Alves**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
2017**

# UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO CULTIVO DE MANJERICÃO EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS

**Lucyia Suzart Alves**  
Engenheira Agrônoma, MSc.  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2010

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi  
**Coorientador:** Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz  
**Coorientador:** Prof. Dr. Tales Miler Soares

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA**

**2017**

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

A474u Alves, Lucylia Suzart.  
Utilização de efluente doméstico tratado no cultivo de manjerição em sistemas hidropônicos / Lucylia Suzart Alves.\_Cruz das Almas, BA, 2017. 108f. : il.

Orientador: Hans Raj Gheyi.  
Coorientador: Vital Pedro da Silva Paz.  
Coorientador: Tales Miller Soares.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas

1. Manjerição – Cultivo. 2. Manjerição – Águas residuais - Reutilização. 3. Hidroponia - Análise. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Gheyi, Hans Raj. III. Paz, Vital Pedro da Silva. IV. Soares, Tales Miller. V. Título.

CDD: 633.88

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO CULTIVO DE  
MANJERICÃO EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS**

**Comissão Examinadora da Defesa de Tese de  
Lucyia Suzart Alves**

Aprovada em 28 de novembro de 2017

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Orientador  
Orientador

Dra. Karoline Santos Gonçalves  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinador Interno

Prof. Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano  
Examinador Interno

Prof. Dr. Alexandre Nascimento dos Santos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.  
Examinador Externo

Prof. Dra. Franceli da Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Examinador Externo

*A minha amada mãe, Maria Lúcia Suzart, que hoje contempla o resultado de  
anos de esforço e dedicação à minha vida.*

*Aos meus avós, Edite Suzart (in memoriam) e Jacinto Carneiro.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda proteção divina. Em tudo te dou graças, Senhor.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar mais essa etapa acadêmica.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo.

À minha mãe Maria Lúcia, fonte inesgotável de amor e dedicação em todos os momentos da minha vida.

Ao meu noivo Rodrigo, sempre presente e disposto a me ajudar durante todo esse período.

Ao meu pai Diozenio Alves, pelo apoio.

Ao meu padastro Almiro Cerqueira, por todo apoio nessa caminhada.

Ao professor Dr. Vital Paz, pela orientação, incentivos, conselhos e amizade construída.

Ao professor Dr. Hans Raj, pela orientação, apoio, ensinamentos e valiosas contribuições.

Ao professor Dr. Tales Miler, pela orientação e todo apoio ao longo dessa caminhada.

Ao professor Dr. Alexandre Nascimento, pelos ensinamentos iniciais com o cultivo hidropônico, além de sugestões e contribuições para concretização deste trabalho.

Aos professores: Alisson Jadavi, Cintia Armound, Francisco Adriano, Franceli da Silva e José Bezerra, pelas contribuições e apoio.

Aos amigos Edilson Bastos e Mairton Gomes por todo auxílio e apoio durante a realização deste trabalho.

A minha família, em especial as tias: Neide, Vivi e Vone, pela torcida e orações.

Aos estagiários voluntários: Samir Bandeira e Islan Passos pelo suporte e dedicação.

À equipe do Laboratório de Fitoquímica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em especial à Simone Teles por todo auxílio.

À equipe do Laboratório de Cromatografia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Campus de Jequié, em especial à professora

Rosane Moura pelo apoio e parceria com as análises de composição química do óleo essencial.

As famílias Garcia e Eloy por todo apoio ao longo dessa caminhada acadêmica.

Aos amigos que contribuíram direta ou indiretamente: Adriana, Carolina Yamamoto, Caroline Machado, Celina, Cristiane Duarte, Damiana Lima, Daniele de Vasconcelos, Eliane Leal, Estela Garcia, Francicleiton Freire, Gustavo, Irai Manuela, Jefferson, Karoline Gonçalves, Kele Freire, Kelly Anselmo, Lene, Mairi Santiago, Marcela Tonini, Maria Augusta, Maria Raphaella, Neilon Duarte, Nilson Ítalo, Regiana Moura, Sara Samanta, Tamara Eloy, Thais Emanuelle, Thais Menezes.

“Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores, mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos!”

(Vinícius de Moraes)

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	2
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4. HIPÓTESES	3
5. REVISÃO DE LITERATURA	3
5.1 Uso de água residuária na produção agrícola	3
5.2 Hidroponia	5
5.3 Hidroponia e uso de águas residuárias tratadas	7
5.4 Importância das plantas medicinais	8
5.5 Caracterização da espécie do manjeriço	10
5.6 Óleos essenciais em plantas medicinais	10
6. REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO 1	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
7. INTRODUÇÃO	21
8. MATERIAL E MÉTODOS	22
9. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
9.1 Qualidade das plantas	31
9.2 Monitoramento da condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva	32
9.3 Crescimento do manjeriço	34
9.4 Produção e produtividade do manjeriço	38
9.5 Teor de água, consumo hídrico e eficiência do uso da água do manjeriço	41
10. CONCLUSÕES	44
11. REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 2	48
RESUMO	49
ABSTRACT	50
12. INTRODUÇÃO	51

13. MATERIAL E MÉTODOS	52
14. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
14.1 Monitoramento da condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva	60
14.2 Crescimento e produção do manjeriço	63
14.3 Teor de água, consumo hídrico e eficiência do uso da água do manjeriço	66
15. CONCLUSÕES	69
16. REFERÊNCIAS	69
CAPÍTULO 3	72
RESUMO	73
ABSTRACT	74
17. INTRODUÇÃO	75
18. MATERIAL E MÉTODOS	76
19. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
19.1 Teor e rendimento do óleo essencial	80
19.2 Composição química do óleo essencial	85
20. CONCLUSÕES	93
21. REFERÊNCIAS	93
22. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	97

## UTILIZAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO CULTIVO DE MANJERICÃO EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS

**RESUMO:** A crescente escassez mundial de água, tanto em quantidade como em qualidade, tem levado ao reuso para a produção agrícola. Dentre os reusos, os efluentes domésticos tratados podem ser uma alternativa viável, tendo em vista o impacto ambiental quando estes efluentes são lançados diretamente nos corpos hídricos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados, para a produção de duas cultivares de manjericão (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão), em sistemas de cultivo hidropônicos (NFT e DFT), sob diferentes espaçamentos entre plantas (20, 30 e 40 cm). Posteriormente foi avaliado o cultivo hidropônico das mesmas cultivares, em dois tipos de água (água de abastecimento local e água residuária), em sistema hidropônico DFT sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva (2, 4 e 6 h). Foram conduzidos dois experimentos, ambos desenvolvidos em casa de vegetação localizada na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), situada em Cruz das Almas-BA, sob delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais, cada uma com 12 plantas úteis. Foram mensuradas variáveis relacionadas ao crescimento, produção de massa fresca/seca, consumo hídrico, eficiência do uso da água, teor de água, teor, rendimento e composição química do óleo essencial. Os sistemas hidropônicos de cultivo não influenciaram significativamente as variáveis de crescimento e produção do manjericão. O adensamento de plantio na cultura do manjericão é uma boa técnica para aumento da produtividade. É viável o cultivo do manjericão com o uso de águas residuárias. Intervalos de recirculações da solução nutritiva maiores que 2 h reduz a produção do manjericão. As fontes de variações estudadas não apresentaram efeitos significativos para o teor e rendimento do óleo essencial, com exceção da frequência de recirculação da solução nutritiva que apresentou efeito significativo para o rendimento. O constituinte linalol, destacou-se como o constituinte majoritário do óleo essencial.

**Palavras-chave:** reuso, planta medicinal, hidroponia.

## UTILIZATION OF TREATED DOMESTIC EFFLUENTS IN THE BASIL CULTIVATION IN NFT AND DFT HYDROPONIC SYSTEMS

**ABSTRACT:** The increasing scarcity of water in both quantity and quality has led to reuse of water for agricultural production. Among the reuse, treated domestic effluents can be a viable alternative, considering the environmental impact when these effluents are released directly into the water bodies. The objective of this work was to evaluate the use of wastewater from treated domestic effluents for the production of two basil cultivars ('Grecco a Palla' and 'Alfavaca Basilicão'), in hydroponic farming systems (NFT and DFT), under different spacings between plants (20, 30 and 40 cm). The hydroponic cultivation of the same cultivars in two types of water (local water and wastewater) was evaluated in a hydroponic DFT system under different recirculation frequencies of the nutrient solution (2, 4 and 6 h), both experiments were conducted in a greenhouse located in the experimental area of the Postgraduate Program in Agricultural Engineering (PPGEA), Federal University of Recôncavo da Bahia (UFRB), located in Cruz das Almas-BA, under a completely randomized block design in 2x2x3 factorial scheme, with four replications, totalizing 48 experimental plots, each with 12 plants. Variables related to growth, fresh / dry mass production, water consumption, water use efficiency, water content, content, yield and chemical composition of the essential oil were measured. Hydroponic farming systems did not significantly influence growth and production variables. Increasing planting density in basil is a good technique for promoting productivity. The cultivation of basil is viable with the use of wastewater. Nutrient solution recirculation intervals longer than 2 h reduce basil production. The sources of variations studied did not show significant effects on the content and yield of the essential oil, except for the frequency of recirculation of the nutrient solution that had a significant effect on yield. The constituent linalol, stood out as the major constituent of essential oil.

**Key words:** reuse, medicinal plant, hydroponics

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, e conseqüentemente o crescimento da indústria e agricultura, visando a necessidade de aumentar a produção de alimentos, levam a degradação dos recursos naturais, dentre eles, destaca-se a água. A Organização das Nações Unidas (ONU) revela que aproximadamente 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada para irrigação. No Brasil, esse índice chega a 72% (WALBERT, 2016). Porém essa água para a agricultura não necessariamente precisa ser de boa qualidade, tendo a utilização de águas residuárias como forma de aproveitar racionalmente os recursos hídricos disponíveis.

Conforme ressaltado por Souza et al. (2010), a utilização de águas residuárias tratadas na agricultura é uma alternativa para controle da poluição das águas superficiais e subterrâneas, além de uma maneira de disponibilizar água e nutrientes para as culturas, sendo uma alternativa importante nas regiões áridas e semiáridas, onde a escassez de água faz com que os agricultores abandonem a atividade agrícola.

Dessa maneira, a utilização de águas residuárias tratadas tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos de pesquisa (CUBA et al., 2015 em cultivo de alface; REGES et al., 2015 em cultivo de pimentão; ALVES et al., 2014 em cultivo de girassol ornamental; SANTOS JUNIOR et al., 2014 em cultivo de girassol; ANDRADE et al., 2014 em cultivo de girassol ornamental, KELLER et al., 2005 em cultivo de alface), resultando em novas perspectivas para o reúso da água.

Em grande maioria, os estudos com água residuárias concentram-se com plantas ornamentais e leguminosas, somente um limitado número de trabalhos tem destaque para o cultivo de plantas medicinais. Luz et al. (2014) destaca que o manjeriço é uma planta medicinal, aromática e condimentar

com elevada importância no cenário econômico mundial. Além da comercialização das folhas frescas e secas, como condimentos ou aromatizantes, o óleo essencial do manjeriço, possui grande importância para as indústrias, devido aos seus constituintes, apresentando uma crescente demanda no mercado dos produtos naturais. Carvalho Filho et al. (2006), ressaltam que o óleo essencial de manjeriço, possui alta concentração de linalol sendo valorizado no mercado internacional e amplamente utilizado nas indústrias de condimentos, cosméticos e perfumarias.

Dentre as diversas técnicas de produção, o cultivo de espécies medicinais em hidroponia mostra-se bastante promissor, destacando algumas vantagens como alta produção por unidade de área, maior controle no fornecimento de água e nutrientes, controle do estado fitossanitário e possibilidade de maior oferta de mudas (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995; SANTOS, 2000). Além disso, a hidroponia proporciona a vantagem de cultivo com água residuária, com redução do contato da parte aérea das plantas, pois somente o sistema radicular tem contato direto com a água, minimizando os riscos de contaminação e impactos ambientais. Dentre os sistemas de cultivo hidropônico destaca-se o sistema NFT (Técnica do fluxo laminar de nutrientes) e o DFT (Técnica do fluxo profundo), esses tipos de sistemas podem promover diferentes respostas quando ao desenvolvimento das culturas.

Neste contexto é de fundamental importância a realização de pesquisas e estudos desses sistemas de cultivo, principalmente no sentido de viabilizar o reúso da água, tendo a hidroponia como uma técnica alternativa de aproveitamento dos efluentes para que seja possível a exploração racional e sustentada dessas espécies.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o uso de água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados, para a produção de duas cultivares de manjeriço em sistema hidropônico NFT e DFT.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar o crescimento e o desenvolvimento de duas cultivares de manjeriço em sistema hidropônico, com solução nutritiva preparada em água residuária e água de abastecimento local.

Avaliar as duas cultivares de manjeriço em cultivo hidropônico nos sistemas NFT e DFT.

Avaliar diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva em sistema hidropônico DFT.

Identificar em cada cultivar estudada, o espaçamento que proporciona os melhores índices de produção de biomassa

Quantificar o consumo hídrico e a eficiência no uso da água das cultivares

Avaliar o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial das cultivares estudadas.

#### **4. HIPÓTESES**

A principal hipótese a ser investigada é a de que o reuso do efluente doméstico tratado, pode ser uma opção viável para o cultivo de espécies.

O cultivo das espécies em água residuária pode afetar o teor, rendimento e a composição química do óleo essencial.

Os diferentes espaçamentos utilizados poderá afetar a produção de biomassa das cultivares estudadas.

A frequência de recirculação da solução nutritiva poderá interferir na produção de biomassa das cultivares, o teor, rendimento e composição química do óleo essencial.

#### **5. REVISÃO DE LITERATURA**

##### **5.1 Uso de água residuária na produção agrícola**

No mundo, o consumo hídrico na agricultura é em média de 70%, em seguida destaca-se as indústrias, com uma média de 20% e por último o uso doméstico com 10% (ANA, 2013). Contudo, se faz necessário o uso racional da água na agricultura, baseada no aproveitamento de fontes alternativas caracterizadas como de qualidade inferior, para produção de alimentos, de

modo tal que comprometa menos o meio ambiente e garanta a produção continuada (DANTAS, 2012).

A utilização de água residuária na agricultura tem se destacado como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais, e por outro lado a escassez dos recursos hídricos, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. Dentre as alternativas comumente encontradas em países onde a disponibilidade desse recurso é ainda mais restrita que no Brasil, está o emprego do esgoto doméstico tratado (EDT) (ALVES et al., 2014). Sendo proveniente principalmente, de residências, estabelecimentos comerciais, instituições ou quaisquer edificações que dispõem de instalações com banheiros, lavanderias e cozinhas. É constituída por resíduos humanos (fezes e urina) e águas utilizadas nas diversas atividades diárias, como asseio corporal, preparo de alimento, lavagem de roupas e utensílios domésticos (VON SPERLING, 2005).

Durante anos, essa prática de reuso tornou-se desaconselhável devido à presença de patógenos e preocupação com a saúde pública; no entanto, os problemas de escassez de água e o aumento das pesquisas sobre técnicas de aplicação segura e controlada de águas residuárias na agricultura fizeram ressurgir o interesse pelo assunto (AZEVEDO & OLIVEIRA, 2005).

Conforme Mello et al. (2009) os esgotos tratados são ricos em sais dissolvidos que são essenciais para as plantas e, portanto, podem ser utilizados na hidroponia como solução nutritiva. Destacando ainda que alguns aspectos devem ser considerados para uma adequada utilização do esgoto tratado em hidroponia, tais como: a presença excessiva de nitrogênio que podem comprometer culturas pouco exigentes nesse nutriente; a presença de íons específicos, que são tóxicos a algumas culturas; a ausência de nutrientes fundamentais na quantidade adequada, como macronutrientes fósforo e potássio, a determinadas culturas; o risco de saúde ao trabalhador e usuários dos produtos hidropônicos devido à contaminação de organismos patogênicos existentes no esgoto bruto.

Conforme Souza et al. (2001), o reuso de esgotos domésticos na agricultura diminui a utilização de adubos minerais e, conseqüentemente, agrega vantagens como: elimina a provável contaminação das águas

subterrâneas e superficiais por fertilizantes, e supre a escassez de água para fins domésticos. Além de favorecer a minimização da produção de resíduos.

Para fins agrícolas, a água de reúso necessita passar por tratamentos, dessa forma existem as estações de tratamentos de esgotos (ETE), a qual reduzem os microrganismos existentes, porém essa água ainda não está completamente isenta de riscos de transmissão de doenças. Metcalf & Eddy (2003), abordam que a Organização Mundial da Saúde asseguram que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. Entretanto, recomendam-se tratamentos secundários e terciários quando estas águas forem utilizadas na irrigação das culturas para consumo direto. De acordo com Bastos et al. (2005), para eliminar os riscos sanitários e viabilizar economicamente a irrigação com águas residuárias, podem e devem ser associadas técnicas de tratamento de esgotos, de irrigação e manejo e de controle da exposição humana, em função do tipo de cultura e das condições sócio-culturais, climáticas e epidemiológicas, em cada caso.

As principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos nas companhias de saneamento são as seguintes: tratamento preliminar que tem por finalidade remover as partículas sólidas grosseiras (granulometrias maiores que 0,25 mm) em suspensão nos esgotos domésticos, por meio de processos físicos tendo como exemplos as grades, desarenadores e caixas de gordura; tratamento primário que objetiva a redução dos sólidos em suspensão, podendo ocorrer à degradação anaeróbia do material orgânico em suspensão tendo como exemplos os tanques sépticos, flotadores e filtros anaeróbios; e tratamento secundário que tem por finalidade a redução de sólidos orgânicos dissolvidos tendo como exemplos as lagoas facultativas e os filtros biológicos (CHERNICHARO et al., 2006).

## **5.2 Hidroponia**

A hidroponia é uma técnica de cultivo em ambiente protegido, na qual o solo é substituído pela solução nutritiva, onde estão contidos todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, também conhecida como a técnica de cultivo sem solo. O termo hidroponia é de origem grega:

Hydro = água e Ponos = trabalho, cuja junção significa trabalho em água. As primeiras tentativas de cultivo sem solo ocorreram por volta do ano de 1700, mas a hidroponia como técnica de cultivo comercial é recente. No Brasil, ela entrou em expansão no início da década de 90, em São Paulo, hoje é bastante difundida, principalmente, próximo a grandes centros na produção de hortaliças folhosas (SEDIYAMA e PEDROSA, 2007).

Dentre as suas vantagens a técnica do cultivo hidropônico possibilita produção de espécies em pequenas áreas, utilizando baixos volumes de água, rápido retorno econômico, redução do ciclo de cultivo e melhor qualidade dos produtos obtidos (FURLANI et al., 1999). De acordo com Factor et al. (2008), a hidroponia é uma das técnicas da agricultura moderna que vêm sendo utilizada frequentemente para promover o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, propiciando bons resultados. Além de proporcionar uma maior uniformidade na produção e menor custo com mão de obra. Como desvantagens, destacam-se: o alto custo de instalação, a necessidade de mão-de-obra especializada, dependência de energia elétrica; e a rápida disseminação de patógenos (RODRIGUES, 2002).

Dentre os sistemas hidropônicos, o sistema NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) juntamente com o DFT (técnica do fluxo profundo) são os dois sistemas hidropônicos que apresentam maior viabilidade econômica. Ambos são classificados como sistemas fechados, pois a solução nutritiva é reaproveitada continuamente. Sua vantagem em relação aos sistemas abertos diz respeito ao controle ambiental (RODRIGUES, 2002). Nos últimos anos, tem-se conduzido várias pesquisas com o objetivo de avaliar esses métodos de cultivo (FACTOR et al., 2007; SANTOS et al., 2011; WALTERS, 2015; COVA et al., 2017).

No Brasil, o sistema hidropônico predominante é o NFT. Nesse sistema a solução nutritiva é bombeada aos canais de cultivo, geralmente em intervalos programados de 15 minutos, e escoar por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes das plantas fixadas em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI et al., 1999).

No sistema DFT as plantas são cultivadas em tanques com solução nutritiva (CORTELLA et al., 2014) ou em tubos de PVC adaptado em nível

(SILVA et al., 2016), com profundidades variáveis e recirculação da solução nutritiva geralmente em intervalos maiores que 15 minutos.

A escolha do sistema hidropônico a ser empregado depende, entre outros fatores, do crescimento da planta e na funcionalidade dos sistemas (WALTERS, 2015). Os sistemas hidropônicos de produção de plantas atualmente em uso passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas há décadas, com o objetivo de buscar uma maior adaptação do sistema de cultivo às condições ambientais, visando otimizar o crescimento, o desenvolvimento e/ou a qualidade dos produtos vegetais (ANDRIOLO et al., 2004).

### **5.3 Hidroponia e uso de águas residuárias tratadas**

A utilização de água residuária tratada na agricultura requer o desenvolvimento e o aprimoramento de técnicas que visam à minimização dos riscos de contaminação do solo, do produto agrícola e do agricultor (SANTOS et al., 2006). Dessa maneira, a hidroponia surge como alternativa de aproveitamento dos efluentes, podendo obter como vantagens, a redução do lançamento em cursos d'água, a ciclagem dos nutrientes que não foram totalmente eliminados no processo de tratamento utilizado, a possibilidade de instalação da infraestrutura necessária próxima à estação de tratamento, reduzindo custos com transporte do efluente, bem como, a mitigação adicional de riscos a saúde, ao minimizar o contato efluente-planta e o agricultor (CUBA et al., 2015).

Nesse sentido, utilizando esgoto tratado, recomenda-se o emprego de sistemas fechados, aumentando assim a “vida útil” da solução nutritiva e proporcionando um maior tratamento do esgoto e maior eficiência na remoção de nutrientes eutrofizantes (MELO et al., 2009).

Conforme Santos Junior et al. (2013), os sistemas de cultivo hidropônico atuam como um redutor de impactos ambientais ocasionados por erros no manejo do solo e da água, como a salinização, degradação e desertificação de áreas, além de apresentar como características o uso eficiente da água e nutrientes, e a possibilidade do uso de águas residuárias como solução nutritiva. Alves et al. (2014), ressaltam que o cultivo utilizando água residuária

possibilita um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis e minimização de impactos ambientais causados pela utilização de adubos convencionais. Keller et al. (2005), destacam que o reuso de águas residuárias em cultivos hidropônicos representa uma escolha de produção que pode ser adaptada à demanda de alta qualidade, alta produção, além de baixo desperdício de água e nutrientes.

Estudos com o uso de águas residuárias em cultivos hidropônicos tem crescido nos últimos anos, Cuba et al. (2015) avaliaram a produção de alface (*Lactuca sativa*, L.) em sistema hidropônico usando água de reúso; Alves et al. (2014) avaliaram o cultivo do girassol ornamental em sistema de hidroponia, utilizando esgoto doméstico tratado; Santos Junior et al. (2014) analisaram o crescimento e desenvolvimento de plantas de girassol para fins ornamentais, cultivadas em sistema semi-hidropônico, utilizando água residuária. Esses comprovaram a viabilidade do uso da água residuária para a produção de espécies.

#### **5.4 Importância das plantas medicinais**

Plantas medicinais são espécies vegetais que possuem princípios ativos, que podem atuar nos organismos humanos e animais, no combate a diversas doenças, eliminando agentes causadores, como vermes, fungos e bactérias, além de oferecer uma forte ação preventiva, contra estas e muitos outros problemas de saúde (ALBUQUERQUE, 2010).

A utilização de plantas medicinais pela humanidade é uma grande riqueza da cultura indígena e tem sido descrito ao longo da história, com grande importância na cultura, tratamentos de enfermidades e até mesmo na alimentação. São utilizadas por grande parte da população mundial, como um recurso medicinal alternativo para o tratamento de diversas enfermidades, uma vez que em muitas comunidades, representam um recurso mais acessível em relação aos medicamentos alopáticos (BEVILACQUA, 2010). Normalmente são comercializadas em feiras livres, mercados e na maioria das vezes produzidas por pequenos produtores em quintais e hortas residenciais. Atualmente podem ser encontradas também em farmácias homeopáticas e lojas de produtos naturais.

Mesmo com o desenvolvimento dos fármacos sintéticos, as plantas medicinais permaneceram como forma alternativa de tratamento em várias partes do mundo, observando-se nas últimas décadas a valorização do emprego de preparações à base de plantas para fins terapêuticos. Dessa maneira, grupos farmacêuticos passaram a desenvolver esforços voltados para o aprimoramento de medicamentos fitoterápicos e sua produção em escala industrial (TUROLLA & NASCIMENTO, 2006). Essas espécies podem ser classificadas de acordo com sua ação sobre o organismo, como: coagulantes, coletérica, depurativas, diuréticas, estimulantes, hipotensoras, remineralizantes, reconstituintes e sudoríferas (LORENZI & MATOS, 2002).

Conforme ressaltado por Castro et al. (2004), uso de plantas medicinais tem aumentado em todo o mundo, recebendo incentivos inclusive da Organização Mundial de Saúde (OMS), que recomendou a realização de pesquisas visando o uso da flora com propósito terapêutico. Porém, nos últimos 20 anos, o número de informações sobre plantas medicinais tem crescido apenas 8% anualmente (FONSECA, 2012).

Existe ainda no Brasil políticas de incentivo ao uso de plantas medicinais como o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, instituído em 2007, visando “garantir à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional”. Tendo como um dos objetivos “Desenvolver instrumentos de fomento à pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e inovações em plantas medicinais e fitoterápicos, nas diversas fases da cadeia produtiva” (Ministério da Saúde, 2009).

Porém, é necessário cuidados ao uso dessas espécies, uma vez que o uso de plantas medicinais de forma indiscriminada ou negligenciada pode ser potencialmente agressivo, devendo-se ter cautela e respeitar os riscos de toxidez (MUSSI-DIAS, 2012). Nesse sentido é essencial que se tenha conhecimento dos sintomas apresentados e fazer a seleção correta da planta a ser utilizada.

Chaves (2001), destaca que grande parte da produção de plantas medicinais no Brasil, não é tecnicizada e sim coletada por extrativismo. Sobretudo, se faz necessário pesquisas que resgatem os conhecimentos

tradicionais e populares das plantas medicinais, aromáticas e condimentares, bem como formas de cultivos para melhor propagação das espécies.

### **5.5 Caracterização da espécie do manjeriço**

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) pertence à família Lamiaceae, caracteriza-se como subarbusto aromático, anual, ereto e ramificado. Possui folhas simples, membranáceas, com margens onduladas e nervuras salientes, multiplica-se por sementes e estacas, sendo comercializado na forma fresca em feiras e supermercados (LORENZI & MATOS, 2008). Pertencente ao gênero *Ocimum*, compreendendo em torno de 3.200 espécies (BLANK et al., 2010).

O manjeriço traz muitas histórias antigas, quase sempre relacionadas com as conquistas amorosas, tais como o oferecimento dos galhos ou o preparo de perfumes, filtros, e pós mágicos de atração. Em diversas civilizações as espécies do gênero *Ocimum* estão relacionados com rituais religiosos. Nos cultos afro, pertencem a Oxóssi e Ogum. Na Índia, as sementes de formas variadas do manjeriço são usadas para fazer rosários. A erva é consagrada a Krishna e Vishnu. É tradicional colocar um galho no peito dos mortos para servir de passaporte ao paraíso (ALMEIDA, 2011). Essa espécie foi cultivado em torno do mundo por séculos, por muitas culturas que utilizavam o manjeriço para o alimento, a medicina e as atividades religiosas (WALTERS, 2015).

Em geral, o manjeriço se destaca por suas propriedades terapêuticas, bem como, por suas características aromáticas e condimentares (MORALES & SIMON, 1997). Além de ser amplamente utilizado na medicina popular como antiespasmódico, antitérmico, auxiliando também na digestão e no combate de infecções bacterianas e parasitárias intestinais (MARTINS et al., 2010).

### **5.6 Óleos essenciais em plantas medicinais**

Óleos essenciais são compostos voláteis produzidos pelas plantas para sua sobrevivência. A espécie vegetal produz compostos primários, tais como açúcares e nitrogenados, e também compostos secundários. Entre os compostos secundários estão os alcalóides, os flavonóides, as saponinas e os

óleos essenciais (WOLFFENBÜTTEL, 2007). O manjeriço produz seu óleo essencial ou princípio ativo através do metabolismo secundário que é ativado nas plantas como reação a algum tipo de estresse biótico ou abiótico oferecido pelo ambiente (GARLET, 2007; AZEVEDO & MOURA, 2010). Fatores como clima, variedade e época de colheita podem interagir, sendo que a variação desses fatores altera o rendimento, composição química e a qualidade sensorial do manjeriço (LAOCHOWICK et al., 1997).

O óleo essencial é um produto composto podendo ultrapassar 300 componentes químicos diferentes. Tal diversidade e complexidade fazem do óleo essencial puro um produto altamente valorizado, com aplicação em diversas áreas: área da saúde devido ao seu potencial terapêutico, área da perfumaria e cosmética devido a sua refinada e complexa composição aromática, área alimentícia devido ao seu potencial como aditivo flavorizante, área de aromatização ambiental e produtos sanitários, e a mais nova área, que é a da moda, confeccionando fibras onde os óleos essenciais inicialmente retidos vão sendo liberados na medida da utilização das peças em couro, bolsas, cintos, roupas (WOLFFENBÜTTEL, 2007).

Espécies medicinais e aromáticas, principalmente as do gênero *Ocimum*, possuem importância econômica na obtenção de óleo essencial, podendo ser consumido in natura ou como matéria prima, sendo esta a mais importante na indústria de fragrâncias e aromas (PRINS et al., 2010; PEREIRA & MOREIRA, 2011). Dentre as espécies do gênero *Ocimum*, o manjeriço se destaca na produção do óleo essencial, muito valorizado pelas indústrias farmacêuticas, perfumarias e cosméticos. Além de ser indicado em aromaterapia como estimulante geral, relaxante muscular, contra dor de cabeça e estresse (ALMEIDA, 2011). Furlan (2000), destaca que o manjeriço é produzido de forma pouco padronizada, podendo afetar a produção de biomassa, qualidade e quantidade do seu óleo essencial.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2013. 432p.:

[http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/projeto/index.html](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html)> Acesso em 08 dez. 2016.

- ALBUQUERQUE, U. P. **Catálogo de plantas medicinais da Caatinga: guia para ações de extensão**. Bauru, SP: canal 6, 2010. 68 p.
- ALMEIDA, M. Z. **Plantas medicinais**, 3. ed. - Salvador : EDUFBA, 2011. 221 p.
- ALVES, S. M. C.; REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; SOUZA, L. Fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. **Irriga**, v.19, n.4, p.714-726, 2014.
- ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.1, p.41-46, 2009.
- ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; NOBRE, R. G.; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassol ornamental irrigada com água residuária e doses de esterco. **Revista Caatinga**, v.27, n.3, p.142-149, 2014.
- ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; GIRALDI, C.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT?. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.794-798, 2004.
- AZEVEDO, C. D.; MOURA, M. A. **Cultivos de plantas medicinais: guia prático**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 19p.
- AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.253-263, 2005.
- BASTOS, R. K. X; BEVILACQUA, P. D. Utilização de esgotos sanitários: Riscos à saúde humana e animal. In: **Workshop "Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas"**, 2005, Campina Grande, PB: UFCG, 2005, p.107-124.
- BLANK, A. F.; SOUZA, E. M.; PAULA, J. W.; ALVES, P. B. Comportamento fenotípico e genotípico de populações de manjerição. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.305-310, 2010.
- CARVALHO FILHO, J. L.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A. D.; MELO, A. S.; CAVALCANTI, S. C. H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period

- on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.4, p.24-30, 2006.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo-hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CASTRO, H. G; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo de plantas medicinais: Metabólitos secundários**. 2 ed. Viçosa: Suprema, 2004. 113p.
- CHAVES, F. C. M., **Produção, rendimento e composição óleo essencial de alfava-cravo (*Ocimum grantissimum* L.) em função da adubação orgânica e época de corte**. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2001. 146p. Tese.
- CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M; MONTEGGIA, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap.3, p.63-110. (Projeto PROSAB).
- CORTELLA, G.; SARO, O.; De ANGELIS, A.; CECCOTTI, L.; TOMASI, N.; COSTA, L. D.; MANZOCCO, L.; PINTON, R.; MIMMO, T.; CESCO, S. Temperature control of nutrient solution in floating system cultivation. **Applied Thermal Engineering**, v. 73, n. 1, p. 1053-1063, 2014.
- COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O. de.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D. de.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017.
- CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial do efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente e Água**, v.10, n.3, p.574-586, 2015.
- DANTAS, R. M. L. **Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa**. 2012. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife. 2012. 85p. Dissertação de Mestrado.

- FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C; KAWAKAMI, F. P. C; IUNCK, V. Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n.1, p.82-87, 2007.
- FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C.; VILLELA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143-149, 2008.
- FONSECA, M. C. M. **Epamig pesquisa, produção de plantas medicinais para aplicação no SUS**. Viçosa, 2012. Disponível em: <http://www.epamig.com>.
- FURLAN, M. C. **Efeito da adubação com N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O sobre a biomassa, o rendimento e a composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. cv. genovese**. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2000. 172p. Tese.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999, 52p. (Boletim Técnico 180).
- GARLET, T. M. B. **Produtividade, teor e composição do óleo essencial de espécies de *Mentha* L. (Lamiaceae) cultivadas em hidroponia com variação de potássio**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 2007. 112p. Tese
- HARAGUCHI, L. M. M; CARVALHO, O. B. de. Plantas medicinais. In: BEVILACQUA, H. E. C. R. **Planejamento de horta medicinal e comunitária**. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Divisão Técnica Escola Municipal de Jardinagem, 2010. 248p.
- KELLER, R.; PERIN, K.; SEMIONATO, S.; ZANDONADE, E.; CASSINI, S.; GONÇALVES R. F. Hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) using effluents from primary, secondary and tertiary + UV treatments. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.5, n.1, p.95-100, 2005.
- LAOCHOWICZ, K. J.; JONES, G. P.; BRIGGS, D. R.; BIENVENU, F. E.; PALMER, M. V.; MISHRA, V.; HUNTER, M. M. Characteristics of plants extracts from five varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in Australia. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.7, p.2660-2665, 1997.

- LORENZI, H., MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2002, 512p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008, 319p.
- LUZ, J. M.; RESENDE, R. F.; SILVA, S. M.; SANTANA, D. G.; CAMILO, J. S.; BLANK, A. F.; HABER, L. L. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v.13, n.1, p.69-80, 2014.
- MARTINS, A. G. L. A.; NASCIMENTO, A. R.; MOUCHREK FILHO, J. E.; MENDES FILHO, N. E.; SOUZA, A. G.; ARAGÃO, N. E.; SILVA, D. S. V. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaces. **Ciência Rural**, v.40, n.8, p.1791-1796, 2010.
- MELO, H. N. S.; PIFER, R. C.; ANDRADE NETO, C. O.; MARQUES JÚNIOR, J. Utilização de nutrientes de esgoto tratado em hidroponia. In: MOTA, F. S.; von SPERLING, M. (ed.) **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES, 2009. 428p.
- METCALF; EDDY. Inc. **Wastewater engineering treatment disposal reuse**. 4. ed. NewYork: McGraw - Hill Book, 2003. 1815p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR). **Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. [on-line]. 2009; Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/politica\\_plantas\\_medicinais\\_fitoterapia.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/politica_plantas_medicinais_fitoterapia.pdf)>
- MORALES, M. R; SIMON, J. E. "Sweet Dani": a new culinary and ornamental lemon basil. **Hortscience**, v.32, p.148-149, 1997.
- MUSSI-DIAS, V.; ARAÚJO, A. C. O.; SILVEIRA, S. F.; ROCABADO, J. M. A.; ARAÚJO, K. L. Fungos endofíticos associados a plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.14, n.2, p.261-266, 2012.
- PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjeriço: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 136, 2011. 31p.

- PRINS, C. L.; VIEIRA, I. J. C.; FREITAS, S. P. Growth regulators and essential oil production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, n.2, p.91-102, 2010.
- REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v.23, n.1, p.97-102, 2010.
- REGES, K. S. L.; VIANA, T. V. A.; SANTOS, F. S. S.; SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; GALDINO, G. G. Avaliação dos teores de Ca, Mg e S em pimentão cultivado com água residuária de dessalinizadores via hidroponia com adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.5, p. 350-356, 2015.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.
- SANTIAGO, F. S.; JALFIM, F. T.; DOMBROSKI, S. A. G.; SILVA, N. C. G.; BLACKBURN, R. M.; SILVA, J. K. M.; MONTEIRO NETO, L.; VALENÇA, J. R. F.; NANES, M. B.; RIBEIRO, G. A. **Bioágua familiar: Reuso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido**. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2012.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; ARAÚJO, D. L.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, n.4, p.696-707, 2014.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; GUEDES FILHO, D. H.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. DA S. Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.4, p.718-729, 2013.
- SANTOS, O. S. (ed.). **Cultivo sem solo: hidroponia**. Santa Maria: UFSM/CCR, 2000. 107p.
- SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O.; MELO, J. C. Contaminação microbiológica do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. **Engenharia na Agricultura**, v.14 n.1, p.16-22, 2006

- SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. **Hidroponia: uma técnica alternativa de cultivo**. 2007. 12p <[http://www. google.com/.](http://www.google.com/)> Acesso em: 03 nov. 2016. (Documento EPAMIG).
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 312-326, 2016
- SOUSA, J. T. de; HENRIQUE, I. N.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.1, n.1, p.90-97, 2006.
- SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LUNA, J. G. de. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.107-110, 2001.
- SOUZA, J. A. A.; BATISTA, R. O.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A. Alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico tratado. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, n.4, p.361-366, 2010.
- TUROLLA, M. S. R.; NASCIMENTO, E. S. Informações toxicológicas de alguns fitoterápicos utilizados no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.2, p.289-306, 2006.
- von SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.
- WALBERT, A. **Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. Disponível em: <[www.ebc.com.br](http://www.ebc.com.br)> Acesso em: 02 de setembro de 2016.
- WALTERS, K. J. **Quantifying the effects of hydroponic systems, nutrient solution, and air temperature on growth and development of basil (*Ocimum L.*) species**. Graduate Thesis and Dissertations. Ames: Iowa State University, 2015. 155p.
- WOLFFENBÜTTEL, A. N. Óleos essenciais. **Informativo CRQ-V**, Ano.XI, n.105, p.6-7, 2007.

## **CAPÍTULO 1**

**CULTIVO DE MANJERICÃO EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS COM USO DE  
EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS**

## **Cultivo de manjerição em sistemas hidropônicos com uso de efluente doméstico tratado sob diferentes espaçamentos**

**RESUMO:** Visando o uso racional dos recursos hídricos, a técnica da hidroponia surge como uma alternativa para o uso mais eficiente da água, possibilitando, inclusive, o reúso de águas de qualidade inferior, pois somente a zona radicular da planta tem contato direto com a  gua. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de água residuária proveniente de efluente doméstico tratado, para o cultivo de manjerição nos sistemas hidropônicos NFT e DFT (em tubos de PVC em seção circular) sob diferentes espaçamentos entre plantas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de março a maio de 2015. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os tratamentos foram distribuídos em dois blocos (plataforma superior e inferior). Foram utilizados dois sistemas hidropônicos, NFT (em tubos com declividade de 3%) e DFT (em tubos com declividade nula) para o cultivo de duas cultivares de manjerição (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão) em três espaçamentos entre plantas (20, 30 e 40 cm). A colheita foi realizada aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT), obtendo-se: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massas de matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), produtividade por metro linear com base em massa fresca (PMFPA) e seca (PMSPA). Determinaram-se ainda o teor de água da parte aérea (TA), o consumo hídrico (CH) e a eficiência do uso da  gua (EUA). Os sistemas hidropônicos de cultivo (NFT e DFT) não influenciaram significativamente as variáveis de crescimento e produção do manjerição. O adensamento de plantio na cultura do manjerição   uma boa técnica para aumento da produtividade.

**Palavras-chave:** *Ocimum*, hidroponia, água residuária

## **Cultivation of basil in hydroponic systems with the use of treated domestic effluents under different spacing**

**ABSTRACT:** Aiming at the rational use of water resources, the hydroponic technique emerges as an alternative for the more efficient use of water, allowing the reuse of inferior quality water, since only the root zone of the plant has direct contact with water in this technique. The objective of this study was to evaluate the use of treated wastewater from domestic effluents for the cultivation of basil in hydroponic systems NFT and DFT (in PVC pipes in circular section) under different spacings between plants. The experiment was conducted in a greenhouse, from March to May 2015. The experimental design was in a completely randomized blocks, in a 2x2x3 factorial scheme with four replications, totaling 48 experimental plots. The treatments were distributed in two blocks (upper and lower position). Two hydroponic systems, NFT (in tubes with slope of 3%) and DFT (in tubes with slope null) were used for the cultivation of two basil cultivars ('Grecco a Palla' and 'Alfavaca Basilicão') at three spacings between plants in the cultivation channel (20, 30 and 40 cm). Harvesting was done at 30 and 45 days after transplanting (DAT), obtaining: plant height (AP), stem diameter (DC), fresh and dry matter masses (MFPA/MSPA) of shoot, productivity per linear meter based on fresh mass (PMFPA) and dry mass (PMSPA) . The water content in aerial parts (TA), the water consumption (CH) and the water use efficiency (WUE) were also determined. Hydroponic cultivation systems (NFT and DFT) did not significantly influence basil growth and production variables. The increase in planting density is a good technique for increasing productivity in basil crop.

**Key words:** *Ocimum*, hydroponics, wastewater

## 7. INTRODUÇÃO

O crescente aumento da demanda por água para as diversas atividades humanas, principalmente na agricultura, responsável por cerca de 70% do consumo global de água (WHO, 2013), tem promovido o surgimento de conflitos pelo seu uso, surgindo a necessidade de utilização de recursos hídricos alternativos que possam atender determinadas demandas. Dessa maneira, a utilização de efluentes domésticos tratados apresenta-se como uma alternativa viável à agricultura.

Nobre et al. (2010), destacam que o uso de água residuária visa promover a sustentabilidade da agricultura irrigada, pois economiza as águas superficiais não poluídas, mantendo a qualidade ambiental e servindo como fonte de nutrientes às plantas. Andrade et al. (2005) ressaltam que o uso de águas de esgotos tratados tem grande potencial na agricultura, sobretudo em regiões áridas e semiáridas. Pois essas regiões na maioria das vezes, são caracterizadas com escassez de água. De acordo com van der Hoek et al. (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária, são: conservação da água de boa qualidade, sua ampla disponibilidade, possibilitar o aporte e a reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de insumos químicos) e concorrer para a preservação do meio ambiente, mediante controle de contaminação dos corpos de água.

Uma alternativa produtiva que vem sendo estudada para a destinação de águas residuárias é a hidroponia, que pode aliar a produção agrícola com a possibilidade de um maior controle ambiental (SOARES et al., 2006). A técnica do cultivo hidropônico possibilita produção de espécies em pequenas áreas de forma intensiva, utilizando pequenos volumes de água e obtendo-se rápido retorno econômico, antecipando a produção e melhorando a qualidade dos produtos obtidos (FURLANI et al., 1999).

Conforme Cuba et al. (2015), a hidroponia é uma técnica que apresenta potencial para aplicação de águas residuárias, pois somente o sistema radicular da planta tem contato direto com a água.

O sistema NFT (Nutrient Flow Technique) e o DFT (Deep Flow Technique) são os dois sistemas hidropônicos mais utilizado pelos agricultores hoje em dia, devido a sua viabilidade econômica. Ambos são classificados como sistemas fechados, pois a solução nutritiva é reaproveitada mediante

recirculação. Sua vantagem em relação aos sistemas abertos diz respeito ao controle ambiental (RODRIGUES, 2002), pois no sistema hidropônico NFT a solução nutritiva é armazenada em um reservatório, de onde é recalçada para a parte superior do leito do cultivo, passando pelos canais de cultivo e coletada, na parte inferior do leito, retornando ao tanque (TEIXEIRA, 1996).

No sistema NFT, a solução nutritiva circula pelas raízes através de uma delgada lâmina de solução nutritiva, em um pequeno intervalo (15 minutos) pré-estabelecido. Já no sistema hidropônico DFT, ocorre esse mesmo processo, porém permanece uma lâmina de solução nutritiva constantemente, permitindo um intervalo maior entre circulação de solução nutritiva. Walters (2015) destaca que trabalhos comparando os sistemas de cultivo hidropônico (NFT e DFT) são fundamentais para auxílio ao produtor.

Dentre as culturas cultivadas em sistemas hidropônicos, o manjeriço tem se destacado nos últimos anos. Pertencente ao gênero *Ocimum* da família Lamiaceae, é uma importante fonte de óleos essenciais, tendo uso na medicina popular em todos os continentes (VIEIRA & SIMON, 2000).

O espaçamento entre fileiras e entre plantas exerce grande influência no comportamento das plantas sobretudo no cultivo hidropônico, afetando a arquitetura, desenvolvimento, massa, qualidade, e, dentre outras características, a mais importante que é a produtividade (SILVA & CASALI, 2000).

Considerando a crescente preocupação com a escassez e qualidade dos recursos hídricos na agricultura, bem como a importância das plantas medicinais, com destaque para o cultivo do manjeriço, devido ao valor comercial do seu óleo essencial para as indústrias, realizou-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a produção de duas cultivares de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão), em dois sistemas de cultivo hidropônico NFT e DFT, sob diferentes espaçamentos, utilizando efluentes domésticos tratados no preparo da solução nutritiva.

## **8. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de 06 de março a 20 de maio de 2015, na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal do

Recôncavo da Bahia (UFRB), localizada no município de Cruz das Almas, BA, situada nas coordenadas geográficas 12°40'19" de Latitude Sul, 39°06'23" de Longitude Oeste e altitude média de 220 m. Segundo D'Angiolella et al. (1998) o clima da região é classificado como úmido a sub-úmido, com umidade relativa e temperatura média anual de 80% e 24 °C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm.

No período experimental, os valores de temperatura média máxima e mínima foram 28,6°C e 21,6°C, respectivamente e umidade relativa do ar no ambiente externo foram de 97,3% e 66,3% máxima e mínima, respectivamente.

A casa de vegetação utilizada no experimento possuía orientação leste-oeste, apresentando 7,0 m de largura, 24 m de comprimento e 2,5 m de pé direito. Possuía cobertura em estrutura de arco simples com 1,5 m de altura revestida com filme de polietileno de baixa densidade com 100 µm de espessura, tratada com anti UV. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com tela tipo sombrite 50% (Figura 1).



Fonte: Autoria própria

**Figura 1.** Visão geral do interior da casa de vegetação (A) e durante o cultivo (B).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os tratamentos foram distribuídos em dois blocos, correspondendo a parte superior e inferior das bancadas de cultivo. Foram utilizados dois sistemas hidropônicos, NFT (em tubos com declividade de 3%) e DFT (em tubos com declividade nula) para o cultivo de duas cultivares de

manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão) e três espaçamentos entre plantas no canal de cultivo (20, 30 e 40 cm).

Vale salientar que em pré ensaio com água residuária com e sem adição de nutrientes, as plantas de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão) quando em água residuária sem adição de nutrientes não mostraram crescimento satisfatório e apresentaram sintomas visuais de deficiência nutricional (Figura 2).



Fonte: Autoria própria

**Figura 2.** Ensaio preliminar para o cultivo de manjeriço com água residuária com (à esquerda) e sem adição de nutrientes (à direita).

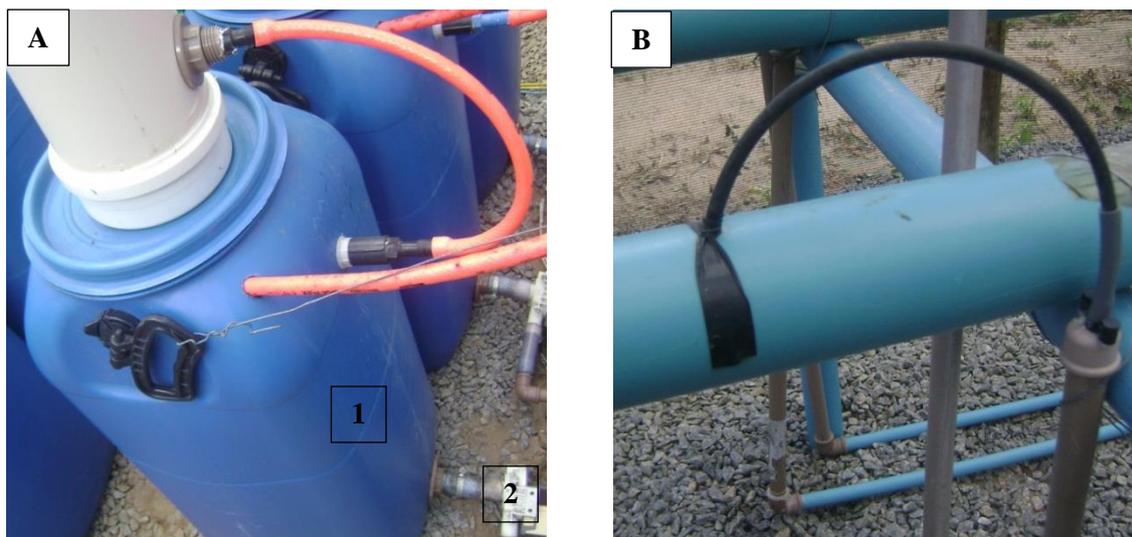
A estrutura experimental constitui-se de oito bancadas com perfis hidropônicos de tubos de PVC de 75 mm (tubos de PVC para irrigação, PN 40). As bancadas possuíam duas plataformas (parte inferior e parte superior) cada uma com três perfis hidropônicos com 6,0 m de comprimento, excedendo 0,30 m nas extremidades da bancada. As plataformas foram instaladas uma sobre a outra, a primeira a 0,60 m de altura da superfície do solo (parte inferior) e a segunda a 0,90 m acima da primeira (parte superior), com os perfis espaçados de 0,30 m e 0,50 m entre as bancadas (Figura 3).



Fonte: Autoria própria

**Figura 3.** Estrutura utilizada para o cultivo hidropônico

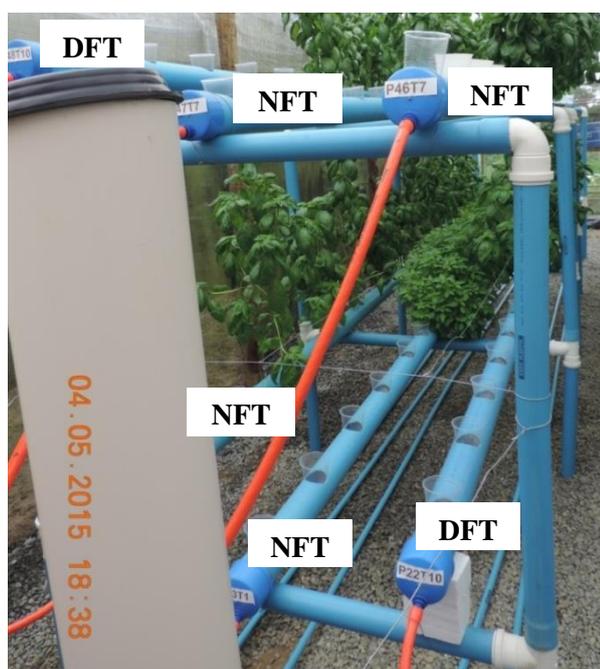
Cada perfil hidropônico representava uma parcela experimental, contendo orifícios com diâmetro de 0,05 m, em que foram cultivadas as plantas em espaçamento conforme o tratamento. As parcelas representavam os sistemas hidropônicos NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes) e DFT (técnica do fluxo profundo), cada uma contendo um reservatório plástico independente com capacidade para 60 L de solução nutritiva; uma eletrobomba para recalcar a solução (Figura 4A) e uma tubulação de PVC (20 mm) sobre a superfície do solo, que saía da eletrobomba até a extremidade da bancada, se prolongando até a altura dos perfis hidropônicos, conectando na extremidade um “cap” com um furo, no qual foi inserido um emissor e um microtubo para derivar a solução nutritiva para os perfis hidropônicos (Figura 4B), com uma vazão de  $1,5 \text{ L min}^{-1}$ .



Fonte: Autoria própria

**Figura 4.** Reservatório (1) e eletrobomba (2) para circulação da solução nutritiva (A), sistema injetor da solução nutritiva (B).

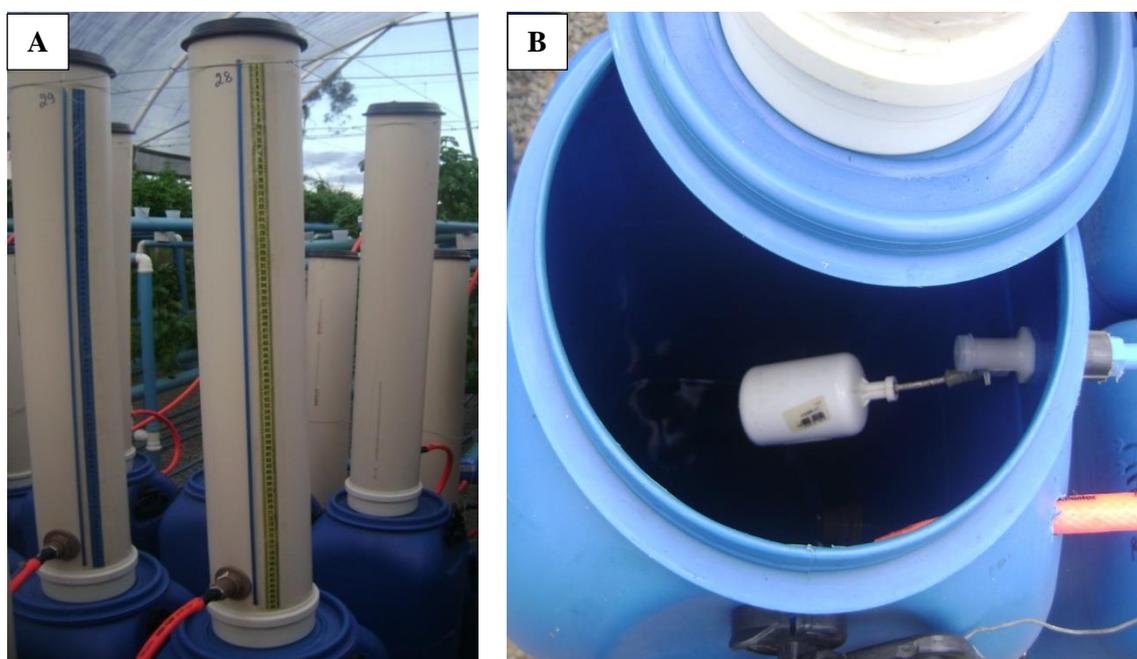
No sistema NFT os perfis hidropônicos foram instalados com uma inclinação de 3%, para promover o escoamento e a drenagem da solução nutritiva. No sistema DFT, os perfis foram instalados em nível (ajustando com auxílio de isopor), mantendo uma lâmina constante de 2,0 cm em média de solução nutritiva (Figura 5).



Fonte: Autoria própria

**Figura 5.** Perfis hidropônicos em sistema NFT e DFT.

Também foi acoplado um sistema de abastecimento automático individualizado para cada parcela, responsável pela reposição da água consumida pelas plantas (Figura 6A). O abastecedor foi construído com tubulação de PVC com diâmetro nominal de 150 mm e capacidade para 15 L, dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível da água no reservatório do abastecedor. Esse foi interligado ao reservatório de solução nutritiva por meio de mangueira acoplada a uma torneira-boia que proporcionava a saída automática de água do abastecedor para o reservatório (Figura 6B), permitindo a manutenção do volume constante (60L) à medida que as plantas evapotranspiravam.



Fonte: Autoria própria

**Figura 6.** Sistema de abastecimento automático (A), torneira-boia em reservatório (B).

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA), localizada no município de Muritiba, Bahia. Sendo coletada e armazenada em volume suficiente para condução de todo o experimento, não havendo misturas posteriores, dessa forma a análise físico-química (Tabela 1) foi realizada uma única vez.

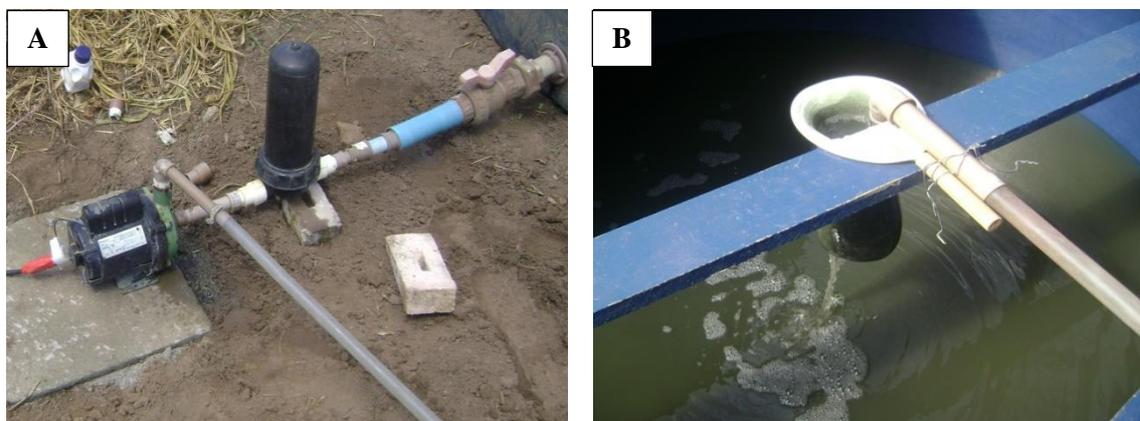
**Tabela 1.** Caracterização físico-química do efluente doméstico tratado\*

pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	P	K	N	Na	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>
7,8	1,00	0,05	29,32	21,85	138	15	18,96	175,83	A	P	238,51	5,55

\* Análise realizada no Laboratório de Saneamento da UFCG, Campina Grande, PB; A – ausente; P – presente

Na estação de tratamento, o esgoto de origem doméstico passava por uma grade e uma caixa de areia, onde todo o material sólido do efluente era retido e o esgoto seguia para um reator e uma lagoa, onde a matéria orgânica era digerida em 90% e os agentes patogênicos, como vírus e bactérias são parcialmente eliminados.

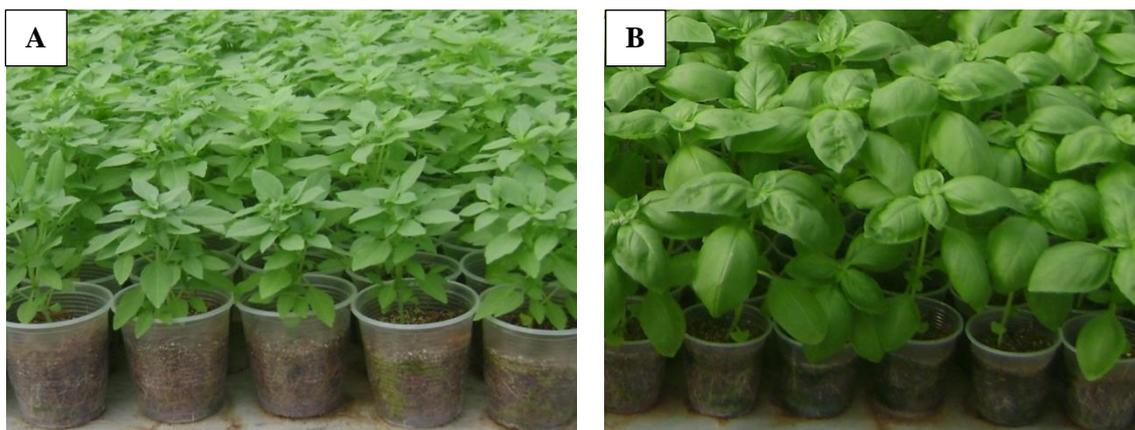
Para utilização desse efluente no experimento, além do tratamento dado na ETE, na saída do reservatório para o uso no experimento foi instalado um filtro de tela (Figura 7A) e posteriormente, um filtro de malha artesanal (Figura 7B) para reter partículas ainda existentes.



Fonte: Autoria própria

**Figura 7.** Filtro de tela (A), filtro de malha artesanal (B) utilizados.

Em 6 de março de 2015 as sementes de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão), provenientes da ISLA<sup>R</sup> sementes foram semeadas em copos descartáveis de polipropileno (110 mL). Os copos foram preenchidos com substrato de fibra de coco, depositando-se três sementes em cada copo e cobrindo-as com vermiculita. Aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por copo (Figura 8).



Fonte: Autoria própria

**Figura 8.** Mudanças de manjericão Grecco a Palla (A) e Alfavaca Basilicão (B), aos 30 dias após semeadura (DAS).

Nos primeiros 15 DAS as plântulas foram irrigadas com água de abastecimento local ( $CE=0,25 \text{ dS m}^{-1}$ ), após esse período passou-se a irrigar com solução nutritiva em água residuária (com 50% de diluição), recomendada por Furlani (1998), para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição de solução nutritiva hidropônica utilizada no estudo (FURLANI, 1998)

Fertilizante	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	g 1.000L <sup>-1</sup>												
Nitrato de cálcio	750	7,5	108,75		142,5								
Nitrato de potássio	500		65	182,5									
Fosfato monoamônico	150	16,5		39									
Sulfato de magnésio	400					40	52						
Sulfato de cobre	0,15								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	0,15											0,06	
Fe-EDTA-13% Fe	16									2,08			
<b>Concentração</b>	<b>24</b>	<b>173,75</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>

Aos 30 DAS as mudas de manjericão foram transplantadas para os perfis hidropônicos, conforme espaçamento desejado, no total de 12 mudas por perfil, a partir de então, aplicou-se a solução nutritiva (100% da concentração) preparada utilizando-se água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado.

No preparo da solução nutritiva tomou-se o cuidado de dissolver previamente cada fertilizante em um balde e em seguida adicionado ao reservatório, garantindo dissolução completa de cada composto. A solução nutritiva foi preparada em um volume de 1000 L, após o preparo da mesma realizou-se a correção do pH para a faixa recomendada para o cultivo hidropônico (5,5 a 6,5). Feita a correção, a solução nutritiva foi distribuída para os reservatórios de cada parcela. Da mesma forma, o pH da água residuária utilizada na reposição do volume consumido pelas plantas, foi monitorada e corrigida antes de ser distribuída nos abastecedores.

O pH e a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva foram monitorados a cada dois dias. Quando necessário, foi feita a correção do pH mediante adição de HCl diluído a 30% ou hidróxido de sódio ( $20,0 \text{ g L}^{-1}$ ), para que seu valor fosse mantido entre 5,5 e 6,5. Durante o período experimental não foram realizadas reposição dos nutrientes à solução nutritiva.

Para oxigenação e reposição do volume consumido nos perfis hidropônicos, a recirculação da solução nutritiva foi realizada automaticamente com auxílio de um temporizador analógico, em intervalos alternados de 15 minutos (15 minutos ligado, 15 desligado) das 06:00 às 18:00 horas. No período das 18:00 às 06:00 horas, a solução foi aplicada uma vez a cada 2 horas, com duração de 15 minutos. A solução percorria o sistema radicular das plantas e retornava ao reservatório para ser recirculada, promovendo um reaproveitamento constante da solução nutritiva.

Foram realizadas duas colheitas, sendo uma feita aos 30 dias após o transplântio (DAT), na qual foram colhidas em sequência 6 plantas de cada perfil hidropônico, restando 6 plantas que foram colhidas aos 45 DAT. Em cada colheita determinou-se: a altura das plantas (AP) medindo-se a distância entre o colo e o ápice caulinar; o diâmetro do caule (DC), medindo-se com o auxílio de um paquímetro digital, a espessura do colo da planta; a massa fresca da parte aérea (MFPA), determinando-se em uma balança de precisão (0,01 g); a massa seca da parte aérea (MSPA), após secagem em estufa com fluxo de ar forçado a  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 10 dias até atingir massa constante, o teor relativo de água da parte aérea (TA) e a produtividade da massa de matéria fresca (PMFPA) e seca (PMSPA) da parte aérea por metro linear.

O volume diário evapotranspirado (ET<sub>c</sub>) por planta foi estimado dividindo-se o volume de solução nutritiva consumido por dia (observado no reservatório do abastecedor) pelo número de plantas existente no canal de cultivo (Equação 1). O consumo hídrico foi determinado para o período dos 5 aos 30 DAT.

$$V_{ETc} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (1)$$

Em que:

$V_{ETc}$  é o volume evapotranspirado, mL planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

$L_f$  e  $L_i$  são as leituras final e inicial do nível da água no depósito de abastecimento, m;

$D$  é o diâmetro interno do depósito de abastecimento, m;

$\Delta T$  é o intervalo de tempo entre as leituras, dias;

$n$  é o número de plantas no canal de cultivo.

A eficiência de uso da água (g L<sup>-1</sup>) foi determinada a partir da relação entre a massa de matéria fresca ou seca da parte aérea pelo consumo hídrico acumulado aos 30 DAT.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F para as fontes de variação, efeitos dos blocos e de interações. As variáveis com efeito significativo para as fontes de variação “sistema hidropônico”, “cultivar” e “espaçamento” foram submetidos à comparação de médias, utilizando o teste de Tukey (0,05 de probabilidade).

## 9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 9.1 Qualidade das plantas

Durante o período de condução do experimento não foram observados visualmente sintomas de deficiência nutricional ou toxidez em função do uso da água residuária utilizada no preparo da solução nutritiva (Figuras 8A e 8B).



Fonte: Autoria própria

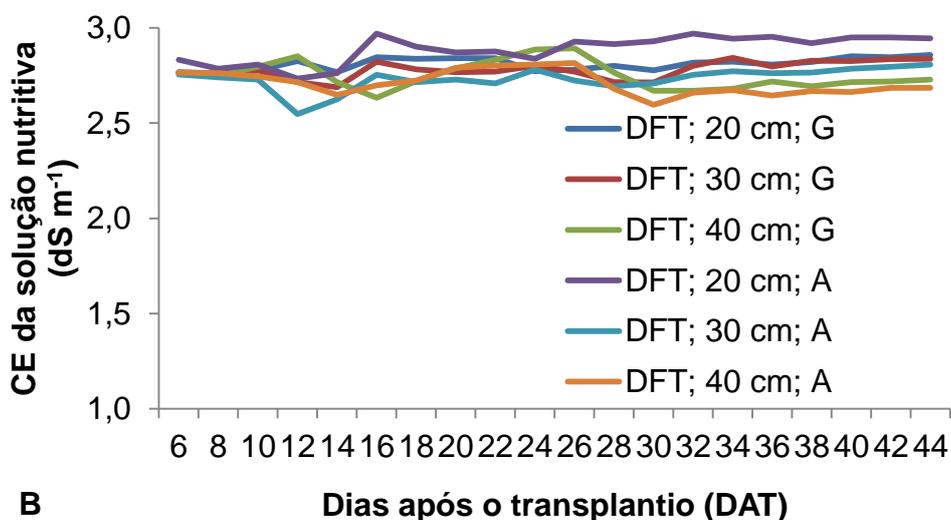
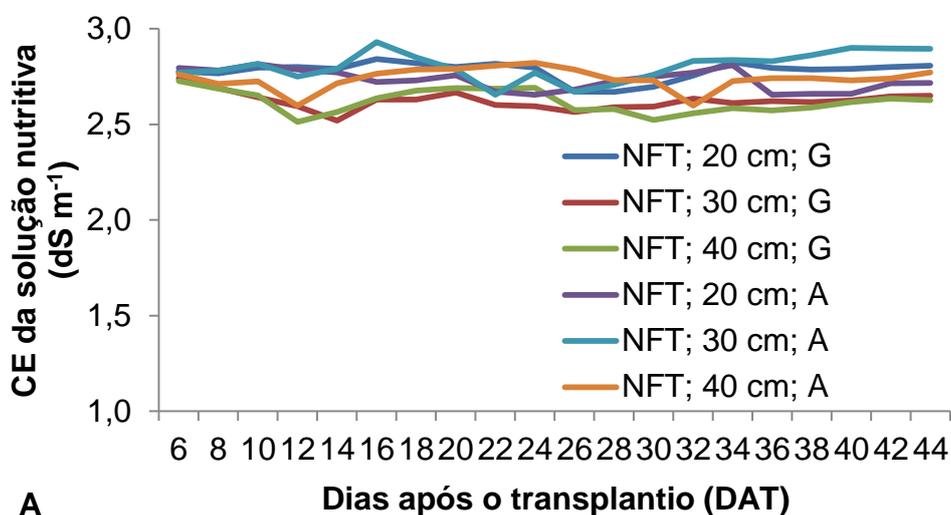
**Figura 8.** Aspecto geral das cultivares de manjeriço Grecco a Palla (A) e Alfavaca Basilicão (B) aos 30 DAT

## 9.2 Monitoramento da condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva

Nas Figuras 10A e 10B encontram-se os valores médios de CE da solução nutritiva (CEsol) nos sistemas hidropônicos NFT e DFT, respectivamente, no período de 6 aos 44 DAT. A CEsol no dia do transplante foi de  $2,85 \text{ dS m}^{-1}$  em todas as parcelas. As variações entre os valores médios de CEsol ao longo do período experimental mantiveram-se na faixa de  $2,71 \text{ dS m}^{-1}$  ( $\pm 0,26 \text{ dS m}^{-1}$ ) no sistema NFT e de  $2,76 \text{ dS m}^{-1}$  ( $\pm 0,27 \text{ dS m}^{-1}$ ) no sistema DFT, independentemente da cultivar ou espaçamento entre plantas. Os valores de CEsol encontrados no presente trabalho estão de acordo com os relatos de Cuba et al. (2015) no cultivo de alface em hidroponia NFT. Estes autores ao utilizarem água de esgoto doméstico tratado no preparo de solução nutritiva reportaram CEsol média de  $2,52 \text{ dS m}^{-1}$  ( $\pm 0,25 \text{ dS m}^{-1}$ ) no período de verão. Os autores, atribuíram o aumento da CEsol em função do maior consumo hídrico das plantas.

No presente trabalho não houve necessidade de reposição de nutrientes à solução nutritiva. Isso ocorreu em consequência da elevada CE ( $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) do efluente doméstico utilizado no preparo da solução nutritiva e reposição do volume consumido, servindo de aporte de nutrientes às plantas. Conforme Beckmann-Cavalcante et al. (2013), é necessário o monitoramento periódico da

CEsol para manter-se dentro de uma faixa apropriada, assim garantindo uma disponibilidade suficiente de nutrientes para as plantas.



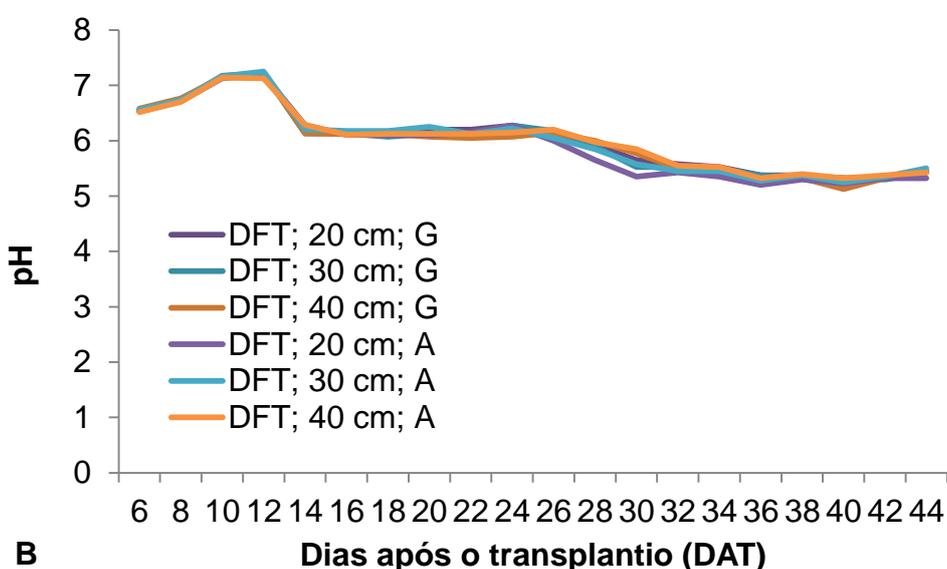
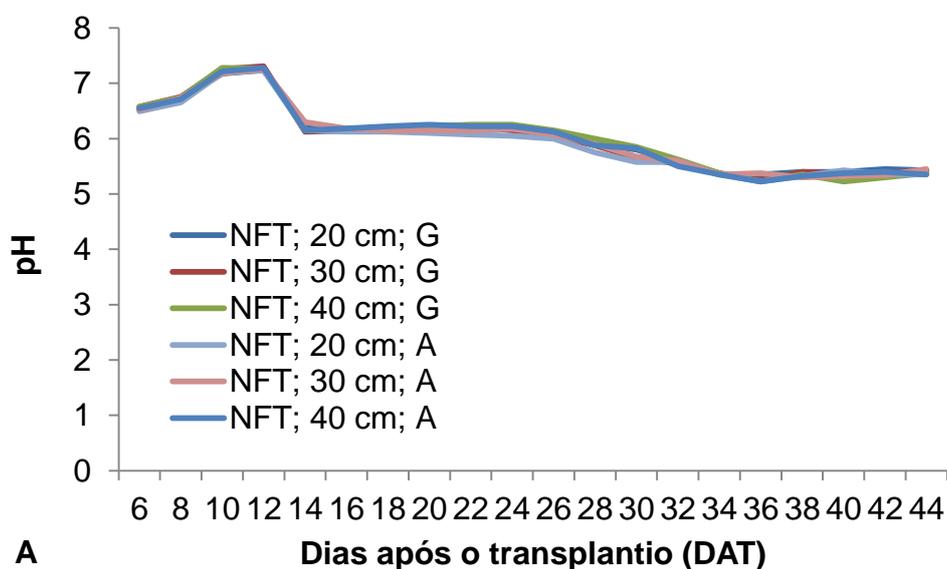
G - Grecco a Palla; A - Alfavaca Basilicão.

**Figura 10.** Valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva nos sistemas hidropônicos NFT (A) e DFT (B) no período de 6 aos 44 DAT.

Quanto ao comportamento dos valores médios de pH da solução nutritiva (Figura 11), no dia do transplante o valor médio de pH foi de 6,4 em todas as parcelas. Em geral, os valores médios de pH seguiram comportamento semelhante tanto no sistema NFT (Figura 11A) quanto no sistema DFT (Figura 11B). Observou-se pequeno aumento do pH até os 12

DAT, isso devido a reposição com água residuária de pH elevado (7,8). Percebendo-se isso, o pH da água residuária utilizada para reposição passou a ser corrigido (utilizando-se ácido clorídrico) previamente, mantendo-se em torno de 6,0 antes de ser distribuída nos reservatórios de abastecimento.

A partir de 12 DAT até o fim do ciclo de cultivo, os valores de pH mantiveram-se na faixa de 5,0 a 6,0 nos sistemas NFT e DFT, independentemente da cultivar e espaçamento entre as plantas. Esses valores foram mantidos na faixa considerada ideal para absorção de nutrientes (5,5 a 6,5). Dessa maneira, não foram observados sintomas visuais de deficiência nas plantas, estando relacionada ao pH da solução nutritiva que foi mantido muito próximo dos limites ideais para a cultura.



G - Grecco a Palla; A - Alfavaca Basilicão.

**Figura 11.** Valores médios de pH da solução nutritiva nos sistemas hidropônicos NFT (A) e DFT (B) no período de 6 aos 44 DAT.

### 9.3 Crescimento do manjericão

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) na altura da planta (AP) do manjericão em função das cultivares, aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT). O diâmetro do caule (DC) teve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) em função dos sistemas hidropônicos de cultivo, aos 30 DAT. Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na AP e DC em função dos espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, assim como não houve efeito significativo de interações entre os fatores estudados em qualquer período avaliado (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância para altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) de duas cultivares de manjericão em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		AP (30 DAT)	AP (45 DAT)	DC (30 DAT)	DC (45 DAT)
Bloco	1	90,72 <sup>ns</sup>	372,02 <sup>**</sup>	18,77 <sup>**</sup>	3,83 <sup>ns</sup>
Cultivar (C)	1	11917,39 <sup>**</sup>	20498,44 <sup>**</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
Sistema (S)	1	3,38 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	7,22 <sup>**</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Espaçamento (E)	2	3,77 <sup>ns</sup>	11,13 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	2,51 <sup>ns</sup>
C x S	1	2,06 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
C x E	2	3,30 <sup>ns</sup>	11,61 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	4,17 <sup>ns</sup>
S x E	2	24,28 <sup>ns</sup>	16,75 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>
C x S x E	2	13,95 <sup>ns</sup>	4,30 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	3,68 <sup>ns</sup>
Erro	35	27,32	49,11	0,93	2,05
CV (%)		12,90	13,62	12,37	14,76

\*\* representa efeito significativo a 0,01 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

A cultivar Alfavaca Basilicão apresentou maiores valores médios de AP em relação a Grecco a Palla (G) nos dois períodos de colheita (aos 30 e 45 DAT) (Tabela 4). Tal superioridade na AP da Alfavaca Basilicão (Tabela 4)

deve-se a arquitetura da planta, pois esta cultivar tem maior porte de crescimento, enquanto que a Grecco a Palla (Figura 8A) é uma cultivar de menor porte, porém apresenta maior número de folhas (folhas pequenas).

Aos 30 DAT a AP da Grecco a Palla foi de 24,78 cm, atingindo AP de 30,80 cm aos 45 DAT, com aumento médio diário de 0,40 cm. Já para Alfavaca Basilicão, o aumento médio na AP dos 30 DAT (56,29 cm) aos 45 DAT (72,13 cm) foi de 1,06 cm dia<sup>-1</sup>. Isso indica que a Alfavaca Basilicão preferencialmente cresce na vertical, enquanto que a Grecco a Palla apresenta folhagem adensada, ou seja, os ramos crescem lateralmente, em função de caráter genética. A partir da primeira colheita (30 DAT) as plantas de manjericão já apresentavam altura de comercialização, pois conforme o fabricante das sementes para Grecco a Palla a altura de comercialização é de 15 cm e para Alfavaca Basilicão de 50 cm (ISLA SEMENTES, 2016). No estudo de Fernandes et al. (2004) com manjericão em hidroponia floating, o ponto de colheita foi a partir do florescimento, aos 30 DAT para o manjericão de folha estreita (*Ocimum minimum*) e aos 42 DAT para o manjericão de folha larga (*Ocimum basilicum*).

O efeito não significativo no DC das cultivares de manjericão, mostra que as cultivares apresentam características diferentes apenas na arquitetura quanto ao crescimento em altura, não interferindo na espessura do caule

Quanto à resposta do DC do manjericão aos sistemas hidropônicos de cultivo, aos 30 DAT o maior valor médio de 8,22 mm foi obtido no sistema DFT, reduzindo para 7,44 mm no sistema NFT (Tabela 4). Esse ganho na espessura do DC no sistema DFT não refletiu em aumento na produção, já que os sistemas hidropônicos não promoveram mudanças significativas nas massas de matéria fresca e seca da parte aérea (Tabela 5). Aos 45 DAT não foi observado o efeito significativo ( $p > 0,05$ ) entre os sistemas hidropônicos nos valores médios do DC.

Diferentemente do DC (aos 30 DAT), a AP foi uma variável que não teve efeito significativo em função dos sistemas hidropônicos de cultivo (Tabela 4). Resultados diferentes foi observado por Walters (2015) no cultivo de manjericão (*Ocimum L.*) nos sistemas hidropônicos NFT e DFT tradicional (em bandejas). De acordo com os resultados, o autor observou que as plantas cultivadas no sistema DFT foram mais altas (15,4 cm) do que as cultivadas no

NFT (14,6 cm). Segundo o autor, embora existam diferenças entre os sistemas NFT e DFT, os produtores de manjeriço devem escolher sistemas de produção hidropônica não apenas com base no rendimento da cultura, mas também nas preferências operacionais, ressaltando que o desempenho do sistema de produção e da cultivar pode variar em diferentes locais, ambientes de cultivo e práticas culturais.

Silva et al. (2016) destacam o sistema DFT (em tubos de PVC) como condizente com a realidade de comunidades de regiões semiáridas. Neste sistema, pressupõem-se recirculações menos frequentes da solução nutritiva, o que possibilita uma alternativa econômica em virtude de menor gasto com energia elétrica. Uma variante desse sistema é o DFT em tubos de PVC de seção circular.

No sistema DFT as plantas não sofrem restrição hídrica em intervalos de tempo, pois as raízes das plantas ficam submersas continuamente na solução nutritiva, o que não ocorre no NFT, pois neste ocorre restrição hídrica quando o sistema fica em repouso, que pode se constituir na fonte de estresse às raízes, ainda que por curto espaço de tempo.

Com relação ao espaçamento entre as plantas no canal de cultivo, a AP e o DC foram variáveis que não se alteraram por conta do maior adensamento (20 cm) em relação às plantas com menor adensamento (40 cm) (Tabela 4), ou seja, em condições adensadas as plantas não estiolaram na busca por luz, tão pouco competiram por nutrientes no canal de cultivo. Assim como verificado no presente trabalho, Favorito et al. (2011) no cultivo de manjeriço não verificaram mudanças significativas na AP sob diferentes espaçamentos entre plantas (10, 20, 30, 40 e 50 cm).

**Tabela 4.** Valores médios de altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 e 45 dias após o transplantio (DAT).

	AP (cm)	AP (cm)	DC (mm)	DC (mm)
	30 DAT	45 DAT	30 DAT	45 DAT
<b>Cultivar</b>				
Grecco a Palla	24,78 b	30,80 b	7,65 a	9,62 a
Alfavaca Basilicão	56,29 a	72,13 a	8,01 a	9,82 a
DMS	3,06	4,10	0,57	0,84
<b>Sistema</b>				
DFT	40,27 a	51,39 a	8,22 a	9,79 a
NFT	40,80 a	51,54 a	7,44 b	9,65 a
DMS	3,06	4,10	0,57	0,84
<b>Espaçamento</b>				
20 cm	41,04 a	51,01 a	7,72 a	9,34 a
30 cm	40,07 a	52,43 a	7,75 a	9,69 a
40 cm	40,49 a	50,95 a	8,03 a	10,13 a
DMS	4,52	6,06	0,84	1,24

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade.

#### 9.4 Produção e produtividade do manjericão

Houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) do manjericão em função das cultivares, aos 30 e 45 DAT. A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi influenciada significativamente ( $p < 0,05$ ) em função dos espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 45 DAT. Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na MFPA e MSPA em função dos sistemas hidropônicos de cultivo, assim como não houve efeito significativo de interações entre os fatores estudados em qualquer período avaliado (Tabela 5).

Com relação a produtividade de massa fresca (PMFPA) e massa seca (PMSPA) da parte aérea por metro linear, observou-se que houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da cultivar aos 45 DAT, como também observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) do espaçamento aos 30 e 45 DAT.

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância para massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), produtividade de massa fresca da parte aérea (PMFPA) e produtividade de

massa seca da parte aérea (PMSPA) por metro linear de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 e 45 dias após o transplante (DAT)

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios							
		MFPA (30 DAT)	MFPA (45 DAT)	MSPA (30 DAT)	MSPA (45 DAT)	PMFPA (30 DAT)	PMFPA (45 DAT)	PMSPA (30 DAT)	PMSPA (45 DAT)
Bloco	1	2864,58*	87,45 <sup>ns</sup>	88,53**	448,04**	30074,54 <sup>ns</sup>	96110,47 <sup>ns</sup>	1009,15**	5319,33**
Cultivar (C)	1	4068,79**	13031,39*	0,83 <sup>ns</sup>	51,02 <sup>ns</sup>	31229,85 <sup>ns</sup>	116837,12*	46,78 <sup>ns</sup>	1346,83*
Sistema (S)	1	23,33 <sup>ns</sup>	880,91 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	5,12 <sup>ns</sup>	6902,64 <sup>ns</sup>	25009,80 <sup>ns</sup>	8,02 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
Espaçamento (E)	2	595,2 <sup>ns</sup>	7857,54 <sup>ns</sup>	2,49 <sup>ns</sup>	57,58*	220592,77**	735558,26**	1534,78**	2592,13**
C x S	1	4,48 <sup>ns</sup>	63,73 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	28,04 <sup>ns</sup>	351,54 <sup>ns</sup>	3,39 <sup>ns</sup>	26,22 <sup>ns</sup>
C x E	2	1121,26 <sup>ns</sup>	7692,50 <sup>ns</sup>	5,68 <sup>ns</sup>	31,47 <sup>ns</sup>	10756,98 <sup>ns</sup>	32880,55 <sup>ns</sup>	132,20 <sup>ns</sup>	752,38 <sup>ns</sup>
S x E	2	1048,16 <sup>ns</sup>	4023,55 <sup>ns</sup>	4,38 <sup>ns</sup>	23,74 <sup>ns</sup>	13726,80 <sup>ns</sup>	41725,75 <sup>ns</sup>	38,07 <sup>ns</sup>	289,90 <sup>ns</sup>
C x S x E	2	179,09 <sup>ns</sup>	6299,56 <sup>ns</sup>	3,59 <sup>ns</sup>	52,80 <sup>ns</sup>	720,68 <sup>ns</sup>	2958,03 <sup>ns</sup>	15,33 <sup>ns</sup>	549,39 <sup>ns</sup>
Erro	35	526,81	2783,85	3,12	16,61	8001,03	26475,84	43,40	250,70
CV (%)		22,96	29,35	20,35	25,64	25,20	25,07	21,46	27,93

\*\* , \* representam efeito significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

Verificou-se que a produção de MFPA média do manjeriço Grecco a Palla foi maior em relação à Alfavaca Basilicão, aos 30 e 45 DAT (Tabela 6). Essa maior produção com a Grecco a Palla deve-se a arquitetura da planta.

Aos 30 DAT a MFPA do manjeriço Grecco a Palla foi de 109,18 g planta<sup>-1</sup>, alcançando 196,26 g planta<sup>-1</sup> aos 45 DAT. Para o manjeriço Alfavaca Basilicão a MFPA foi de 90,77 g planta<sup>-1</sup> aos 30 DAT, com aumento de 72,53 g planta<sup>-1</sup> aos 45 DAT (Tabela 6), diferentemente do encontrado por Teixeira et al. (2002) que avaliaram a massa fresca dessas mesmas cultivares em cultivo hidropônico NFT aos 23 DAT e Fernandes et al. (2004), que avaliaram a massa fresca dessas mesmas cultivares em hidroponia DFT e substrato aos 54 DAT, obtendo maior massa fresca para o manjeriço de folha larga.

**Tabela 6.** Valores médios da massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), produtividade de massa fresca da parte aérea (PMFA) e produtividade de massa seca da parte aérea (PMSPA) por metro linear de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas

hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT)

	MFPA (g pl <sup>-1</sup> ) 30 DAT	MFPA (g pl <sup>-1</sup> ) 45 DAT	MSPA (g pl <sup>-1</sup> ) 30 DAT	MSPA (g pl <sup>-1</sup> ) 45 DAT	PMFPA (g m <sup>-1</sup> ) 30 DAT	PMFPA (g m <sup>-1</sup> ) 45 DAT	PMSPA (g m <sup>-1</sup> ) 30 DAT	PMSPA (g m <sup>-1</sup> ) 45 DAT
<b>Cultivar</b>								
Grecco a Palla	109,18 a	196,26 a	8,54 a	14,86 a	380,49 a	698,39 a	29,71 a	51,40 a
Alfavaca Basilicão	90,77 b	163,30 b	8,80 a	16,92 a	329,48 a	599,72 b	31,69 a	61,99 b
DMS	13,45	30,92	1,03	2,38	52,42	95,35	3,86	9,27
<b>Sistema</b>								
DFT	99,28 a	175,50 a	8,74 a	16,22 a	342,99 a	626,23 a	30,29 a	56,83 a
NFT	100,67 a	184,06 a	8,60 a	15,56 a	366,98 a	671,88 a	31,11 a	56,55 a
DMS	13,45	30,92	1,03	2,38	52,42	95,35	3,86	9,27
<b>Espaçamento</b>								
20 cm	98,72 a	159,82 a	8,41 a	13,86 b	487,31 a	890,41 a	41,52 a	70,22 a
30 cm	94,60 a	175,89 a	8,48 a	16,20 ab	314,38 b	576,14 b	28,13 b	54,91 b
40 cm	106,61 a	203,63 a	9,13 a	17,61 a	263,25 b	480,61 b	22,45 b	44,95 b
DMS	19,87	45,66	1,53	3,52	77,42	140,83	5,70	13,70

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade.

A produção de MFPA e MSPA do manjericão aos 30 e 45 DAT no sistema NFT se assemelhou com a produção no sistema DFT (Tabela 6). Tais resultados corroboram com Walters (2015), pois verificou que não houve diferença significativa na produção de cultivares de manjericão nos sistemas hidropônicos NFT e DFT, após 4 semanas de transplântio. Cova et al. (2017), em cultivo de alface em sistemas hidropônicos NFT e DFT, constatou que com a utilização de água salobra o sistema DFT aumentou a produção de matéria seca, em relação ao sistema NFT. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2011) em cultivo do alface em sistema hidropônico NFT e DFT em floating, constatando que no sistema DFT o acúmulo de massas de matéria fresca e seca da parte aérea, foram maiores que no sistema NFT.

Pelo fato de o sistema hidropônico DFT permanecer com uma lâmina de solução nutritiva nos canais de cultivo, suprimindo as necessidades hídricas e nutricionais das plantas e possibilitando um maior intervalo entre as recirculações de solução, ele também se mostra como uma alternativa econômica com a redução no custo de produção em virtude do menor gasto com energia elétrica, promovendo inclusive a não dependência deste recurso,

como mostrado em alguns trabalhos de pesquisas (SANTOS JÚNIOR et al., 2015; SANTOS JÚNIOR et al., 2016 ab; SILVA et al., 2016 ab; SOUZA et al., 2016).

Dessa maneira, a preocupação dos produtores com perdas na produção hidropônica é reduzida e permite que a energia elétrica não seja um fator restritivo para a produção.

Quanto ao espaçamento entre as plantas no canal de cultivo, observou-se efeitos sobre a maioria das variáveis de produção e produtividade aos 30 e 45 DAT. A massa seca da parte aérea aos 45 DAT apresentou efeito significativo, indicando que após 30 DAT, a medida que a planta crescia o espaçamento passou a ter influência sobre a produção, indicando efeito do espaçamento no decorrer do período. Dessa maneira, verificou-se que a MSPA aos 45 DAT, para o espaçamento de 40 cm entre plantas a produção média por planta foi 26,0% superior quando comparado ao espaçamento de 20 cm. Porém o menor espaçamento permite a produção de duas vezes mais unidades no perfil, que resultou em aumento total na produção e produtividade (Tabela 6). Assim, verificou-se efeitos significativos do espaçamento para a variável produtividade de massa fresca e seca da parte aérea por metro linear aos 30 e 45 DAT (Tabela 5), observando-se que a maior produtividade foi obtida no menor espaçamento entre plantas (20 cm) (Tabela 6), corroborando o entendimento de Favorito (2011) ao afirmar que as plantas mesmo sofrendo maior pressão de competição geram um acumulativo final favorável à produtividade.

### **9.5 Teor de água, consumo hídrico e eficiência do uso da água do manjeriço**

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) no teor de água (TA) aos 30 e 45 DAT e na eficiência do uso de água (EUA) com base na massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA) aos 30 DAT em função das cultivares. Os sistemas hidropônicos de cultivo promoveram influências significativas no TA aos 45 DAT, no CH aos 30 DAT e na EUA com base na MFPA e MSPA aos 30 DAT. Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no TA, CH e na EUA base na MFPA e MSPA em função dos espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, assim

como não houve efeito significativo de interações entre os fatores estudados (Tabela 7).

**Tabela 7.** Resumo das análises de variância para teor de água (TA) aos 30 e 45 dias após o transplante (DAT), consumo hídrico acumulado (CH) e eficiência do uso de água (EUA) com base na massa de matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) aos 30 DAT de duas cultivares de manjeriço, em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		TA (30 DAT)	TA (45 DAT)	CHT (30 DAT)	EUA (MFPA)	EUA (MSPA)
Bloco	1	19,57**	129,82**	2825154,63*	7,79 <sup>ns</sup>	2,30**
Cultivar (C)	1	40,53**	82,00**	65027,07 <sup>ns</sup>	269,32**	0,09 <sup>ns</sup>
Sistema (S)	1	1,7 <sup>ns</sup>	8,96*	7945406,19**	583,11**	3,36**
Espaçamento (E)	2	1,24 <sup>ns</sup>	3,08 <sup>ns</sup>	860491,35 <sup>ns</sup>	13,46 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
C x S	1	0,81 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	51240,93 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
C x E	2	0,55 <sup>ns</sup>	3,26 <sup>ns</sup>	1175461,26 <sup>ns</sup>	5,13 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
S x E	2	1,44 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	259684,62 <sup>ns</sup>	39,63 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
C x S x E	2	0,05 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	38606,49 <sup>ns</sup>	7,56 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Erro	35	0,737	1,60	484155,91	16,52	0,10
CV (%)		0,94	1,40	19,68	14,2	13,05

\*\* , \* representam efeito significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade; ns - não significativo pelo teste F.

Aos 30 e 45 DAT o teor de água (TA) da parte aérea foi maior para o manjeriço Grecco a Palla (Tabela 8), essa diferença em TA em função das cultivares está relacionada ao fato de que a cultivar Grecco a Palla apresentou mais folhas pequenas enquanto que a cultivar Alfavaca Basilicão menos folhas, porém folhas largas e conseqüentemente mais fibra e menos TA.

Quanto aos sistemas hidropônicos de cultivo, aos 45 DAT o teor de água foi maior no sistema NFT, explicado pelo fato de que no sistema DFT as plantas apresentavam maior diâmetro do caule aos 30 DAT, assim as plantas estavam mais rústicas o que pode ter causado essa diferença, e aos 45 DAT diâmetro do caule em DFT e NFT não se diferenciaram.

O sistema DFT apresentou um consumo hídrico maior que o NFT (26,01%), estando relacionado ao maior tempo em que a solução nutritiva ficava a disposição das plantas nesse sistema, devido permanência de uma lâmina constante e conseqüentemente, maior evapotranspiração nesse sistema (Tabela 8).

A EUA é de grande importância no sentido ambiental e econômico, principalmente quando se trata do uso de água residuária no cultivo de espécies. Nesse trabalho a  $EUA_{MFPA}$  diferiu estatisticamente com relação as cultivares estudadas no período de 30 DAT, observou-se que a cultivar de folha estreita apresentou uma maior  $EUA_{MFPA}$ , podendo está relacionada a maior massa de matéria fresca aos 30 DAT dessa cultivar, com relação a cultivar de folha larga. Para os sistemas, o NFT destaca-se com uma maior eficiência no uso da água, em função de não haver permanência de uma lâmina constante nesse sistema e conseqüentemente menor evapotranspiração, sendo que o maior consumo hídrico foi observado no sistema DFT (Tabela 8).

**Tabela 8.** Valores médios do teor de água (TA) aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT), consumo hídrico acumulado (CH) e eficiência do uso de água com base na massa de matéria fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) aos 30 DAT de duas cultivares de manjeriço, em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo.

	TA (%) 30 DAT	TA (%) 45 DAT	CH (mL pl <sup>-1</sup> ) 30 DAT	$EUA_{MFPA}$ (g L <sup>-1</sup> ) 30 DAT	$EUA_{MSPA}$ (g L <sup>-1</sup> ) 30 DAT
<b>Cultivar</b>					
Grecco a Palla	92,09 a	92,16 a	3571,63 a	30,99 a	2,43 a
Alfavaca Basilicão	90,25 b	89,55 b	3498,02 a	26,25 b	2,52 a
DMS	0,50	0,74	407,77	2,38	0,18
<b>Sistema</b>					
DFT	90,98 a	90,42 b	3941,68 a	25,14 b	2,21 b
NFT	91,36 a	91,29 a	3127,97 b	32,11 a	2,74 a
DMS	0,50	0,74	407,77	2,38	0,18
<b>Espaçamento</b>					
20 cm	91,38 a	91,13 a	3397,12 a	29,68 a	2,51 a

30 cm	90,85 a	90,35 a	3404,78 a	28,11 a	2,50 a
40 cm	91,28 a	91,09 a	3802,57 a	28,07 a	2,43 a
DMS	0,74	1,10	602,26	3,51	0,28

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade.

## 10. CONCLUSÕES

1. Os sistemas hidropônicos de cultivo (NFT e DFT) não influenciaram na variável altura, produção e produtividade do manjeriço, entretanto o sistema hidropônico NFT apresentou uma maior eficiência do uso da água.
2. O menor espaçamento (20 cm) entre plantas estudados para a cultura do manjeriço é uma boa técnica para aumento da produtividade.

## 11. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. P.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. A. A.; FREIRE, M. B. G. S.; SANTOS, T. E. M. Impacto do reuso de efluentes de esgoto no lixiviado de solos cultivados com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, suplemento, p. 212-216, 2005.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA JÚNIOR, J. V. Nutritional status of the potted chrysanthemum relative to electrical conductivity and salt leaching. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 782-789, 2013.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agronômica e Veterinária: FUNEP, 1995. 43p.
- COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O. de.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D. de.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 150-155, 2017.
- CUBA, R. S.; CARMO, J. R.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 574-586, 2015.

- D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: SBEA, v. 1, p. 43-45, 1998.
- FAVORITO, P. A.; ECHER, M. M.; OFFEMANN, L. C.; SCHLINDWEIN, M. D.; COLOMBARE, L. F.; SCHNEIDER, R. P.; HACHMANN, T. L. Características produtivas do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, especial, p. 582-586, 2011.
- FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjericão em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 260-264, 2004.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: IAC, 1998. 30p. (IAC. Boletim Técnico, 168).
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).
- MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV Editora, 2002. 61p.
- NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O.; NASCIMENTO, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.
- REIS, A.; MIRANDA, B. E. C.; BOITEUX, L. S.; HENZ, G. P. Murcha do manjericão (*Ocimum basilicum*) no Brasil: agente causal, círculo de plantas hospedeiras e transmissão via semente. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 137-141, 2007.
- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP. 2002. 762p.
- SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; MANASSÉS, M. S. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando

- água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 319-326, 2011.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, S. S. Produção e pós-colheita de flores de girassóis sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 420-432, 2016a.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591-604, 2016b.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, D. B. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152-1158, 2015.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Arte e Livros, 2000. 135p.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A. Crescimento e produção de coentro hidropônico sob diferentes densidades de semeadura e diâmetros dos canais de cultivo. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 312-326, 2016a.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016b.
- SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias proveniente de dessalinizadores por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.
- SOUZA, D. G.; REZENDE, E. P. L.; SOARES, T. M.; BIONE, M. A. A.; RAFAEL, M. R. S.; SILVA, M. G. Produção hidropônica de cebolinha com água salobra e diferentes frequências de irrigação. In: Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 11. 2016, Florianópolis. **Anais...** do XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III

- Simpósio Brasileiro de Hidroponia. Florianópolis: LabHidro/UFSC, 2016. p. 68-72.
- TEIXEIRA, J. P. F.; MARQUES, M. O. M.; FURLANI, P. R.; FACANALLI, R. Essential oil contents in two cultivars of basil cultivated on NFT-hydroponics. **Acta Horticulturae**, v. 569, p. 203-208, 2002.
- TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86p.
- van der HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHIDSALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo: International Water Management Institute, 2002. 21p. (Research Report 63).
- VIEIRA, R. F.; SIMON, J. E. Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp.). Found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic Botany**, v. 54, p. 207-16, 2000.
- WALTERS, K. J. **Quantifying the effects of hydroponic systems, nutrient solution, and air temperature on growth and development of basil (*Ocimum* L.) species**. Ames: Iowa State University 2015. 139p. Dissertation (Master in Horticulture).
- WORD HEALTH ORGAZINATION - WHO. **Water Security & the Global Water**. Agenda AUN-Water Analytical Brief. Canada, 2013. (Report of a WHO meeting of experts). Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/publications/9241545747.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

## **CAPÍTULO 2**

**Produção hidropônica do manjericão utilizando efluente doméstico tratado sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva**

## **Produção hidropônica do manjeriço utilizando efluente doméstico tratado sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva**

**RESUMO:** A crescente escassez de água em todo o mundo tem levado à busca por alternativas para suprir a demanda hídrica da agricultura e o uso de efluentes domésticos tratados tem se mostrado uma fonte viável ao ponto de vista econômico e ambiental. Considerando estes aspectos, buscou-se avaliar duas cultivares de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão) cultivadas em sistema hidropônico DFT com dois tipos de água utilizadas no preparo da solução nutritiva: água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados, submetidas a três frequências de recirculação da solução nutritiva (SN) (2, 4 e 6h). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de julho a setembro de 2015. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais, cada uma com 12 plantas úteis. A colheita foi realizada aos 35 dias após o transplante (DAT) e as variáveis avaliadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, massa fresca e seca da parte aérea, teor de água, consumo hídrico total e eficiência do uso da água. As cultivares de manjeriço Grecco a Palla apresentaram 29,41% mais massa fresca que o manjeriço Alfavaca Basilicão. As águas utilizadas não apresentaram efeitos significativos nas variáveis estudadas, exceto para altura da planta (AP) e eficiência do uso da água com base na massa fresca da parte aérea ( $EUA_{MFPA}$ ), mostrando que o cultivo em água residuária pode ser uma alternativa viável para o cultivo hidropônico do manjeriço. A frequência de recirculação da SN apresentou efeito significativo sobre todas as variáveis estudadas, com exceção da AP e teor de água. A produção de massa fresca e seca da parte aérea do manjeriço, registrada para a frequência de recirculação da SN a cada 2h foi respectivamente 31,22 e 31,17% maior que a produção de massa fresca e seca registrada para a frequência de recirculação da SN a cada 6h, mostrando que o aumento no intervalo entre recirculações levou a uma menor produção do manjeriço.

**Palavras chave:** *Ocimum*, DFT, água residuária

## **Hydroponic production of basil using treated domestic effluents under different recirculation frequencies of nutrient solution**

**ABSTRACT:** Growing water scarcity around the world has led to the search for alternatives to meet the water demand of agriculture and the use of treated domestic effluents has proven to be a viable source from an economic and environmental point of view. Considering these aspects, two cultivars of basil ('Grecco a Palla' and 'Alfavaca Basilicão') were cultivated in a hydroponic DFT system with two types of water used in the preparation of the nutrient solution: local water and wastewater from treated domestic effluents, submitted to three recirculation frequencies of the nutrient solution (NS) (2, 4 and 6h). The experiment was conducted in a greenhouse from July to September 2015. The experimental design was completely randomized blocks, in a 2x2x3 factorial scheme, with four replications, totaling 48 experimental plots, each with 12 plants. Harvesting was carried out at 35 days after transplanting (DAT) and the variables evaluated were: plant height, stem diameter, fresh and dried shoot mass, water content, total water consumption, water use efficiency and fluorescence analysis in the broad leaf basil ('Alfavaca Basilicão'). The cultivars of 'Grecco a Palla' basil presented 29.41% more fresh mass than basil 'Alfavaca Basilica'. The water used did not present significant effects for the studied variables, except for plant height (AP) and water use efficiency based on the fresh shoot mass ( $EUA_{MFPA}$ ), showing that the cultivation in wastewater can be a viable alternative for the hydroponic cultivation of basil. The frequency of NS recirculation had a significant effect on all the variables studied, with the exception of AP and water content. The fresh and dry mass of basil shoots recorded at the frequency of recirculation of NS every 2 hours were respectively 31.22 and 31.17% higher than the production of fresh and dry mass recorded at the recirculation frequency of NS every 6 h, showing that the increase in the interval between recirculations led to a lower production of basil.

**Key words:** *Ocimum*, DFT, waste water

## 12. INTRODUÇÃO

Resultados promissores tem sido alcançado para o uso de águas residuárias em sistemas hidropônicos (Alves et al., 2014; Cuba et al., 2015; Malheiros et al., 2012; Santos Junior et al., 2012; Keller et al., 2005), constatando-se que a hidroponia é uma técnica que apresenta potencial para aplicação de águas residuárias, pois neste sistema de cultivo somente as raízes da planta tem contato direto com a água (CUBA et al., 2015).

Além disso, a hidroponia destaca-se como uma alternativa para redução de possíveis riscos de contaminação quando estas águas são utilizadas para irrigação em solo, apresentando como uma das suas principais vantagens uma alta eficiência no uso da água, proporcionando o aumento no rendimento das culturas cultivadas em regiões de escassez de água.

Portanto, a hidroponia possibilita o cultivo de culturas rentáveis, como por exemplo, o manjeriço, que é cultivado no Brasil principalmente por pequenos produtores rurais para a comercialização da planta como condimento (TEIXEIRA et al., 2002). Seu óleo essencial apresenta alta concentração de linalol, valorizado no mercado internacional e amplamente usado nas indústrias de condimentos e cosméticos (CARVALHO FILHO et al., 2006). Segundo Chagas et al. (2011), o cultivo de plantas medicinais deve estar dentro dos padrões agrônômicos requeridos para cada espécie a ser explorada, buscando melhorar a produtividade e a qualidade do material produzido, de forma a garantir a qualidade fitoquímica e farmacológica da matéria-prima.

Entre os produtores hidropônicos o principal método de aplicação da solução nutritiva (SN) é o NFT (técnica de fluxo laminar de nutrientes). Nesse sistema as plantas são cultivadas em canais de cultivo levemente inclinados (em torno de 3%) e submetidas à uma alta frequência de recirculação da SN.

Outro método de aplicação da SN em cultivos hidropônicos é o DFT (técnica do fluxo profundo). Nesse sistema os canais de cultivos ficam em nível, permanecendo uma lâmina constante de SN, e conseqüentemente, em contato contínuo com as raízes das plantas, suprindo-as de água e nutrientes durante todo o cultivo, sendo necessário recirculações apenas para oxigenação e substituição da SN. Isso permite um intervalo maior entre irrigações, porém não tão prolongada, podendo ocorrer redução na lâmina nos canais de cultivos, e retardo no crescimento das espécies devido ausência de oxigênio. Dessa

maneira, o sistema DFT é propício para as comunidades rurais do Semiárido, pois nessas as interrupções no fornecimento de energia são frequentes.

Pillau et al. (2002), ressaltam que a frequência adequada entre as irrigações, além de possibilitar o melhor crescimento das plantas, determina um menor consumo de energia elétrica, promovendo então maior ganho econômico na produção.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o cultivo de duas cultivares de manjeriço Grecco a Palla (folha estreita) e Alfavaca Basilicão (folha larga), com uso de água residuária e água de abastecimento local, em sistema hidropônico DFT sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva.

### **13. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de 23 de julho a 30 de setembro de 2015, na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizada no município de Cruz das Almas, BA, situada nas coordenadas 12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 6' 23" de longitude Oeste e altitude média de 220 m. Segundo D'Angiolella et al. (1998) o clima da região é classificado como úmido a sub-úmido, com umidade relativa e temperatura média anual de 80% e 24 °C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm.

No período experimental, os valores de temperatura média máxima e mínima foram 24,6 e 20,0 °C, respectivamente e umidade relativa do ar máxima e mínima, no ambiente externo foram de 96,0 e 78,2%, respectivamente.

A casa de vegetação possuía cobertura em arco simples e filme de polietileno de baixa densidade com 100 µm de espessura, tratada com anti UV, apresentava 7,0 m de largura, 24 m de comprimento, 2,5 m de pé direito, altura do arco de 1,5 m e orientação leste-oeste. As paredes laterais e frontais foram confeccionadas com telas tipo sombrite 50% (Figura 1).



Fonte: Autoria própria

**Figura 1.** Visão geral do interior da casa de vegetação durante o cultivo

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 2 \times 3$ , com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais e cada uma com 12 plantas úteis. Os tratamentos foram distribuídos em dois blocos, cada um com duas repetições. Foram avaliados o cultivo de duas cultivares de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão), em sistema hidropônico DFT utilizando-se duas águas (Água de abastecimento municipal e água residuária) na preparação de solução nutritiva e aplicada em três diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, uma vez a cada 2, 4 e 6 horas durante 15 minutos.

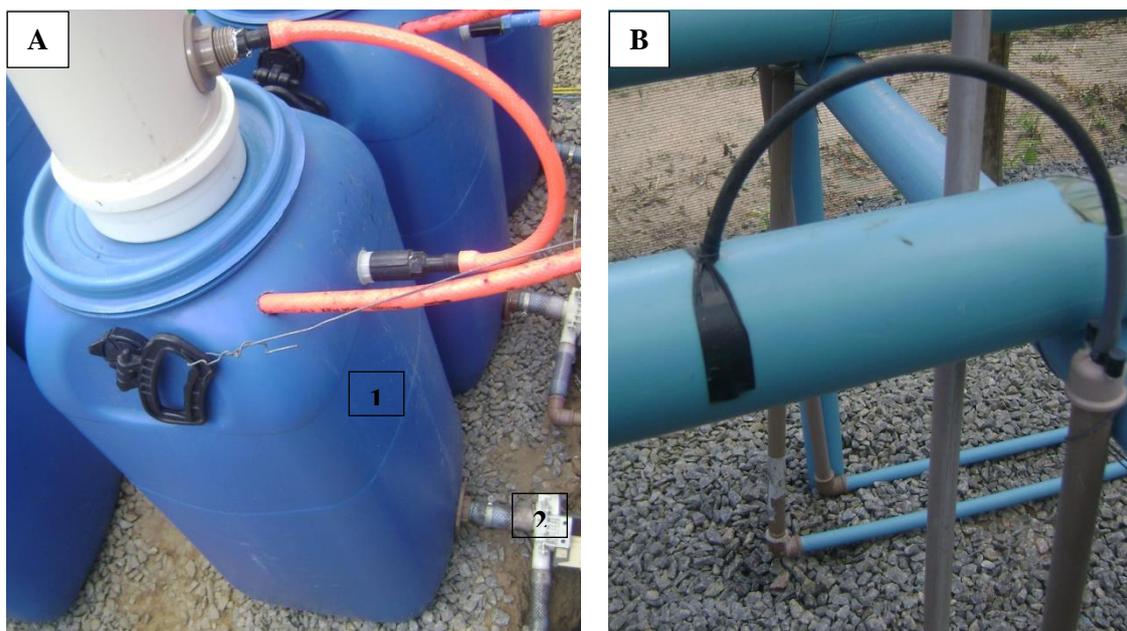
A estrutura experimental constituiu-se de oito bancadas com perfis hidropônicos de tubos de PVC de 75 mm, instalados em nível (tubos de PVC para irrigação, PN 40). As bancadas possuíam 5,40 m, dividido em duas plataformas (parte inferior e parte superior) cada uma com três perfis hidropônicos com 6,00 m de comprimento, excedendo 0,30 m nas extremidades da bancada. As plataformas foram instaladas uma sobre a outra, a primeira a 0,60 m de altura da superfície do solo (parte inferior) e a segunda a 0,90 m acima da primeira (parte superior), com os perfis espaçados de 0,30 m e 0,50 m entre as bancadas (Figura 2).



Fonte: Autoria própria

**Figura 2.** Estrutura hidropônica com perfil de tubo de PVC de 75 mm

Cada perfil hidropônico representava uma parcela experimental, contendo orifícios com diâmetro de 0,05 m, em que foram cultivadas as plantas em espaçamento de 0,20 m. As parcelas representavam os sistemas hidropônicos DFT, cada uma contendo um reservatório plástico independente com capacidade para 60 L; uma eletrobomba para recalcar a solução (Figura 3A) e uma tubulação de PVC (20 mm) sobre a superfície do solo, que saía da eletrobomba até a extremidade da bancada, se prolongando até a altura dos perfis hidropônicos, conectando na extremidade um “cap” com um furo, no qual foi inserido um emissor e um microtubo para derivar a solução nutritiva nos perfis hidropônicos (Figura 3B), com uma vazão de  $1,5 \text{ L min}^{-1}$ .

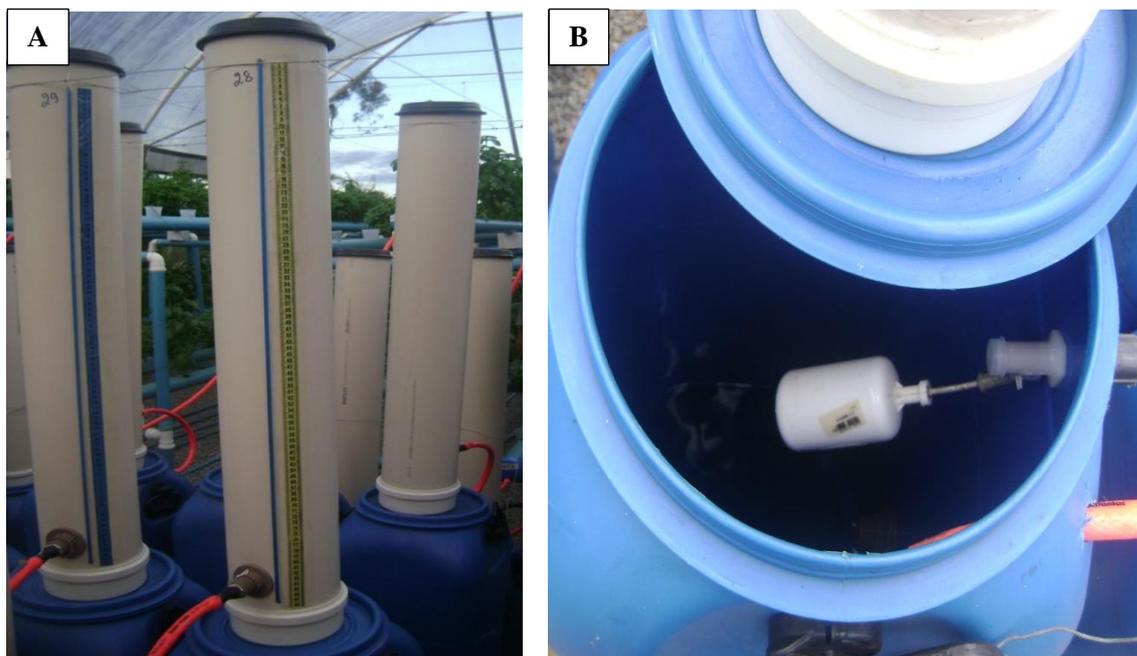


Fonte: Autoria própria

**Figura 3.** Reservatório (1) e eletrobomba (2) para circulação da solução nutritiva (A), sistema injetor da solução nutritiva (B)

A rede elétrica foi dividida em seis sub-redes em que foram instaladas, em cada uma, oito eletrobombas. Cada sub-rede foi conectada a um temporizador analógico o qual foi conectado a uma tomada de energia elétrica. Para cada frequência de recirculação foram acionados dois temporizadores simultaneamente, sendo ligadas oito eletrobombas.

Também foi acoplado um sistema de abastecimento automático individualizado para cada parcela (Figura 4A), responsável pela reposição da água consumida pelas plantas. O abastecedor foi construído com tubulação de PVC com diâmetro nominal de 150 mm, com capacidade para 15 L, dotado de uma régua graduada fixada junto a uma mangueira transparente instalada no sentido vertical para realizar a leitura do nível da água no reservatório do abastecedor. Esse abastecedor foi interligado ao reservatório de solução nutritiva por meio de mangueira. No reservatório de solução nutritiva existia uma torneira-bóia que proporcionava a saída automática de água do abastecedor para o reservatório (Figura 4B), permitindo a manutenção do volume constante (60L) à medida que as plantas evapotranspiravam.



Fonte: Autoria própria

**Figura 4.** Sistema de abastecimento automático (A), torneira-boia em reservatório (B).

Foram utilizadas no presente estudo água de abastecimento municipal (AA) e água residuária tratada (AR), proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA) localizada no município de Muritiba, Bahia. Para ambas as águas foi realizada a análise físico-química (Tabela 1). O efluente doméstico tratado utilizado foi armazenado em volume suficiente para condução de todo o experimento, não havendo misturas posteriores, dessa forma a análise físico-química foi realizada uma única vez.

**Tabela 1.** Caracterização físico-química do efluente doméstico tratado (AR) e água de abastecimento (AA)#

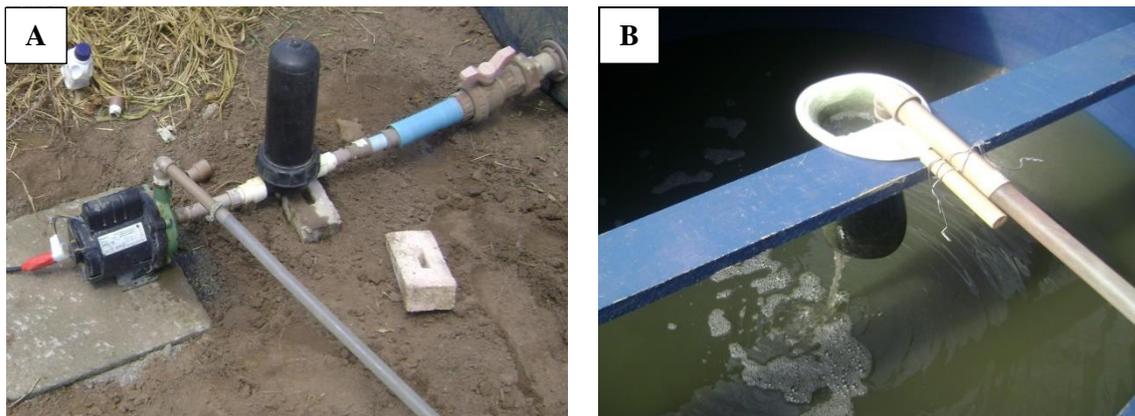
	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	P	K	N	Na	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO	RAS (mmol L <sup>-1</sup> <sub>0,5</sub> )
				----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----									
AR	7,16	1	0,05	29,32	21,85	138,00	15,00	18,96	175,83	A	P	238,51	5,55
AA	6,41	0,25	-	6,63	-	39,79	20,4	21,12	66,29	P	A	25,01	2,93

# Analisadas no Laboratório de Saneamento da UFCG, Campina Grande, PB. A - ausente; P - presente

Na estação de tratamento, o esgoto doméstico ao passar pela grade e a caixa de areia, todo o material sólido do efluente é retido e o esgoto segue para

um reator e uma lagoa, onde a matéria orgânica é digerida em 90% e os agentes patogênicos, como vírus e bactérias são eliminados.

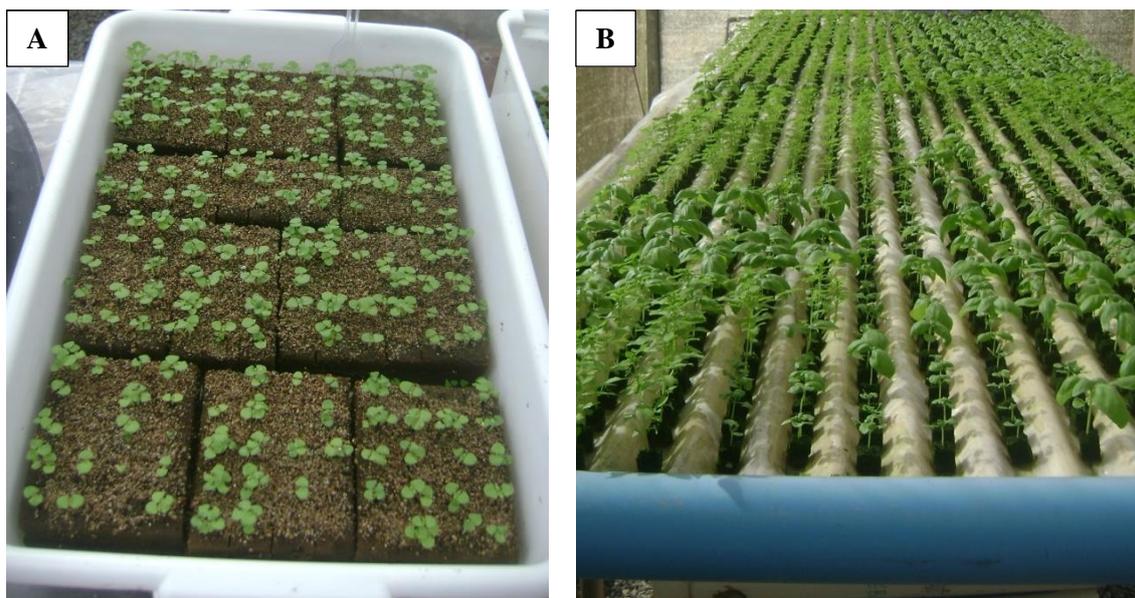
Para utilização desse efluente, além do tratamento dado na ETE, na saída do reservatório para uso no experimento passava-se por um filtro de tela (Figura 5A) e posteriormente, por um filtro de malha artesanal (Figura 5B) para reter partículas finas ainda existentes.



Fonte: Autoria própria

**Figura 5.** Filtro de tela (A), filtro de malha artesanal (B), utilizados na filtragem da água residuária antes de uso.

Em 27 de julho de 2015 as sementes de manjericão (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão), proveniente da ISLA sementes, foram semeadas em espuma fenólica (2,0 x 2,0 x 3,8 cm). Aos 15 dias após a semeadura (DAS) (Figura 6A), as plântulas foram levadas para um berçário hidropônico NFT (Figura 6B), permanecendo até o momento de transplântio (30 DAS).



Fonte: Autoria própria

**Figura 6.** Produção de mudas em espuma fenólica (A) e mudas em berçário hidropônico (B)

Inicialmente as plântulas foram irrigadas com água de abastecimento ( $CE=0,25 \text{ dS m}^{-1}$ ) e ao serem colocadas no berçário com solução nutritiva (com 50% de diluição), recomendada por Furlani (1998), para o cultivo hidropônico de hortaliças folhosas (Tabela 2).

Tabela 2. Composição de solução nutritiva hidropônica utilizada no estudo (FURLANI, 1998)

Fertilizante	Quant	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
g 1.000 L <sup>-1</sup>														
Nitrato de cálcio	750	7,5	108,75			142,5								
Nitrato de potássio	500		65		182,5									
Fosfato monoamônico	150	16,5		39										
Sulfato de magnésio	400						40	52						
Sulfato de cobre	0,15									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	0,15												0,06	
Fe-EDTA-13% Fe	16										2,08			
<b>Concentração</b>		24	173,75	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

Aos 30 DAS, as mudas de manjeriço foram transplantadas para os perfis hidropônicos, no total de 12 mudas por perfil, a partir de então, iniciou-se

a aplicação da solução nutritiva preparada em água de abastecimento e água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados.

No preparo da solução nutritiva tomou-se o cuidado de dissolver previamente cada fertilizante em um balde e em seguida adicionado ao reservatório evitando a formação de precipitados. A solução nutritiva foi preparada em um volume de 1000 L, após o seu preparo realizou-se o monitoramento do pH para manter-se na faixa recomendada (5,5 a 6,5) para o cultivo hidropônico, mediante adição de HCl diluído a 30% ou hidróxido de sódio ( $20,0 \text{ g L}^{-1}$ ) para correção. Em seguida, a solução nutritiva foi distribuída para os reservatórios de cada parcela, o pH inicial para as soluções foram de 5,8 (AA) e 6,2 (AR). Da mesma forma, o pH das águas utilizadas na reposição do volume consumido pelas plantas, foi monitorada e corrigida antes de ser distribuída nos abastecedores.

O pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva ( $CE_{SN}$ ) foram monitorados a cada dois dias e corrigidos quando necessário. Durante o período experimental foram realizadas reposições dos nutrientes à solução nutritiva quando a  $CE_{SN}$  reduzia 30%. Este procedimento foi necessário somente nos tratamentos com água de abastecimento.

Para oxigenação e reposição do volume consumido nos perfis hidropônicos, a recirculação da solução nutritiva foi realizado automaticamente com auxílio de um temporizador analógico, em intervalos de 2, 4 e 6 horas entre as aplicações de solução nutritiva, com duração de 15 minutos. A solução percorria o sistema radicular das plantas e o excesso retornava ao reservatório para ser recirculada, promovendo um reaproveitamento constante da solução nutritiva.

As variáveis de crescimento e rendimento do manjeriço foram avaliadas aos 35 dias após o transplante (DAT), colhendo as 12 plantas de cada perfil, determinando-se a altura das plantas (AP), medindo-se a distância entre o colo e o ápice caulinar; o diâmetro do caule (DC), medido com o auxílio de um paquímetro digital, próximo ao colo da planta; a massa fresca da parte aérea (MFPA), determinada em uma balança de precisão (0,01 g), a massa seca da parte aérea (MSPA) após secagem em estufa com fluxo de ar forçado a  $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante (10 dias). O teor de água da parte aérea (TA), foi determinada com base na massa fresca e seca da parte aérea (Equação 1).

$$TA(\%) = \frac{MFPA - MSPA}{MFPA} \times 100 \quad (1)$$

O consumo hídrico total por planta (CHT planta<sup>-1</sup>) durante o ciclo ou volume de água evapotranspirado (ET<sub>c</sub>), foi estimado dividindo-se o volume de solução nutritiva consumido (observado no reservatório) pelo número de plantas contidas no canal de cultivo (Equação 2). O consumo hídrico foi determinado para o período do 1 aos 35 DAT.

$$V_{ETc} = \frac{(Lf - Li) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \times 10^6 \quad (2)$$

Em que:

$V_{ETc}$  é o volume evapotranspirado, mL planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

Lf e Li são as leituras final e inicial do nível da água no abastecedor, m;

D é o diâmetro interno do abastecedor, m;

$\Delta T$  é o intervalo de tempo entre as leituras, dias;

n é o número de plantas no canal de cultivo.

Calculou-se ainda a eficiência de uso da água (g L<sup>-1</sup>), a partir da relação entre as MFPA e MSPA pelo consumo hídrico total acumulado.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F para as fontes de variação, efeitos dos blocos e de interações. As variáveis com efeito significativo para as fontes de variação “tipo de água”, “cultivar” e “frequência de recirculação da solução nutritiva”, foram submetidos à comparação de médias, utilizando o teste de Tukey (0,05 de probabilidade).

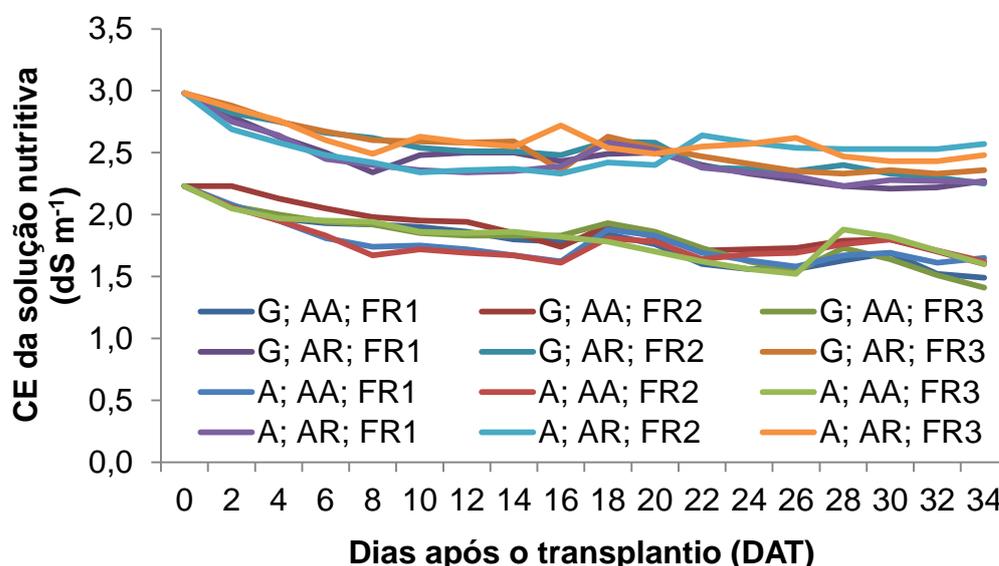
## 14. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 14.1 Monitoramento da condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva

Na Figura 8 encontram-se os valores médios de CE<sub>SN</sub> no sistema hidropônico DFT. A CE<sub>SN</sub> no dia do transplântio foi de 2,98 dS m<sup>-1</sup> nas parcelas com solução nutritiva preparada em AR, apresentando variações entre os valores médios ao longo do período experimental na faixa de 2,50 ± 0,38 dS m<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>. As parcelas com solução nutritiva preparada em AA, a  $CE_{SN}$  no dia do transplântio foi de  $2,23 \text{ dS m}^{-1}$ , apresentando variações ao longo do período experimental na faixa de  $1,80 \pm 0,24 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 8). A diferença observada entre duas soluções foi devida a diferença em CE inicial das águas (Tabela 1).

Nas parcelas com solução nutritiva preparada em AR não houve necessidade de reposição de nutrientes à solução, em consequência da elevada CE do efluente doméstico tratado ( $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ ) utilizado no preparo da solução nutritiva e na reposição do volume consumido. Em geral, para as parcelas com solução nutritiva preparada em AA foi realizada a reposição de nutrientes utilizando como recomendação a redução de 30% da  $CE_{SN}$  inicial, conforme recomendado por Martinez e Silva Filho (2004).

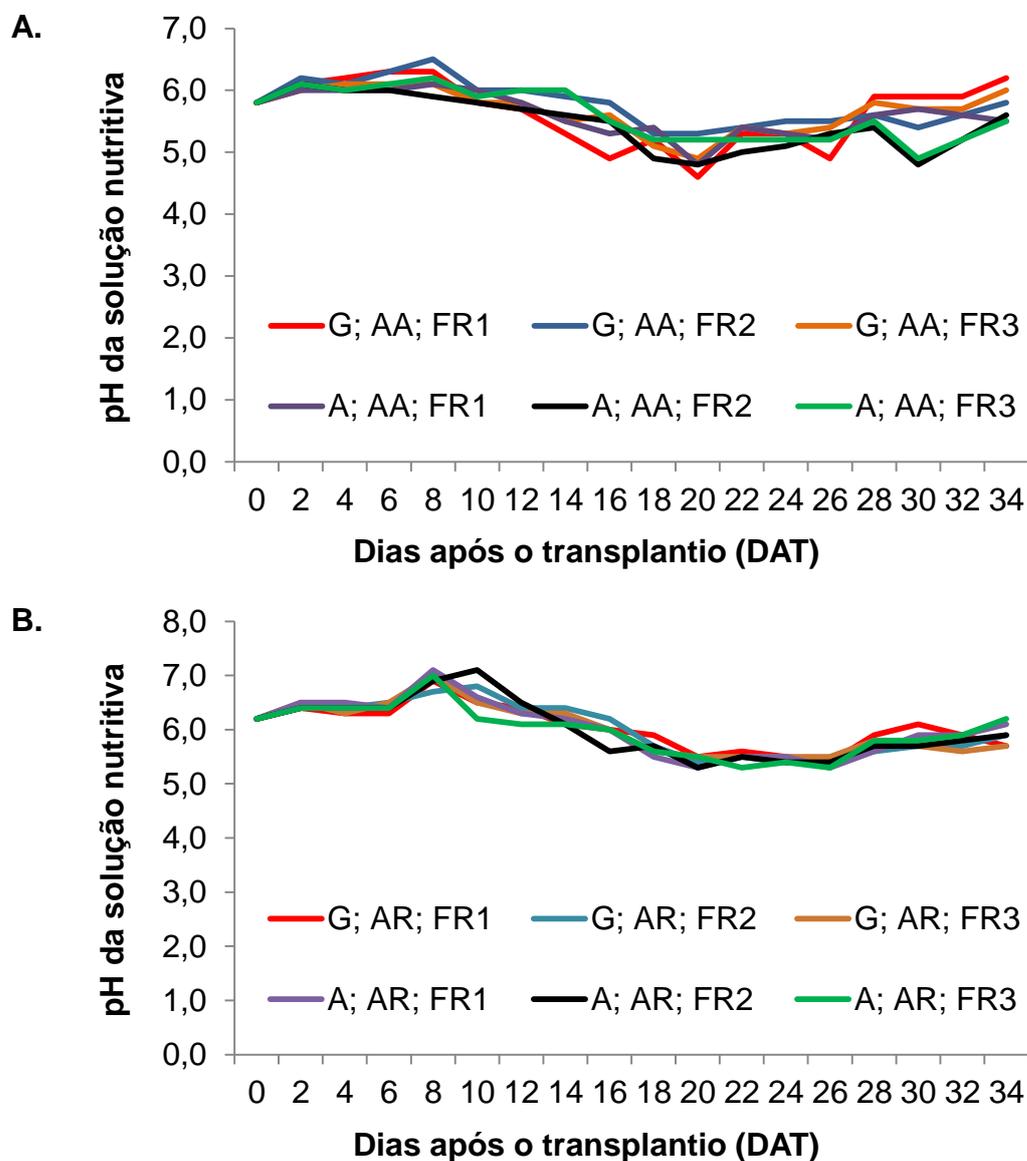


G - Grecco a Palla; A - Alfavaca Basilicão; AA - Água de abastecimento; AR - Água residuária; FR - Frequência de recirculação da solução nutritiva; FR1, FR2 e FR3 respectivamente a cada 2, 4 e 6 horas

**Figura 8.** Valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva no sistema hidropônico DFT com solução nutritiva preparada em água residuária (AR) e água de abastecimento (AA), sob diferentes frequências de recirculação, no período de 2 aos 34 DAT.

Na Figura 9 observa-se o comportamento dos valores médios do pH da solução nutritiva, no dia do transplântio o valor médio do pH foi de 5,8 e 6,2 para as parcelas com soluções nutritivas preparadas em AA e AR, respectivamente. As variações entre os valores médios de pH ao longo do período experimental mantiveram-se na faixa de  $5,62 \pm 0,37$  na solução

nutritiva preparada em AA e de  $6,06 \pm 0,29$  na solução nutritiva preparada em AR. Em geral, os valores médios do pH seguiram comportamento semelhante de uma suave diminuição nos diferentes tratamentos. As parcelas que saíram da faixa de 5,5 a 6,5, foram ajustadas com uso de hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, respectivamente.



G - Grecco a Palla; A - Alfavaca Basilicão; AA - Água de abastecimento; AR - Água residuária; FR - Frequência de recirculação da solução nutritiva; FR1, FR2 e FR3 respectivamente a cada 2, 4 e 6 horas

**Figura 9.** Valores médios de pH da solução nutritiva nos sistemas hidropônicos DFT com solução nutritiva preparada em água de abastecimento - AA (A) e água residuária - AR (B), sob diferentes frequências de recirculação, no período de 2 aos 34 DAT.

## 14.2 Crescimento e produção do manjericão

De acordo com a análise de variância, observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) na altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das cultivares de manjericão. Somente para altura de planta (AP) observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) em função do tipo de água utilizada. Com relação à frequência de recirculação da solução nutritiva, observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis avaliadas, com exceção da altura de planta. Houve interação significativa entre os fatores cultivar x frequência para a variável MFPA (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de duas cultivares de manjericão cultivadas em sistema hidropônico DFT, utilizando água residuária (AR) e água de abastecimento (AA) local, sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 35 DAT

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		AP	DC	MFPA	MSPA
Bloco	1	15,04 <sup>ns</sup>	4,09*	44595,28**	652,83**
Cultivar (C)	1	11138,30**	96,61**	24531,39**	3,26 <sup>ns</sup>
Água (A)	1	82,92**	0,03 <sup>ns</sup>	5053,46 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>
Frequência (F)	2	17,20 <sup>ns</sup>	4,22**	19935,85**	107,63**
C x A	1	0,22 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	2493,36 <sup>ns</sup>	22,41 <sup>ns</sup>
C x F	2	7,61 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	7322,21**	21,14 <sup>ns</sup>
A x F	2	3,06 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	368,11 <sup>ns</sup>	6,74 <sup>ns</sup>
C x A x F	2	3,74 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	1796,41 <sup>ns</sup>	14,35 <sup>ns</sup>
Erro	35	9,49	0,85	1282,28	9,00
CV (%)		7,20	10,43	20,31	21,06

\*\* e \* significativos a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, ns - não significativo pelo teste F

O efeito significativo das cultivares de manjericão quanto a AP, DC e MFPA mostra que as cultivares apresentam características diferentes em sua arquitetura. A cultivar Alfavaca Basilicão apresentou AP e DC em média 110,4 e 38 %, respectivamente, superior a cultivar Grecco a Palla. A cultivar Grecco a Palla apresentou em média 29,41% de MFPA superior que a cultivar Alfavaca Basilicão (Tabela 4). Constata-se que a Alfavaca Basilicão se destaca em altura e a Grecco a Palla em massa fresca. Esses resultados concordam com

os relatados por Fernandes et al. (2004), que avaliando a massa verde acumulada dessas variedades, em hidroponia floating (equivalente ao sistema hidropônico DFT), o manjeriço de folha estreita apresenta maior massa verde acumulada ( $483,00 \text{ g planta}^{-1}$ ) que o manjeriço de folha larga ( $452,00 \text{ g planta}^{-1}$ ).

Os tipos de águas utilizados no preparo da solução nutritiva, não apresentaram efeitos significativos sobre as variáveis de produção (MFPA e MSPA) do manjeriço cultivado em sistema hidropônico, demonstrando a viabilidade técnica do aproveitamento de águas residuárias como fonte alternativa para produção de manjeriço. Resultados semelhantes foram encontrados por Cuba et al. (2015), em cultivo hidropônico de alface com esgoto doméstico tratado; Alves et al. (2014), em cultivo de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia; Santos Júnior et al. (2014), em cultivo de girassol com água residuária em sistema semi-hidropônico.

Com relação à frequência de recirculação da solução nutritiva, observou-se que o menor intervalo de recirculação (2 h) proporcionou maior produção de MFPA, MSPA e DC em comparação com o maior intervalo de recirculação (uma aplicação de solução nutritiva a cada 6 h). As reduções médias de MFPA, MSPA e DC foram de 31,22; 31,17 e 8,51%, respectivamente (Tabela 4). Silva et al. (2016) em cultivo de coentro em hidroponia DFT, constataram que a produção de matéria fresca sob intervalos de 0,25 e 8 h de recirculação da solução nutritiva não diferiram estatisticamente, podendo-se adotar esse maior intervalo (8 h) sem perda de produção. Do mesmo modo, Zanella et al. (2008) avaliando o cultivo do alface hidropônico em NFT sob diferentes intervalos de recirculação de solução nutritiva, observaram que o aumento no intervalo entre recirculações levou a menor produção de alface, concluindo que quanto menor o intervalo entre as recirculações de solução nutritiva maior é a produção. Esses resultados evidenciam que a frequência de recirculação em sistema de cultivo hidropônico DFT talvez seja relacionado com a espécie cultivada em função de alguns fatores como: exigência de oxigênio, temperatura, entre outros.

**Tabela 4.** Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA) de duas cultivares de manjeriço cultivadas em sistema hidropônico DFT, utilizando água residuária (AR) e água de abastecimento (AA) local, sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 35 DAT

Fonte da variação	Médias			
	AP (cm)	DC (mm)	MFPA (g)	MSPA
<b>Cultivar</b>				
Grecco a Palla	27,59 b	7,44 b	198,92 a	14,50 a
Alfavaca Basilicão	58,06 a	10,28 a	153,71 b	13,98 a
DMS	1,8	0,54	20,98	1,75
<b>Água</b>				
AA	44,14 a	8,83 a	186,57 a	14,48 a
AR	41,51 b	8,89 a	166,05 a	14,00 a
DMS	1,8	0,54	20,98	1,75
<b>Frequência</b>				
2 h	43,63 a	9,43 a	215,98 a	17,21 a
4 h	41,65 a	8,45 b	148,37 b	12,40 b
6 h	43,18 a	8,69 ab	164,59 b	13,12 b
DMS	2,66	0,8	30,99	2,59

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

Para o desdobramento das frequências de recirculação da solução nutritiva dentro das cultivares, verificou-se uma maior MFPA da cultivar Grecco a Palla dentro da frequência de 2h (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias do desdobramento da interação (cultivar x frequência) para a MFPA, aos 35 dias após o transplante (DAT)

Fonte da variação	Médias		
	Frequência		
	2 h	4 h	6 h
<b>Cultivar</b>			
Grecco a Palla	260,64 a A	150,31 a B	185,81 a B
Alfavaca Basilicão	171,32 b A	146,42 a A	143,38 b A

Letras minúsculas nas colunas comparam-se as médias das cultivares dentro das frequências; letras maiúsculas nas linhas comparam-se as médias das frequências dentro das cultivares, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade.

### 14.3 Teor de água, consumo hídrico e eficiência do uso da água do manjericão

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), observou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) no teor de água (TA) e na eficiência do uso da água com base nas massas de matéria fresca ( $EUA_{MFPA}$ ) e seca ( $EUA_{MSPA}$ ) em função dos cultivares de manjericão. Verificou-se efeito significativo ( $p < 0,01$ ) no TA e  $EUA_{MFPA}$  em função dos tipos de águas utilizadas no preparo da solução nutritiva. Também foi observado efeito significativo ( $p < 0,01$ ) no consumo hídrico total (CHT), na  $EUA_{MFPA}$  e na  $EUA_{MSPA}$  em função da frequência de recirculação da solução nutritiva. Bem como efeito significativo ( $p < 0,01$ ) na interação entre os tipos de água e as frequências de recirculação para as  $EUA_{MFPA}$  e  $EUA_{MSPA}$ .

**Tabela 6.** Resumo das análises de variância para teor de água (TA), consumo hídrico total (CHT) e eficiência do uso da água (EUA) de duas cultivares de manjericão cultivadas em sistema hidropônico DFT, utilizando água residuária (AR) e água de abastecimento (AA), sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 35 DAT

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio			
		TA	CHT	$EUA_{MFPA}$	$EUA_{MSPA}$
Bloco	1	25,28**	13387176,57**	258,44**	8,16**
Cultivar (C)	1	29,48**	3183323,18 <sup>ns</sup>	1392,99**	1,51**
Água (A)	1	6,49**	615547,72 <sup>ns</sup>	69,50**	0,00 <sup>ns</sup>
Frequência (F)	2	0,45 <sup>ns</sup>	7635687,78**	56,79**	0,21*
C x A	1	0,89 <sup>ns</sup>	1318657,27 <sup>ns</sup>	15,25 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
C x F	2	1,07 <sup>ns</sup>	3670001,36 <sup>ns</sup>	8,14 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>
A x F	2	0,30 <sup>ns</sup>	510775,41 <sup>ns</sup>	24,66**	0,27**
C x A x F	2	0,10 <sup>ns</sup>	649305,06 <sup>ns</sup>	14,23 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Erro	35	0,38	1275797,92	5,2	0,05
CV (%)		0,67	20,09	7,29	9,12

\*\* e \* significativos a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo

As cultivares em estudo, o TA e EUA foi maior no manjericão Grecco a Palla (Tabela 7), essa diferença no TA em função das cultivares está relacionada ao fato de que a cultivar Grecco a Palla apresentou mais folhas pequenas enquanto que a cultivar Alfavaca Basilicão menos folhas, porém folhas largas e conseqüentemente mais fibra e menos TA.

O consumo hídrico não foi afetado em função das águas utilizadas no preparo da solução nutritiva, porém o maior teor de água (TA) e eficiência do uso da água ( $EUA_{MFPA}$ ) foram observados com a utilização da água de abastecimento local (AA) (Tabela 7). Vale ressaltar que mesmo apresentando diferença em relação a  $EUA_{MFPA}$  entre as médias dos tratamentos que utilizou AA e AR, essa diferença foi de apenas 7,38% menor comparando a AR com a AA, por outro lado cada planta de manjeriço teve um consumo médio de água residuária de 5,507 L, transformando uma água com potencial para poluição em uma água inserida na cadeia produtiva agrícola, possibilitando assim um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis. Tendo ainda que para a produção de 10.000 plantas de manjeriço teria um consumo total de aproximadamente 55 m<sup>3</sup> de água residuária que deixaria de poluir os corpos d' água contribuindo desta maneira na preservação de meio ambiente. Assim, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de resíduos e do consumo de água de qualidade (BRASIL, 2017)

A frequência de recirculação da solução nutritiva não afetou o teor de água. No entanto, o menor intervalo (2 h) favoreceu um maior consumo hídrico em relação aos maiores intervalos (4 e 6 h), com reduções de 24,77 e 20,72 %, respectivamente (Tabela 7). Esse maior consumo hídrico no intervalo de 2 h está relacionado com o aumento da biomassa (MFPA) nessa frequência e consequentemente maior evapotranspiração das espécies e um melhor desenvolvimento, pois eventos mais frequentes de recirculações da solução nutritiva no canal de cultivo favorece uma melhor oxigenação da solução. Silva et al. (2016) avaliando intervalos de recirculação para o cultivo do coentro em sistema hidropônico DFT, ressaltam que o maior consumo hídrico das plantas de coentro em frequência-controle (intervalos a cada 0,25 h) se deve à melhor manutenção da lâmina de solução nutritiva e sua aeração nos canais de cultivo enquanto com as demais frequências (2, 4 e 8 h) o intervalo para manutenção da solução nos canais de cultivo foi maior. Outro fator que implica é a ausência de oxigenação e elevação da temperatura da solução nutritiva em intervalos longos de recirculação. Comprovado por Mattos et al. (2001), que avaliando a temperatura no interior dos canais de cultivo em sistema hidropônico NFT

cobertas com diferentes materiais, observaram que o material que proporcionou a menor temperatura obteve a maior produção de massa fresca de alface.

**Tabela 7.** Valores médios de teor de água (TA), consumo hídrico total (CHT) e eficiência do uso da água (EUA) de duas cultivares de manjerição cultivadas em sistema hidropônico DFT, utilizando água residuária (AR) e água de abastecimento (AA) local, sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, aos 35 DAT

<b>Médias</b>				
<b>Fonte da variação</b>	<b>TA</b>	<b>CHT</b>	<b>EUA<sub>MFPA</sub></b>	<b>EUA<sub>MSPA</sub></b>
	(%)	(mL pl <sup>-1</sup> )	(g L <sup>-1</sup> )	
<b>Cultivar</b>				
Grecco a Palla	92,66 a	5363,42 a	36,71 a	2,68 a
Alfavaca Basilicão	91,09 b	5878,48 a	25,93 b	2,33 b
DMS	0,36	661,94	1,33	0,13
<b>Água</b>				
AA	92,24 a	5734,19 a	32,52 a	2,49 a
AR	91,50 b	5507,71 a	30,12 b	2,52 a
DMS	0,36	661,94	1,33	0,13
<b>Frequência</b>				
2 h	91,94 a	6412,39 a	33,17 a	2,63 a
4 h	91,68 a	5138,91 b	29,40 b	2,41 b
6 h	92,00 a	5311,56 b	31,39 ab	2,47 ab
DMS	0,53	977,66	1,97	0,19

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

De acordo com a Tabela 8, observa-se que para o desdobramento das frequências de recirculação da solução nutritiva dentro do tipo de água, verificou-se maior EUA<sub>MFPA</sub> na água de abastecimento (AA) dentro da frequência de 2h e maior EUA<sub>MSPA</sub> também na frequência de 2h não diferindo estatisticamente com relação ao tipo de água nessa frequência.

**Tabela 8.** Médias do desdobramento da interação (água x frequência) para a EUA<sub>MFPA</sub> e EUA<sub>MSPA</sub>, aos 35 dias após o transplante (DAT)

Fonte da variação	Médias (EUA <sub>MFP</sub> A)			Médias (EUA <sub>MSP</sub> A)		
	Frequência			Frequência		
	2 h	4 h	6 h	2 h	4 h	6 h
<b>Água</b>						
AA	35,11 a A	31,30 a B	31,16 a B	2,74 a A	2,41 a B	2,33 b B
AR	31,22 b A	27,51 b B	31,62 a A	2,52 a A	2,41 a A	2,62 a A

Letras minúsculas nas colunas comparam-se as médias das águas dentro das frequências; letras maiúsculas nas linhas comparam-se as médias das frequências dentro das águas, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

## 15. CONCLUSÕES

1. Em hidroponia, é possível o uso de efluentes domésticos tratados na produção de manjeriço, visto que este tipo de água não causou danos às plantas que comprometessem a qualidade do produto.
2. A cultivar Grecco a Palla destaca-se com uma maior produção de massa fresca da parte aérea, teor de água e eficiência do uso da água com base na massa fresca e seca da parte aérea.
3. A produção de massa fresca e seca da parte aérea das cultivares estudadas em sistema hidropônico DFT, reduziram com intervalos de recirculações da solução nutritiva maiores que 2 h.

## 16. REFERÊNCIAS

- ALVES, S. M. C.; REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; BATISTA, R. O.; SOUZA, L. Fertirrigação de girassol ornamental com esgoto doméstico tratado em sistema de hidroponia. **Irriga**, v.19, n.4, p.714-726, 2014.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro, <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 18 de março de 2017.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A. D.; MELO, A. S.; CAVALCANTI, S. C. H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVAMANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.1, p.24-30, 2006.
- CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SANTOS, F. M. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e

- época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, n.2, p.327-334, 2011.
- CUBA, R. da S.; CARMO, J. R. do.; SOUZA, C. F.; BASTOS, R. G. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Revista Ambiente & Água**, v.10, n.3, p.574-586, 2015.
- D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais**. Lavras, SBEA, v.1, p.43-45, 1998.
- FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.260-264, 2004.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: IAC, 1998. 30p. (IAC. Boletim Técnico, 168).
- GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica and Biophysica Acta**, v.990, n.1, p.87-92, 1989.
- KELLER, R.; PERIN, K.; SEMIONATO, S.; ZANDONADE, E.; CASSINI, S.; GONÇALVES R. F. Hydroponic cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) using effluents from primary, secondary and tertiary + UV treatments. **Water Science and Technology: Water Supply**, v.5, n.1, p.95- 100, 2005.
- MALHEIROS, S. M. M., SILVA, E. F. de F.; MEDEIROS, P. R. F. de.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. **Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.10, p.1085-1092, 2012.
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2004. 111p.
- MATTOS, K. M. C.; ANGELOCCI, L. R.; FURLANI, P. R.; NOGUEIRA, M. C. S. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface

- em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico - NFT. **Bragantia**, v.60, n.3, p.253-260, 2001.
- PILLAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, n.2, p.237-244, 2002.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; ARAÚJO, D. L.; GUEDES FILHO, D. H. Substratos e diferentes concentrações da solução nutritiva preparada em água residuária no crescimento do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p.696-707, 2014.
- SANTOS JÚNIOR, J. A.; GUEDES FILHO, D. H.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; MEDEIROS, S. DE S. **Nitrogênio e água residuária na emergência do girassol cultivado em sistema hidropônico com diferentes substratos**. In. INOVAGRI / IV WINOTEC, Fortaleza – CE, 2012
- SILVA, M. G. da.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. de S.; SILVA FILHO, J. A. da.; CARMO, F. F. do. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.5, p.447-454, 2016.
- TEIXEIRA, J. P. F.; MARQUES, M. O. M.; FURLANI, P. R.; FACANALLI, R. Essential oil contents in two cultivars of basil cultivated on NFT-hydroponics. In: Proceedings of the First Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants, **Acta Horticulturae**, v.569, p.203-208, 2002.
- ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p.366-370, 2008.

## **CAPÍTULO 3**

**Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço hidropônico utilizando efluente doméstico tratado**

## **Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço hidropônico utilizando efluente doméstico tratado**

**RESUMO:** O manjeriço destaca-se pela sua utilização na gastronomia, medicina natural, e valorização do óleo essencial para as indústrias farmacêuticas, perfumarias e cosméticos, o que torna indispensável o seu cultivo comercial. Neste trabalho foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o teor, rendimento e composição química do óleo essencial de duas cultivares de manjeriço, em sistemas hidropônicos NFT e DFT, sob diferentes espaçamentos (20, 30 e 40 cm), com o uso de água residuária (Experimento I) e as mesmas cultivares em sistema hidropônico DFT sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva (2, 4 e 6 h), com o uso de água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados (Experimento II). Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, sob delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os tratamentos foram distribuídos na bancada de cultivo em dois blocos (posição superior e inferior). Aos 30 e 45 (Experimento I) e 35 (Experimento II) dias após o transplântio, as plantas foram colhidas, colocadas em sacos de papel e levadas a estufa de secagem com fluxo de ar a 45 °C, por 10 dias até atingirem massas constantes. Após a secagem, foi realizada a pesagem da biomassa seca das folhas, misturadas, maceradas e posteriormente realizada a extração do óleo essencial pela técnica de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho de Clevenger, para avaliação do teor, rendimento e composição química do óleo essencial. As diferentes cultivares, sistemas de cultivo hidropônico NFT e DFT, espaçamentos entre plantas, águas utilizadas e frequências de recirculação não apresentaram efeitos significativos para o teor de óleo essencial. Já para o rendimento do óleo essencial, somente a frequência de recirculação da solução nutritiva aos 35 DAT (Experimento II), apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ). Foram identificados 10 constituintes do óleo essencial no Experimento I e 9 no Experimento II. O constituinte linalol, destacou-se como o constituinte principal, com teor médio de 41,73 e 47,44 % em experimento I e II, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Ocimum*, hidroponia, metabolismo secundário

## **Content, yield and chemical composition of essential oil of hydroponic basil using treated domestic effluents**

**ABSTRACT:** Basil stands out for its use in food, natural medicine, and enhancement of essential oil for pharmaceutical and perfume industries. In this study two experiments were conducted in order to evaluate the content, yield, chemical composition of essential oil of two basil cultivars in NFT and DFT hydroponic systems under different spacings and different frequencies of recirculation of the nutrient solution using water of local supply and treated domestic effluent. The experiments were conducted in a greenhouse, adapting a randomized block design in a 2x2x3 factorial with four replications, totaling 48 experimental plots. The treatments were distributed in two blocks. At 30, 45 (Experiment I) and 35 (Experiment II) days after transplanting (DAT), the plants were harvested, placed in paper bags and dried in an oven with air flow at 45 °C for 10 days until they reached constant mass. After drying and weighing the dry biomass of leaves, mixed, grinded and subsequently the essential oil was extracted by hydrodistillation technique using the Clevenger apparatus, to evaluate the content, yield and chemical composition of essential oil. The different cultivars, NFT and DFT cultivation systems, spacings between plants, type of water and recirculation frequencies did not show significant effects for the essential oil content. As for the essential oil yield, only the recirculation frequency of the nutrient solution at 35 DAT showed a significant effect ( $p < 0.01$ ). Ten essential oil constituents were identified in Experiment I and nine in Experiment II. The constituent linalol, stood out as the main constituent, with an average content of 41.73 and 47.44% in experiment I and II, respectively.

**Key words:** *Ocimum*, hydroponic, secondary metabolism

## 17. INTRODUÇÃO

O manjeriço, também conhecido como alfavaca, basilicão, pertence à família Lamiaceae, é uma planta originária da Ásia tropical e tem preferência por climas quentes a amenos (LORENZI & MATOS, 2002). Vieira & Simon (2000), ressaltam que as espécies do gênero *Ocimum*, da família Lamiaceae, é uma importante fonte de óleos essenciais, tendo uso na medicina popular em todos os continentes.

Os óleos essenciais são originados do metabolismo secundário das plantas e possuem composição química complexa, destacando-se a presença de terpenos e fenilpropanóides (GONÇALVES et al., 2003; SILVA et al., 2003). Os principais compostos encontrados no óleo essencial de manjeriço são timol, metil-chavicol, linalol, eugenol, cineol e pireno (LORENZI & MATOS, 2002). Dentre esses, o linalol é considerado uma das substâncias mais importantes na indústria farmacêutica, cosméticos e perfumarias.

Diversos fatores podem influenciar o teor, rendimento e a composição química dos óleos essenciais, desde a cultivar utilizada, condições de cultivo, idade da planta, qualidade da água, período e horário da colheita, formas de secagem, além de fatores climáticos e ambientais. Morais (2009) resalta que a composição química dos óleos essenciais é determinada por fatores genéticos, porém, outros fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários.

De acordo com Melo et al. (2002), o uso da hidroponia surgiu como uma alternativa a problemas como a limitada disponibilidade de solos aptos à agricultura; a incidência de determinadas doenças de solo, dificilmente controladas por métodos químicos, sanitários ou de resistência genética; o interesse em incrementar a eficiência do uso da água e o desejo de aumentar a produção e melhorar a qualidade dos alimentos. Dessa maneira, o cultivo de espécies medicinais e aromáticas em sistemas hidropônicos é bastante promissor, sendo possível otimizar a produção das espécies. Contudo, diante de uma crescente demanda de água, principalmente para agricultura e indústrias, torna-se cada vez mais necessário desenvolver alternativas, com destaque para o reúso da água, visando o uso racional dos recursos hídricos.

Nesse contexto, torna-se necessário pesquisas para viabilizar a produção do óleo essencial e reúso da água. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor, rendimento e composição química do óleo essencial de duas cultivares de manjeriço, em sistemas hidropônicos NFT e DFT, sob diferentes espaçamentos e diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, com o uso de água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluentes domésticos tratados.

## **18. MATERIAL E MÉTODOS**

Na avaliação do teor, rendimento e a composição química do óleo essencial da cultura do manjeriço foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, localizada na área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizada no município de Cruz das Almas, Bahia.

No Experimento I, foram avaliadas duas cultivares de manjeriço (cv. Grecco a Palla e cv. Alfavaca Basilicão), cultivadas em sistemas de cultivo hidropônico NFT (Técnica do fluxo laminar de nutrientes) e DFT (Técnica do filme profundo), sob diferentes espaçamentos entre plantas (20, 30 e 40 cm), utilizando água residuária no preparo da solução nutritiva. A colheita foi realizada aos 30 e 45 dias após o transplante (DAT). Detalhes do cultivo e estudo foram apresentados no Capítulo I.

No Experimento II, foram avaliadas as mesmas cultivares de manjeriço (cv. Grecco a Palla e cv. Alfavaca Basilicão), cultivadas em sistema de cultivo hidropônico DFT, submetidas a solução nutritiva com diferentes frequências de recirculação (2, 4 e 6 h) e utilizando dois tipos de água no seu preparo (água de abastecimento local e água residuária). Nesse experimento as plantas foram colhidas aos 35 DAT. Detalhes do cultivo foram apresentados no Capítulo II.

Ambos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, sob delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 2x2x3 com quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. Os tratamentos foram distribuídos na bancada de cultivo em dois blocos (posição superior e inferior).

Após a colheita, a parte aérea das plantas, foi pesada e colocada em sacos de papel e levadas à estufa de secagem com fluxo de ar a uma temperatura de 45 °C, por 10 dias até atingir massa constante. Posteriormente, as folhas foram separadas, misturadas, maceradas e pesadas para a determinação da umidade e extração do óleo essencial.

A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger, no Laboratório de Fitoquímica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

Primeiramente, separou-se 1,0 g do material vegetal seco e macerado para a determinação do teor de umidade, em %, que foi feita em triplicata, colocando em estufa de secagem a temperatura de 45°C por 48 horas e posteriormente pesou-se novamente para obter a média através de cálculos de teor de umidade (U%) (Equação 1).

$$U = \frac{PI-PF}{PI} \times 100 \quad (1)$$

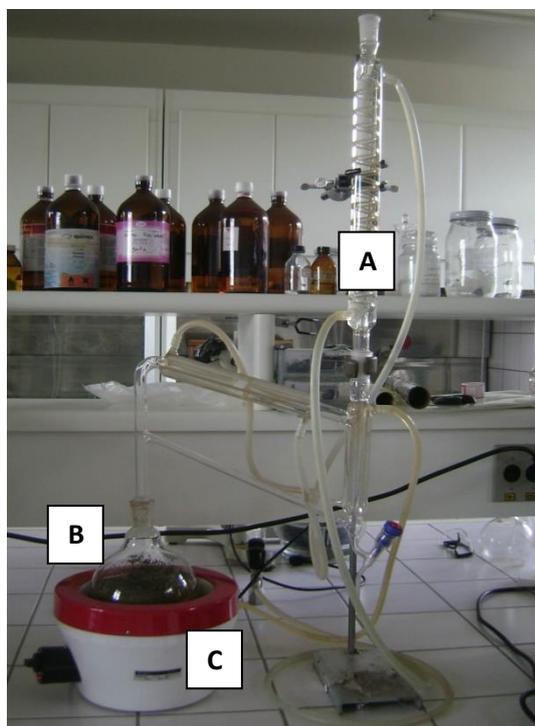
Em que:

PI - Peso Inicial, g

PF - Peso Final, g

Em torno de 30 g da amostra foi colocada em balão de vidro de 3 L contendo água destilada em volume suficiente para ultrapassar em poucos centímetros a altura da manta térmica e efetuar a cobertura total do material vegetal, iniciando o processo de hidrodestilação. Foram utilizados aparatos do tipo Clevenger graduados, acoplados nos balões de vidro, que foram aquecidos por mantas térmicas elétricas com termostato (Figura 1). O processo de extração foi conduzido durante 2 horas, contadas a partir da condensação da primeira gota, sendo verificado o volume de óleo extraído na coluna graduada do Clevenger. Adicionou-se ao óleo o sulfato de sódio anidro, com objetivo de evitar perdas por hidrólise durante o armazenamento. Posteriormente, com o uso da pipeta do tipo Pasteur, o óleo foi transferido para recipientes de vidro com capacidade de 2 mL, etiquetado, envoltos em papel alumínio e

armazenados sob refrigeração (-5°C), até a realização da análise da composição química, conforme Teles et al. (2012, 2013).



Fonte: Autoria própria

**Figura 1:** Aparelho Clevenger (A); Balão volumétrico 3 L (B); Manta aquecedora (C)

O teor do óleo essencial foi calculado (Equação 2) a partir da base livre de umidade (BLU), que corresponde ao volume (mL) de óleo essencial em relação a massa seca.

$$To = \frac{vo}{Bm - \frac{(Bm \times U)}{100}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

To - Teor de óleo (%) (Refere-se a x mL do óleo / 100 g de MS)

Vo - Volume de óleo extraído (mL)

Bm - Biomassa da folha

U - Umidade em percentagem

O rendimento de óleo essencial na amostra foi obtido a partir da multiplicação entre o teor de óleo e a massa seca das folhas, calculado em mL conforme a Equação 3 a seguir.

$$R_o = T_o \times MSF \quad (3)$$

Em que:

$R_o$  - rendimento de óleo essencial produzido, mL por parcela

$T_o$  - teor de óleo essencial, mL por 100 g

$MSF$  - massa seca das folhas do manjeriço, g por parcela

A análise de composição química foi realizada no Laboratório de Cromatografia Dr Jailson Bittencourt, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Campus de Jequié. A composição das amostras foi analisada em cromatógrafo acoplado a um espectrômetro de massa (Shimadzu QP2010), sob as seguintes condições experimentais: coluna capilar DB-5 de 20 m x 0,18 mm d.i., com 0,4  $\mu\text{m}$  de espessura de filme composto de dimetilpolisiloxano (95%) e fenila (5%), fluxo de 1,8 mL  $\text{min}^{-1}$  de hélio como gás de arraste. A temperatura do injetor a 220  $^{\circ}\text{C}$ , temperatura do detector 230  $^{\circ}\text{C}$ ; programação de aquecimento da coluna: temperatura inicial de 40  $^{\circ}\text{C}$  (por 2 min) indo a 240  $^{\circ}\text{C}$ , com razão de 3  $^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$ . A identificação dos constituintes foi efetuada por comparação dos seus espectros de massas, com aqueles do banco de dados do equipamento e do banco de dados NIST. A análise do cromatograma de íons totais foi utilizada no cálculo dos índices de Kovats, obtidos por meio da injeção, sob as mesmas condições de análise, de uma série homóloga de hidrocarbonetos lineares (C4-C24), comparados aos dos Nist e Adams (2001).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F para as fontes de variação, efeitos dos blocos e de interações. As variáveis com efeito significativo para as fontes de variações foram submetidas à comparação de médias, utilizando o teste de Tukey a uma probabilidade de 0,05.

## 19. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 19.1 Teor e rendimento do óleo essencial

Em Experimento I, não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no teor e rendimento de óleo essencial aos 30 e 45 DAT em função das diferentes cultivares de manjeriço cultivadas sob diferentes espaçamentos, em sistemas hidropônicos NFT e DFT com utilização de água residuária. Entretanto, as interações sistema x espaçamento para o teor do óleo aos 30 DAT, e cultivar x sistema x espaçamento para teor do óleo aos 45 DAT bem como para o rendimento do óleo aos 45 DAT foram significativas. O coeficiente de variação (CV) para o teor de óleo foi baixo, enquanto rendimento de óleo por ser variável produto de duas determinações apresentou CV relativamente alto (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo das análises de variância para teor (To) e rendimento de óleo essencial (Ro) aos 30 e 45 dias após o transplante (DAT), de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, utilizando água residuária

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
		To 30	To 45	Ro 30	Ro 45
Cultivar (C)	1	0,00 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Sistema (S)	1	0,11 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Espaçamento (E)	2	0,00 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
C x S	1	0,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
C x E	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
S x E	2	0,33 <sup>**</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
C x S x E	2	0,08 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>**</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>*</sup>
Erro	24	0,04	0,01	0,01	0,07
CV (%)		12,35	7,08	18,76	24,22

\*\* , \* efeito significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo pelo teste F

O manjeriço cv. Grecco a Palla e cv. Alfavaca Basilicão, bem como os sistemas de cultivo hidropônico (NFT e DFT) e espaçamentos entre plantas estudados (20, 30 e 40 cm), não apresentaram efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no teor e rendimento do óleo essencial. Fernandes et al. (2004), avaliando o rendimento do óleo essencial do manjeriço de folha larga (*Ocimum basilicum*) e do manjeriço de folha estreita (*Ocimum minimum*) em função de diferentes formas de cultivo, após 54 dias de cultivo observaram que não houve diferença significativa no rendimento do óleo essencial quanto as formas de cultivo, no

entanto houve efeito significativo no rendimento com relação as cultivares, destacando que as plantas de manjeriço de folha estreita apresentaram rendimento aproximadamente 10% superior em relação ao de folha larga.

Com relação as cultivares estudadas, as médias do teor de óleo não apresentaram variação entres colheitas realizadas após 30 ou 45 DAT, no entanto o rendimento de óleo aos 45 DAT foi quase duas vezes maior em relação aos 30 DAT (Tabela 2), esse resultado foi em função da biomassa produzida aos 45 DAT ser maior conforme discutido anteriormente. Em termo médio o teor e rendimento aos 30 e 45 DAT foram respectivamente, 1,73 e 1,76 % e 0,64 e 1,115 ml por parcela (Tabela 2). Oliveira et al. (2013) em cultivo de manjeriço do gênero *Ocimum* encontrou 0,70 % de teor do óleo. Rosado et al. (2011) em cultivo do manjeriço cultivar Maria Bonita obtiveram teor do óleo essencial de 1,07 %. Blank et al. (2007), obtiveram rendimento do óleo essencial do manjeriço cultivar Maria Bonita de 1,18 mL por planta. Assim, os resultados de teor e rendimento do óleo essencial foram considerados bons comparados a outros estudos.

**Tabela 2.** Valores médios de teor (To) e rendimento do óleo essencial (Ro) aos 30 e 45 DAT, de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 e 45 dias após o transplântio (DAT), utilizando água residuária

Fonte da variação	Médias			
	To 30	To 45	Ro 30	Ro 45
	----- (%) -----		----- (mL por parcela <sup>#</sup> ) -----	
<b>Cultivar</b>				
Alfavaca Basilicão	1,73 a	1,73 a	0,65 a	1,11 a
Grecco a Palla	1,73 a	1,79 a	0,63 a	1,11 a
DMS	0,14	0,08	0,08	0,18
<b>Sistema</b>				
DFT	1,67 a	1,76 a	0,61 a	1,10 a
NFT	1,79 a	1,76 a	0,67 a	1,12 a
DMS	0,14	0,08	0,08	0,18
<b>Espaçamento</b>				
20 cm	1,73 a	1,77 a	0,62 a	0,97 a
30 cm	1,72 a	1,79 a	0,63 a	1,17 a
40 cm	1,73 a	1,72 a	0,67 a	1,19 a
DMS	0,21	0,12	0,12	0,27

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade; #Médias de 6 plantas por parcela.

No desdobramento dos espaçamentos dentro dos sistemas hidropônicos, verificou-se maior teor de óleo no sistema NFT apenas dentro do espaçamento de 30 cm; para os demais espaçamentos o teor de óleo obtido não se alterou significativamente em função dos sistemas hidropônicos de cultivo. No desdobramento dos espaçamentos dentro dos sistemas, no DFT o maior teor de óleo foi obtido sob os espaçamentos de 20 e 40 cm, no entanto o teor obtido sob o espaçamento de 30 cm não diferiu significativamente do obtido sob o espaçamento de 40 cm. No sistema NFT, o maior acúmulo de óleo foi sob os espaçamentos de 30 e 40 cm, sendo que, sob o espaçamento de 20 cm o teor de óleo não diferiu do obtido sob o espaçamento de 40 cm (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios do desdobramento da interação sistemas x espaçamentos para o teor de óleo (To), aos 30 dias após o transplântio (DAT)

Fonte da variação	Médias		
	Espaçamento		
	20 cm	30 cm	40 cm
<b>Sistema</b>			
DFT	1,84 a A	1,49 b B	1,69 a AB
NFT	1,63 a B	1,95 a A	1,78 a AB
DMS	0,25	0,25	0,25

Letras minúsculas nas colunas comparam-se as médias dos sistemas hidropônicos dentro dos espaçamentos; letras maiúsculas nas linhas comparam-se as médias dos espaçamentos dentro dos sistemas hidropônicos, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

No desdobramento das cultivares dentro dos espaçamentos e dos sistemas hidropônicos para o teor de óleo, para o sistema DFT dentro do espaçamento de 20 cm e no sistema NFT dentro dos espaçamentos de 30 e 40 cm, os maiores teores de óleo foram obtidos para cv. Grecco a Palla. Para o rendimento do óleo verificam-se diferenças significativas em função das cultivares apenas dentro do espaçamento de 30 cm, onde dentro do sistema DFT o rendimento de óleo foi maior para cv. Alfavaca Basilicão e dentro do sistema NFT foi maior para cv. Grecco a Palla (Tabela 4).

No desdobramento dos sistemas hidropônicos dentro das cultivares e dos espaçamentos, para cv. Alfavaca Basilicão apenas o espaçamento de 40

cm proporcionou o maior teor de óleo para o sistema DFT; já para cv. Grecco a Palla verificaram-se maior teor e rendimento de óleo no sistema NFT apenas dentro do espaçamento de 30 cm (Tabela 4).

No desdobramento dos espaçamentos dentro das cultivares e dos sistemas hidropônicos, as médias do teor de óleo não diferenciaram significativamente em função dos espaçamentos dentro dos sistemas hidropônicos e das cultivares de manjeriço empregadas. Para o rendimento do óleo, apenas para cv. Grecco a Palla dentro do sistema NFT os maiores rendimentos foram observados sob os espaçamentos de 30 e 40 cm (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores médios do desdobramento da interação cultivares x sistemas x espaçamentos para o teor e o rendimento do óleo, aos 45 dias após o transplântio (DAT)

To						
Fonte de variação	DFT			NFT		
Cultivar	20 cm	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Alfavaca Basilicão	1,67 b A $\alpha$	1,79 a A $\alpha$	1,85 a A $\alpha$	1,79 a A $\alpha$	1,73 b A $\alpha$	1,56 b B $\alpha$
Grecco a Palla	1,91 a A $\alpha$	1,68 a B $\alpha$	1,68 a A $\alpha$	1,74 a A $\alpha$	1,97 a A $\alpha$	1,79 a A $\alpha$

Ro						
Fonte de variação	DFT			NFT		
Cultivar	20 cm	30 cm	40 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Alfavaca Basilicão	0,89 a A $\alpha$	1,42 a A $\alpha$	1,25 a A $\alpha$	1,26 a A $\alpha$	0,97 b A $\alpha$	0,89 a A $\alpha$
Grecco a Palla	0,81 a A $\alpha$	0,87 b B $\alpha$	1,37 a A $\alpha$	0,92 a A $\alpha$	1,51 a A $\beta$	1,18 a A $\alpha\beta$

Letras minúsculas nas colunas comparam-se as médias das cultivares dentro dos sistemas hidropônicos e dos espaçamentos; letras maiúsculas nas linhas comparam-se as médias dos sistemas hidropônicos dentro das cultivares e dos espaçamentos; letras grega nas linhas comparam-se as médias dos espaçamentos dentro das cultivares e dos sistemas hidropônicos, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

Vale salientar que as fontes de variação não apresentaram efeitos significativos quando avaliados isoladamente. Conforme Morais (2009), estes fatores podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, podendo exercer influência conjunta no metabolismo secundário.

Em Experimento II, não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no teor do óleo essencial em função das diferentes cultivares de manjeriço irrigadas com água de abastecimento local e água residuária, em sistema hidropônico DFT sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva. O rendimento

do óleo essencial foi influenciado significativamente ( $p < 0,01$ ) somente em função da frequência de recirculação da solução nutritiva (Tabela 5).

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância para teor (To) e rendimento de óleo essencial (Ro) aos 35 DAT, das cultivares de manjeriço em sistema hidropônico DFT sob diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva preparada em água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		To	Ro
Cultivar (C)	1	0,11 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Água (A)	1	0,21 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
Frequência (F)	2	0,05 <sup>ns</sup>	1,60**
C x A	1	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
C x F	2	0,03 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
A x F	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
C x A x F	2	0,03 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Erro	24	0,06	0,35
CV (%)		15,71	32,33

\*\* significante em nível de 0,01 de probabilidade, ns - não significativo pelo teste F

Conforme apresentado na Tabela 6, o menor intervalo de recirculação da solução nutritiva (frequência de 2h), proporcionou em média 46,4 e 28,7 % de rendimento de óleo essencial superior a frequência de recirculação de 4 e 6h, respectivamente (Tabela 6). Esse resultado pode está associado ao oxigênio dissolvido, que é reduzido em intervalos longo de irrigação, e aquecimento da solução nutritiva nos canais de cultivo. Conforme Garlet & Santos (2008), o abaixamento da tensão de oxigênio na solução e da temperatura diminui a absorção de nutrientes, o que acarreta menor concentração no suco celular. Oxigênio dissolvido e calor (com temperatura ótima em torno de 30°C) são necessários para que se processe a respiração, fonte de ATP para a absorção ativa.

**Tabela 6.** Valores médios de teor (To) e rendimento do óleo essencial (Ro) aos 35 DAT, das cultivares de manjeriço em sistema hidropônico DFT com diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, preparada em água

de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado

Fonte da variação	Médias	
	To	Ro
	----- (%) -----	----- (mL / parcela) -----
<b>Cultivar</b>		
Alfavaca Basilicão	1,59 a	1,74 a
Grecco a Palla	1,71 a	1,94 a
DMS	0,17	0,40
<b>Água</b>		
AA	1,57 a	1,77 a
AR	1,73 a	1,90 a
DMS	0,17	0,40
<b>Frequência</b>		
2 h	1,70 a	2,24 a
4 h	1,57 a	1,53 b
6 h	1,68 a	1,74 ab
DMS	0,26	0,60

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade; Médias de 12 plantas por parcela

## 19.2 Composição química do óleo essencial

O óleo essencial extraído das folhas da planta de manjeriço foi submetido à análise química e, assim, determinados os seus constituintes por Cromatografia a gás acoplada a Detector de Espectrometria de Massa. Foram identificados 10 constituintes no óleo essencial do manjeriço em Experimento I (Tabela 7).

**Tabela 7.** Médias dos constituintes do óleo essencial de folhas de duas cultivares de manjeriço (área %), em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 DAT, com uso de água residuária (Experimento I)

Constituintes	IK	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Eucaliptol	1030	4,58±1,61	4,96±1,23	3,55±1,05	3,98±0,87	3,33±0,00	6,81±1,95	19,00±3,53	11,50±0,70	14,54±0,43	16,10±0,43	15,47±0,09	13,77±0,62
Linalol	1093	23,22±8,62	47,07±6,06	28,74±0,9	19,54±9,35	10,19±0,00	33,38±8,64	63,81±6,80	47,00±0,00	53,2±0,28	52,38±0,72	56,27±2,26	70,10±4,36
Metileugenol	1406	2,34±0,00	n.i	n.i	6,31±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
trans- $\alpha$ -bergamoteno	1410	23,92±0,11	14,02±3,06	24,06±1,80	35,03±8,06	58,15±16,28	19,74±0,00	11,50±4,94	11,00±1,41	14,37±0,01	16,75±0,86	20,75±0,10	12,19±0,58
Y-cadineno	1535	6,28±0,45	5,17±1,15	7,59±0,05	7,55±0,00	10,85±0,00	5,43±2,05	5,54±0,00	3,00±0,00	4,51±0,57	4,13±0,08	4,08±0,06	3,65±0,00
$\alpha$ -copaeno	1633	5,64±0,36	5,72±0,41	11,30±1,31	9,53±1,24	n.i	4,43±0,00	n.i	3,00±0,00	1,49±0,19	n.i	n.i	n.i
Delta-guaieno	1493	n.i	5,01±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
Terpine-4-ol	1182	5,44±0,00	6,54±0,00	n.d	n.i	n.i	6,28±1,88	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
$\beta$ -elemeno	1393	5,34±0,00	4,85±0,00	8,5±0,00	n.i	n.i	6,67±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
Metil cinamato	1379	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	24,00±1,41	n.i	n.i	n.i	n.i
<b>Total Identificado</b>		76,76	88,33	83,74	81,95	82,52	82,72	99,85	99,50	88,12	89,35	96,55	99,70

IK = Índice de Kolvats calculado; n.i = não identificado;

T1 - Cultivar G.P.; NFT; Esp 20 cm / T2 - Cultivar G.P.; NFT; Esp 30 cm / T3 - Cultivar G.P.; NFT; Esp 40 cm / T4 - Cultivar G.P.; DFT; Esp 20 cm / T5 - Cultivar G.P.; DFT; Esp 30 cm / T6 - Cultivar G.P.; DFT; Esp 40 cm / T7 - Cultivar A.B.; NFT; Esp 20 cm / T8 - Cultivar A.B.; NFT; Esp 30 cm / T9 - Cultivar A.B.; NFT; Esp 40 cm / T10 - Cultivar A.B.; DFT; Esp 20 cm / T11 - Cultivar A.B.; DFT; Esp 30 cm / T12 - Cultivar A.B.; DFT; Esp 40 cm

Dos 10 constituintes identificados no manjeriço, destacam-se 5 como sendo os principais: Linalol, Eucaliptol, Trans- $\alpha$ -Bergamoteno, Y-cadineno e  $\alpha$ -copaeno. Assim, foi realizada a análise de variância para esses principais constituintes (Tabela 8).

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância dos principais constituintes do óleo essencial, de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 dias após o transplante (DAT), utilizando água residuária (Experimento I)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Eucaliptol	Linalol	Trans- $\alpha$ -Bergamoteno	Y-cadineno	$\alpha$ -copaeno
Cultivar (C)	1	1021,76**	8523,90**	2043,94**	77,17**	189,38**
Sistema (S)	1	1,08 <sup>ns</sup>	73,58 <sup>ns</sup>	951,10**	3,94**	96,66**
Espaçamento (E)	2	15,86**	192,96**	237,86**	1,04 <sup>ns</sup>	32,37**
C x S	1	0,58 <sup>ns</sup>	543,27**	325,44**	10,12**	0,04 <sup>ns</sup>
C x E	2	15,75**	102,62**	119,43*	4,20**	25,95**
S x E	2	10,02**	431,11**	648,12**	20,59**	8,90**
C x S x E	2	16,46**	472,01**	244,25**	7,59**	40,68**
Erro	24	1,19	20,66	29,18	0,35	0,30
CV (%)		11,25	10,89	24,60	10,60	13,82

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade; Médias de 6 plantas por parcela

Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) nos 5 constituintes em função das diferentes cultivares de manjeriço (cv. Grecco a Palla e cv. Alfavaca Basilicão). Os sistemas hidropônicos de cultivo apresentaram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) sobre os constituintes Trans- $\alpha$ -Bergamoteno, Y-cadineno,  $\alpha$ -copaeno. Os espaçamentos estudados influenciaram significativamente ( $p < 0,01$ ) todos os constituintes, com exceção do Y-cadineno. Houve efeito significativo de todas as interações, com exceção da C x S, sobre os constituintes Eucaliptol e  $\alpha$ -copaeno (Tabela 8).

A cultivar Grecco a Palla apresentou maiores valores médios (Tabela 9) dos constituintes Trans- $\alpha$ -Bergamoteno, Y-cadineno e  $\alpha$ -copaeno. Os demais constituintes, Eucaliptol e Linalol, destacaram-se na cultivar Alfavaca Basilicão. Veloso et al. (2014), ressaltam que a caracterização da constituição do óleo essencial de *O. basilicum* permite gerar informações na obtenção de variedades mais adequadas ao uso terapêutico e com maior teor de óleo essencial.

O sistema de cultivo DFT favoreceu para maiores valores médios do Trans- $\alpha$ -Bergamoteno e  $\gamma$ -cadineno. Enquanto que o NFT favoreceu para o  $\alpha$ -copaeno. O menor espaçamento (20 cm) apresentou maiores médias para os compostos Eucaliptol, e  $\alpha$ -copaeno, no entanto, o maior espaçamento (40 cm) apresentou maiores valores médios para o linalol (Tabela 9).

**Tabela 9.** Valores médios dos principais constituintes do óleo essencial de folhas de duas cultivares de manjeriço em função dos sistemas hidropônicos de cultivo e espaçamentos entre plantas no canal de cultivo, aos 30 dias após o transplântio (DAT), utilizando água residuária (Experimento I)

Médias					
Fonte da variação	Eucaliptol	Linalol	Trans- $\alpha$ -Bergamoteno	$\gamma$ -cadineno	$\alpha$ -copaeno
<b>Cultivar</b>					
Grecco a Palla	4,40 b	26,35 b	29,49 a	7,08 a	6,25 a
Alf. Basilicão	15,06 a	57,12 a	14,42 b	4,15 b	1,67 b
DMS	0,75	3,12	3,71	0,40	0,37
<b>Sistema</b>					
DFT	9,90 a	40,30 a	27,09 a	5,94 a	2,32 b
NFT	9,55 a	43,16 a	16,81 b	5,28 b	5,60 a
DMS	0,75	3,12	3,71	0,40	0,37
<b>Espaçamento</b>					
20 cm	10,91 a	39,73 b	21,79 ab	5,87 a	5,41 a
30 cm	8,61 b	39,12 b	26,48 a	5,67 a	2,18 c
40 cm	9,66 b	46,35 a	17,58 b	5,29 a	4,30 b
DMS	1,11	4,63	5,64	0,60	0,57

Em Experimento II foram identificados 9 constituintes do óleo essencial (Tabela 10).

**Tabela 10.** Médias dos constituintes do óleo essencial de folhas de duas cultivares de manjeriço (área %), em sistema hidropônico DFT com diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, preparada em água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado, aos 35 DAT (Experimento II)

Compostos	IK	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Eucaliptol	1030	8,49±1,93	3,23±0,63	11,5±0,5	n.i	7,42±4,77	4,67±0,45	9,96±0,00	14,12±0,00	18,4±0,08	12,65±0,22	9,36±1,18	6,55±0,00
Linalol	1093	43,27±5,17	19,94±2,51	53,36±2,36	24,96±0,00	33,15±14,23	28,47±18,29	63,64±3,42	59,84±3,88	59,47±0,36	63,31±1,14	58,27±3,82	61,67±4,84
Metileugenol	1406	7,93±0,26	14,43±6,72	9,76±0,00	11,01±0,00	15,96±0,00	20,32±12,15	14,75±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
trans- $\alpha$ -bergamoteno	1410	20,48±5,68	15,85±2,43	15,5±0,5	19,59±0,00	16,85±0,44	18,76±6,76	4,44±0,00	19,15±0,00	13,91±0,72	15,73±1,03	20,10±0,43	22,49±5,06
Y-cadineno	1535	6,56±0,00	4,77±0,97	4,06±0,065	n.i	4,52±0,00	7,16±0,00	n.i	5,06±0,00	5,49±0,00	4,45±0,26	5,66±0,49	5,28±0,00
$\alpha$ -copaeno	1633	4,66±0,00	7,21±0,95	n.i	9,63±0,00	8,70±0,60	n.i.	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
Delta-guaieno	1493	5,24±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	2,11±0,00
Terpine-4-ol	1182	n.i	n.i	5,0±0,00	n.i	n.i	4,67±0,00	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
$\beta$ -elemeno	1393	n.i	n.i	n.i	n.i	7,72±0,00	6,00±0,16	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i	n.i
<b>Total Identificado</b>		96,64	65,44	99,19	65,19	94,32	84,05	92,79	98,17	97,27	96,14	93,40	98,10

IK = Índice de Kovats calculado; n.i = não identificado;

T1 - Cultivar G.P.; A.A.; FR2h / T2 - Cultivar G.P.; A.A.; FR4h / T3 - Cultivar G.P.; A.A.; FR6h / T4 - Cultivar G.P.; A.R.; FR2h / T5 - Cultivar G.P.; A.R.; FR4h / T6 - Cultivar G.P.; A.R.; FR6h / T7 - Cultivar A.B.; A.A.; FR2h / T8 - Cultivar A.B.; A.A.; FR4h / T9 - Cultivar A.B.; A.A.; FR6h / T10 - Cultivar A.B.; A.R.; FR2h / T11 - Cultivar A.B.; A.R.; FR4h / T12 - Cultivar A.B.; A.R.; FR6h

Dos 9 constituintes identificados no manjeriço, destaca-se 5 como sendo os principais: Eucaliptol, Linalol, Trans- $\alpha$ -Bergamoteno, Metil Eugenol, Y-cadineno. Assim, foi realizada a análise de variância para esses principais constituintes, conforme apresentado na Tabela 11.

**Tabela 11.** Resumo das análises de variância para composição de óleo essencial, de duas cultivares de manjeriço em sistema hidropônico DFT com diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, preparada em água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado, aos 35 DAT (Experimento II)

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio				
		Eucaliptol	Linalol	Trans- $\alpha$ -Bergamoteno	Metil Eugenol	Y-cadineno
Cultivar (C)	1	328,69**	6611,58**	0,10 <sup>ns</sup>	1523,86**	2,72**
Água (A)	1	150,22**	226,85*	49,96*	68,11*	2,75**
Frequência (F)	2	18,11**	204,05*	0,37 <sup>ns</sup>	36,28 <sup>ns</sup>	8,45**
C x A	1	1,26 <sup>ns</sup>	223,15*	13,70 <sup>ns</sup>	47,79 <sup>ns</sup>	4,25**
C x F	2	6,77**	133,34 <sup>ns</sup>	50,46**	28,40 <sup>ns</sup>	1,51**
A x F	2	66,27**	266,96**	29,11 <sup>ns</sup>	14,39 <sup>ns</sup>	17,87**
C x A x F	2	90,33**	361,22**	5,45 <sup>ns</sup>	21,48 <sup>ns</sup>	18,42**
Erro	24	2,50	53,54	9,27	16,07	0,10
CV (%)		17,77	15,43	17,12	59,57	6,79

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade; Médias de 12 plantas por parcela

De acordo com a análise de variância apresentado na Tabela 9, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) nos constituintes, com exceção do Trans- $\alpha$ -Bergamoteno, em função das diferentes cultivares de manjeriço (Grecco a Palla e Alfavaca Basilicão). O tipo de água utilizada influenciou significativamente todos os constituintes. Do mesmo modo, a frequência de recirculação da solução nutritiva influenciou significativamente todos os constituintes, com exceção do Trans- $\alpha$ -Bergamoteno e Metil Eugenol. Houve efeito significativo das diferentes interações em praticamente todos os constituintes.

Conforme apresentado na Tabela 12, a cultivar Alfavaca Basilicão e a água de abastecimento local (AA) apresentou maiores valores médios dos constituintes Eucaliptol, Linalol e Y-cadineno. A cultivar Grecco a Palla apresentou maiores valores médios para o constituinte Metil Eugenol. E a água residuária apresentou maiores médias para os constituintes Trans- $\alpha$ -

Bergamoteno e Metil Eugenol. O maior intervalo de recirculação da solução nutritiva (6h) apresentou maiores valores médios para praticamente todos os constituintes.

**Tabela 12.** Valores médios dos principais compostos do óleo essencial de folhas de duas cultivares de manjeriço em sistema hidropônico DFT com diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, preparada em água de abastecimento local e água residuária, proveniente de efluente doméstico tratado, aos 35 DAT (experimento II)

Fonte da variação	Médias				
	Eucaliptol	Linalol	Trans- $\alpha$ -Bergamoteno	Metil Eugenol	Y-cadineno
<b>Cultivar</b>					
Grecco a Palla	5,88 b	33,86 b	17,84 a	13,23 a	4,51 b
Alf. Basilicão	11,92 a	60,96 a	17,73 a	0,22 b	5,06 a
DMS	1,08	5,03	2,09	2,75	0,22
<b>Água</b>					
AA	10,95 a	49,92 a	16,60 b	5,35 b	5,06 a
AR	6,86 b	44,90 b	18,96 a	8,10 a	4,51 b
DMS	1,08	5,03	2,09	2,75	0,22
<b>Frequência</b>					
2 h	7,90 b	48,68 ab	17,70 a	4,73 a	3,86 c
4 h	8,53 b	42,80 b	17,98 a	7,93 a	5,00 b
6 h	10,28 a	50,74 a	17,66 a	7,52 a	5,49 a
DMS	1,61	7,46	3,10	4,08	0,33

Com base nas Tabelas 7 e 10, pode-se observar que o constituinte Linalol foi o mais predominante no óleo essencial das cultivares de manjeriço do gênero *Ocimum*, destacando-se como o constituinte majoritário (41,73 % em Exp. I e 47,44 % em Exp. II). Resultados demonstram que o linalol apresentou maior concentração na cultivar Alfavaca Basilicão em ambos os experimentos, no espaçamento de 40 cm entre plantas, com o cultivo em água de abastecimento (AA) e maior intervalo de recirculação da solução nutritiva (6 h). Com relação aos sistemas de cultivo hidropônico (NFT e DFT) a concentração de linalol não se diferenciou.

Blank et al. (2007) e Rosado et al. (2011) em estudo do óleo essencial da cultivar de manjeriço Maria Bonita, Luz et al. (2009) em estudo com as

cultivares de manjeriço PI 197442-S3 e NSL 6421-S3 e Veloso et al. (2014) em estudo de cultivares de manjeriço, entre elas a cultivar Maria Bonita e Roxa, obtiveram o linalol como constituinte majoritário. Em todas as pesquisas citadas os resultados estão de acordo com os obtidos nesse estudo.

De acordo com Carvalho Filho et al. (2006), o óleo essencial de manjeriço com alta concentração de linalol é valorizado no mercado internacional e nacional, amplamente usado nas indústrias de condimentos, cosméticos e perfumarias. Inclusive, o linalol é o maior responsável pela essência dos perfumes da alta perfumaria, como exemplo, o famoso Chanel nº 5. Em décadas passadas, o linalol era extraído de uma árvore que era muito comum na Amazônia, o pau-rosa, árvore cujo tronco fornece esse óleo por onde se extrai o linalol. No pau-rosa entrou na lista de espécies ameaçadas de extinção pelo IBAMA, com isso buscou-se alternativas que pudessem substituí-las, então descobriu-se o manjeriço que tem grande potencial agrônomico para extração deste óleo (Crivelaro, 2015).

Radunz (2004) ressalta que é necessário a produção em quantidades sempre crescentes do linalol, em virtude de sua aplicação em várias áreas do conhecimento humano. Viera et al. (2001) avaliando espécies do gênero *Ocimum* encontraram os seguintes valores: cinamato de metila (65,5%), linalol (49,7%), metil chavicol (47%) e 1,8 cineol (22%). Roque (1991) analisando a composição dos óleos essenciais de *O. basilicum*, destacou que os constituintes predominantes foram: linalol (52 a 60%), eugenol (9 a 18%), cineol (3 a 6%), metil cinamato (2 a 5%) e metil chavicol (2 a 4%). Alves et al. (2015) avaliando a composição química da parte aérea do manjeriço *Ocimum basilicum*, identificaram como os principais constituintes: E-Cinamato de metila (55,4%), Metil chavicol (12,63%), 1,8-Cineol (7,73%) e Z-Cinamato de metila (3,9%). Oliveira et al. (2013) obtiveram como constituintes principais no óleo essencial do manjeriço (*Ocimum sp.*) o Linalol (29,50%), Metil-chavicol (36,81%) e Eucaliptol (9,99%). González-Zúñiga et al. (2011) avaliando a cultivar de manjeriço alfavaca, obtiveram como constituintes majoritários do óleo essencial o cinamato de metila e o linalol.

Lorenzi & Matos (2002), ressaltam que os principais compostos encontrados no óleo essencial de manjeriço são timol, metil-chavicol, linalol, eugenol, cineol e pireno.

## 20. CONCLUSÃO

1. O teor e rendimento do óleo essencial, não diferiram significativamente em função das cultivares, sistemas de cultivo hidropônico NFT e DFT, espaçamentos entre plantas e tipos de água utilizadas.
2. O rendimento do óleo essencial das cultivares estudadas, reduziu em 28,7% em função do menor (2 h) e maior (6 h) intervalo de recirculação da solução nutritiva.
3. O uso de água residuária é adequada para produção do manjeriço sem prejuízos ao teor, rendimento e composição química do óleo essencial.
4. Os constituintes químicos do óleo essencial encontrados em maior predominância nas folhas do manjeriço foram: Linalol, trans- $\alpha$ -Bergamoteno, Eucaliptol, Metil Eugenol,  $\gamma$ -cadineno,  $\alpha$ -copaeno. Destes, o linalol foi o constituinte majoritário com teor médio de 41,73 % (Experimento I) e 47,44 % (Experimento II).

## 21. REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P.; **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2001. 455p.
- ALVES, L. S.; PAZ, V. P. S.; SILVA, A. J. P.; OLIVEIRA, G. X. S.; OLIVEIRA, F. E. R.; AMORIM, E. L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.807-813, 2015.
- BLANK, A. F.; SOUZA, E. M.; ARRIGONI-BLANK, M. DE F.; PAULA, J. W. A.; ALVES, P. B. Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1811-1813, 2007.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; EHLERT, P. A. D.; MELO, A. S.; CAVALCANTI, S. C. H.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p.24-30, 2006.

- CRIVELARO, A. Uso do manjeriço para fabricação de perfume, 2015. Disponível em: <<http://ocantodobemtevi.blogspot.com.br/2015/01/uso-do-manjericao-parafabricacao-de.html>> Acesso em: 04 de set. de 2017.
- ELOFF J. N. Which extractant should be used for the screening and isolation of antimicrobial components from plants? **Journal of Ethnopharmacology**, v.60, p.1-8, 1998.
- FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.260-264, 2004.
- GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1233-1239, 2008.
- GONÇALVES, L. A.; BARBOSA, L. C. A.; AZEVEDO, A. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A. Produção e composição do óleo essencial de alfavaquinha (*Ocimum selloi* Benth.) em resposta a dois níveis de radiação solar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, p.8-14, 2003.
- GONZÁLEZ-ZÚÑIGA, J. A.; GONZÁLEZ-SÁNCHEZ, H. M.; GONZÁLEZ-PALOMARES, S.; ROSALES-REYES, T.; ANDRADE-GONZÁLEZ. Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Acta Universitaria**, v.21, n.1, p.17-22, 2011.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2002. 544 p.
- LUZ, J. M. Q; MORAIS, T. P. S; BLANK, A. F.; SODRÉ, A. C. B.; OLIVEIRA, G. S. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço sob doses de cama de frango. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.3, p.349-353, 2009.
- MELO, H. N. S.; MELO FILHO, C.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, F. K. D.; ANDRADE NETO, C. O. **Uso de esgoto doméstico tratado em filtros anaeróbios como fonte de macro e micronutrientes para cultivos hidropônicos**. Vitória: PROSAB, 2002. sp.

- MORAIS, L. A. S. de. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.4050-4063, 2009.
- OLIVEIRA, R. A. de.; MOREIRA, I. S.; OLIVEIRA, F. F. Linalool and methyl chavicol present basil (*Ocimum* sp.) cultivated in Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.2, p.309-311, 2013.
- ROQUE, O. L. R. Composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. cultivado. **Boletim Faculdade Farmácia**, v.15, n.1, p.47-51, 1991.
- ROSADO, L. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.291-296, 2011.
- SILVA, A. F.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A. Composição química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L) POIT. (LAMIACEA), **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, p.1-7, 2003.
- TEIXEIRA, J. P. F.; MARQUES, M. O. M.; FURLANI, P. R.; FACANALLI, R. Essential oil contents in two cultivars of basil cultivated on NFT-hydroponics. IN: Proceedings of the First Latin-American Symposium on the Production of Medicinal, Aromatic and Condiments Plants, **Acta Horticulturae**, v.569, p.203-208, 2002.
- TELES, S.; PEREIRA, J. A.; SANTOS, C. H. B.; MENEZES, R. V.; MALHEIRO, R.; LUCHESEC, A. M.; SILVA, F. Geographical origin and drying methodology may affect the essential oil of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Industrial Crops and Products**, v.37, p.247-252, 2012.
- TELES, S.; PEREIRA, J. A.; SANTOS, C. H. B.; MENEZES, R. V.; MALHEIRO, R.; LUCHESEC, A. M.; SILVA, F. Effect of geographical origin on the essential oil content and composition of fresh and dried *Mentha x villosa* Hudson leaves, **Industrial Crops and Products**, v.46, p.1-7, 2013.
- VELOSO, R. A.; CASTRO, H. G.; BARBOSA, L. C. A.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SCHEIDT, G. N. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.2, p.364-371, 2014.

- VIEIRA, R. F.; GRAYER, R. J.; PATON, A.; SIMON, J. Genetic diversity of *Ocimum grantissimum* L. based on volatile oil constituents, flavonoids and RAPD markers. **Biochemical Systematic Ecologic.**, v.29, p.287-304, 2001.
- VIEIRA, R. F.; SIMON, J. E. Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp). Found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic Botany**, v.54, p.207, 2000.

## 22. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados nesta pesquisa são de fundamental importância para o conhecimento das respostas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em cultivo hidropônico:

1. Os sistemas de cultivo NFT e DFT não apresentaram diferenças significativas para a produção.
2. O espaçamento de 20 cm e frequência de 2h de recirculação da solução nutritiva promoveu aumento da produtividade.
3. O uso de água residuária se mostrou viável para o cultivo hidropônico de manjeriço.
4. A cultivar “Alfavaca Basilicão” apresentou maior concentração do Linalol (constituente majoritário).

Considerando-se os resultados obtidos, a água de reuso desde que manejada adequadamente, pode ser uma alternativa para irrigação de *Ocimum basilicum* L., principalmente em regiões com escassez de água, como é o caso da região Semiárida do Nordeste brasileiro.

Os próximos estudos devem contemplar a hipótese de maior tempo de cultivo das cultivares com o objetivo de melhor esclarecer os compostos precursores que provavelmente estavam em formação no óleo essencial do *Ocimum basilicum* L. A alternativa de uso de águas residuárias constitui uma temática de estudo para o cultivo de espécies medicinais com as avaliações de seus efeitos sobre o desenvolvimento e produção, bem como os compostos de interesse comercial.