



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ANDREZZA E SILVA MELO

**PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM DUAS ESPÉCIES DE MANJERICÃO  
(*Ocimum basilicum*) IRRIGADAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO**

**Caruaru**

**2018**

ANDREZZA E SILVA MELO

**PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM DUAS ESPÉCIES DE MANJERICÃO  
(*Ocimum basilicum*) IRRIGADAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

**Área de concentração:** Tecnologia Ambiental.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kenia Kelly Barros da Silva

**Caruaru**

**2018**

Catálogo na fonte:  
Bibliotecário – Raul César de Melo - CRB/4 - 1735

C528m Melo, Andrezza e Silva.  
Produção de óleo essencial em duas espécies de manjerição (*Ocimum basilicum*) irrigadas com efluente doméstico tratado. / Andrezza e Silva Melo. – 2018.  
84 f. ; il. ; 30 cm.

Orientadora: Kenia Kelly Barros da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2018.  
Inclui Referências.

1. Manjerição. 2. Essências e óleos essenciais. 3. Águas residuais - Purificação. 4. Água - Reuso. 5. Irrigação com águas residuais. I. Silva, Kenia Kelly Barros da (Orientadora). II. Título.

CDD 620 (23. ed.) UFPE (CAA 2019-269)

ANDREZZA E SILVA MELO

**PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM DUAS ESPÉCIES DE MANJERICÃO  
(*Ocimum basilicum*) IRRIGADAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Aprovada em: 19/12/2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> KENIA KELLY BARROS DA SILVA (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ÉRIKA PINTO MARINHO (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. ROBSON JOSÉ SILVA (Examinador Externo)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Aos meus pais, que me ensinaram a importância da honestidade e da persistência; e a todos os que me acompanharam nessa jornada.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela saúde e por tudo de maravilhoso que me proporcionou ao longo dessa jornada.

Agradeço imensamente aos meus familiares que me deram apoio incondicional e me incentivam a crescer e a atingir minhas metas. Em especial, expresso aqui a minha eterna gratidão aos meus pais, o Sr. Advanilson e a Sr.<sup>a</sup> Ismênia, e às minhas avós M<sup>a</sup>. Dulce e Luiza Xavier, que sempre primaram pela minha educação e se esforçaram de modo singular ao longo dessa trajetória. Agradeço também ao meu companheiro Carlos Gustavo por ter me auxiliado em todas as atividades aqui desenvolvidas, pelos ensinamentos compartilhados e por toda sua disponibilidade, paciência e incentivo.

Agradeço à equipe do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), que me acolheu e não só me ajudou nas atividades da pesquisa, mas também me incentivou a ir até o final. Em especial, agradeço à professora Kenia Barros, que sempre se mostrou disponível a sanar dúvidas, a encarar as dificuldades encontradas, a passar os seus ensinamentos e a construir outros novos. Sem dúvidas, posso afirmar que a sua atenção e dedicação fizeram toda a diferença nesse trabalho.

Agradeço também ao técnico e amigo Luis Medeiros, por todos os ensinamentos compartilhados, pelo apoio nas atividades da pesquisa e pelo incentivo na conclusão dessa etapa. Do mesmo modo, agradeço às irmãs Caroline e Priscyla Nepomuceno pelos conhecimentos compartilhados, pela parceria e pelo apoio nos trabalhos desenvolvidos.

Agradeço à equipe do Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da UFPE – *campus* Recife, especialmente aos técnicos Danúbia e Ronaldo, por ter me acolhido igualmente e por sempre ter demonstrado sua disponibilidade e atenção.

Deixo também minha gratidão aos docentes e funcionários da Universidade Federal de Pernambuco – *campus* Agreste com os quais tive a oportunidade de conviver durante o período do mestrado. Cada momento com estes permitiram-me crescer enquanto pessoa e enquanto profissional.

Enfim, deixo aqui registrada minha eterna gratidão a todos vocês!

*“A consciência é condição de liberdade, e, simultaneamente, aprisionamento.”*  
(LISPECTOR, 1998, p. 8)

## RESUMO

Os óleos essenciais (OE), definidos como compostos aromáticos voláteis provenientes do metabolismo secundário das plantas, são capazes de prover a autodefesa do vegetal, além de servir como uma importante matéria-prima nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética. O Manjericão (*Ocimum basilicum*) é uma excelente fonte de OE, além de possuir composição química abundante e aplicabilidades ímpares. Diante disso, este trabalho buscou investigar os efeitos da irrigação de duas espécies de Manjericão com efluente tratado sobre a produção do seu OE, a fim de otimizar o processo sem demandar tanto dos recursos hídricos. O experimento foi realizado no Laboratório de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, em casa de vegetação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 5 repetições, e os resultados foram estatisticamente avaliados por Análise de Variância (ANOVA), Teste F e *Tukey Test* (1 e 5% de probabilidades). As variedades de Manjericão foram cultivadas em sequência: Manjericão italiano (*O. basilicum* L.), plantado por semeadura; e Manjericão branco (*O. basilicum*), plantado por estaquia. Ambas as plantas foram cultivadas em vasos preenchidos com um Planossolo típico da região agreste do estado de Pernambuco, Brasil. Aplicou-se uma lâmina média de 347 mm por rega manual, em dias alternados, por 112 e 71 dias, respectivamente. A água de abastecimento (A) e o efluente tratado (E) foram usados nos seguintes tratamentos estudados nos dois cultivos: T1 (irrigação com A), T2 (irrigação com A+E, 3:1, v/v), T3 (irrigação com A+E, 1:1, v/v), T4 (irrigação com A+E, 1:3, v/v), T5 (irrigação com E). Ao final, foram avaliados os parâmetros de produtividade, a absorção de nutrientes e a produção de OE. Ao final do experimento, constatou-se que o tratamento T5 (100% de efluente) proporcionou, para as duas variedades, a obtenção de vegetais com maior altura, largura, biomassa seca e fresca; com os maiores valores de N, P, K e proteína bruta; além de não ter sofrido ataques de pragas, e ter proporcionado os melhores rendimentos de OE obtidos dentre todos os tratamentos estudados. Concluiu-se, então, que o uso de efluente para o cultivo de manjericão destinado à extração de OE foi satisfatório em todos os parâmetros aqui analisados. Logo, para esse caso, torna-se viável o seu uso na substituição total da água de abastecimento.

Palavras-chave: Óleo essencial. Manjericão. Reuso. Efluente doméstico tratado.

## ABSTRACT

Essential Oils (OEs), defined as volatile aromatic compounds derived from the secondary metabolism of plants, are capable of providing vegetable self-defense, as well as serving as an important raw material in the pharmaceutical, food and cosmetic industries. Basil (*Ocimum basilicum*) is an excellent source of OE, and has abundant chemical composition and odd applications. Therefore, this work sought to investigate the effects of irrigation of two species of basil with treated effluent on the production of its OE, in order to optimize the process without demanding so much of the water resources. The experiment was carried out in the Environmental Engineering Laboratory, Federal University of Pernambuco, in a greenhouse. The experimental design was a completely randomized design, with 5 treatments and 5 replicates, and the results were statistically evaluated by Analysis of Variance (ANOVA), Test F and Tukey Test (1 and 5% of probabilities). The varieties of basil were grown in sequence: Italian basil (*O. basilicum* L.), planted by sowing; and Common basil (*O. basilicum*), planted by stakes. Both plants were cultivated in pots filled with a Planosol found in the semiarid area of Pernambuco state, Brazil. A mean lamina of 347 mm was applied by hand watering, on alternate days, for 112 and 71 days, respectively. Treated wastewater (E) and supply water (A) were used accordingly as follows: T1 (irrigation with A), T2 (irrigation with A + E, 3:1 ratio, vol./vol.), T3 (irrigation with A + E, 1:1 ratio, vol./vol.), T4 (irrigation with A + E, 1:3 ratio, vol./vol.), T5 (irrigation with E). At the end, the productivity, nutrient absorption and EO production were evaluated. At the end of the experiment, it was found that the T5 treatment (100% effluent) provided the two varieties with higher height, width, dry and fresh biomass; with the highest values of N, P, K and crude protein; in addition to not having suffered pest attacks, and to have provided the best yields of OE obtained from all treatments studied. It was concluded, then, that the use of effluent for basil cultivation for OE extraction was satisfactory in all parameters analyzed here. Therefore, in this case, its use in the total replacement of the water supply becomes viable.

Keywords: Essential oil. Basil. Reuse. Treated Domestic Effluent.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 –	Manjeriçãõ branco ( <i>Ocimum basilicum</i> ) .....	20
Fotografia 2 –	Manjeriçãõ italiano ( <i>Ocimum basilicum L.</i> ) .....	21
Figura 1 –	Índice de disponibilidade de água doce <i>per capita</i> .....	28
Fotografia 3 –	Estação de Tratamento de Esgotos Rendeiras .....	32
Fotografia 4 –	Casa de Vegetação da UFPE – <i>campus</i> Agreste .....	33
Figura 2 –	Esquema de montagem dos vasos .....	35
Figura 3 –	Disposição dos vasos na bancada por sorteio .....	36
Fotografia 5 –	Aparato de hidrodestilação tipo <i>Clevenger</i> .....	40
Gráfico 1 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T1 - Manjeriçãõ italiano .....	41
Gráfico 2 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T2 - Manjeriçãõ italiano .....	41
Gráfico 3 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T3 - Manjeriçãõ italiano .....	41
Gráfico 4 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T4 - Manjeriçãõ italiano .....	42
Gráfico 5 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T5 - Manjeriçãõ italiano .....	42
Gráfico 6 –	Análise estatística relativa à altura média das plantas de Manjeriçãõ italiano .....	42
Fotografia 6 –	Crescimento das plantas de Manjeriçãõ italiano dos tratamentos T1 (A) e T4 (B) no 55° DAP .....	43
Gráfico 7 –	Média de florescimento (dias) das plantas de Manjeriçãõ italiano .....	44
Fotografia 7 –	Primeira (A) e segunda (B) podas em planta submetida ao tratamento T4 .....	45
Gráfico 8 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T1 – Manjeriçãõ italiano .....	46
Gráfico 9 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T2 – Manjeriçãõ italiano .....	46

Gráfico 10 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T3 – Manjeriçã italiano .....	46
Gráfico 11 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T4 – Manjeriçã italiano .....	46
Gráfico 12 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T5 – Manjeriçã italiano .....	47
Gráfico 13 –	Análise estatística relativa à largura média das copas das plantas de Manjeriçã italiano .....	47
Fotografia 8 –	Planta de Manjeriçã italiano submetida ao tratamento T4 no 68º dia .....	48
Gráfico 14 –	Análise estatística relativa à biomassa foliar fresca média das plantas de Manjeriçã italiano .....	49
Gráfico 15 –	Análise estatística relativa à biomassa foliar seca média das plantas de Manjeriçã italiano .....	50
Fotografia 9 –	Registros de mosca branca (A), mosca mineradora (B), gafanhotos (C), lagarta-da-vargem (D) e tripes (E) em plantas de Manjeriçã italiano .....	52
Gráfico 16 –	Teores médios de N-total nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã italiano .....	54
Gráfico 17 –	Teores de PB nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã italiano por tratamento .....	55
Gráfico 18 –	Teores médios de P nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã italiano por tratamento .....	56
Gráfico 19 –	Teores médios de K nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã italiano por tratamento .....	57
Gráfico 20 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T1 - Manjeriçã branco .....	58
Gráfico 21 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T2 - Manjeriçã branco .....	58
Gráfico 22 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T3 - Manjeriçã branco .....	58
Gráfico 23 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T4 - Manjeriçã branco .....	58

Gráfico 24 –	Perfil de crescimento vertical do tratamento T5 - Manjeriçã branco .....	59
Gráfico 25 –	Análise estatística relativa à altura média das plantas de Manjeriçã branco nos cinco tratamentos .....	59
Gráfico 26 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T1 – Manjeriçã branco .....	60
Gráfico 27 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T2 – Manjeriçã branco .....	60
Gráfico 28 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T3 – Manjeriçã branco .....	61
Gráfico 29 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T4 – Manjeriçã branco .....	61
Gráfico 30 –	Perfil de crescimento horizontal do tratamento T5 – Manjeriçã branco .....	61
Gráfico 31 –	Análise estatística relativa à largura média das copas das plantas de Manjeriçã branco .....	62
Gráfico 32 –	Análise estatística relativa à biomassa foliar fresca média das plantas de Manjeriçã branco .....	63
Fotografia 10 –	Plantas de Manjeriçã branco submetidos aos tratamentos T5 (A) e T1 (B), no 71º DAT .....	64
Gráfico 33 –	Análise estatística relativa à biomassa foliar seca média das plantas de Manjeriçã branco .....	64
Fotografia 11 –	Efeitos causados pelas pragas incidentes em T1(A), T4 (B) e folhas de T2 (C) e T3 (D) .....	66
Fotografia 12 –	Afídeos presentes em uma das plantas de Manjeriçã branco podadas, (tratamento T3) .....	66
Gráfico 34 –	Teores médios de N-total nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã branco .....	67
Gráfico 35 –	Teores de PB nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã branco .....	68
Gráfico 36 –	Teores médios de P nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã branco .....	69
Gráfico 37 –	Teores médios de K nos tecidos foliares das plantas de	

	Manjerição branco .....	70
Gráfico 38 –	Rendimento médio de OE por planta de Manjerição italiano em cada tratamento .....	71
Gráfico 39 –	Rendimento médio de OE por planta de Manjerição branco em cada tratamento .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Métodos de extração de OE mais utilizados e descrição correspondente .....	25
Tabela 2 –	Caracterização da água de abastecimento (A) e efluente tratado (E), utilizados nos dois cultivos .....	34
Tabela 3 –	Caracterização química das amostras dos solos (Planossolos) utilizados no primeiro e no segundo cultivos .....	35
Tabela 4 –	Relação das pragas identificadas, dos efeitos provocados, dos tratamentos acometidos e do tempo de incidência nas plantas de Manjericão italiano .....	52
Tabela 5 –	Relação das pragas identificadas, dos efeitos provocados, dos tratamentos acometidos e do tempo de incidência nas plantas de Manjericão branco .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Água de abastecimento
ANA	Agência Nacional das Águas
BF	Biomassa fresca
BS	Biomassa seca
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
COMTRADE	<i>Commodity Trade Statistics Database</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de troca de cátions
CV	Casa de vegetação
DAP	Dia após o plantio
DAT	Dia após o transplântio
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
E	Efluente tratado
ed.	edição
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>et al.</i>	e outros
ETE	Estação de tratamento de esgotos
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
OD	Oxigênio dissolvido
OE	Óleo essencial
PB	Proteína bruta
T1	Tratamento 1
T2	Tratamento 2
T3	Tratamento 3
T4	Tratamento 4
T5	Tratamento 5
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
3.1	ASPECTOS REFERENTES À CULTURA DE <i>Ocimum basilicum</i> .....	20
<b>3.1.1</b>	<b>Aspectos botânicos e morfológicos, cultivo e utilização do Manjeriço ....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Óleo Essencial de <i>Ocimum basilicum</i> e <i>Ocimum basilicum</i> L. ....</b>	<b>23</b>
3.2	DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA DOCE NO BRASIL E NO MUNDO .....	27
3.3	ASPECTOS TÉCNICOS DAS ÁGUAS RESIDUAIS DE ORIGEM DOMÉSTICA .....	29
<b>3.3.1</b>	<b>Tratamento de efluentes líquidos domésticos .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Uso de efluentes tratados na agricultura irrigada .....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
4.1	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO RENDEIRAS .....	32
4.2	ÁREA EXPERIMENTAL E ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO PARA USO AGRÍCOLA .....	33
4.3	COLETA, PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE SOLO .....	34
4.4	CULTIVO I – MANJERICÃO ITALIANO .....	36
4.5	CULTIVO II – MANJERICÃO BRANCO .....	38
4.6	ANÁLISES QUÍMICAS E BIOQUÍMICAS DO TECIDO FOLIAR DAS VARIEDADES .....	39
4.7	EXTRAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS POR HIDRODESTILAÇÃO .....	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1	PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO I .....	41
<b>5.1.1</b>	<b>Altura, florescimento e largura das copas das plantas de Manjeriço italiano .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Biomassas frescas e secas do Manjeriço italiano .....</b>	<b>49</b>
5.2	PRAGAS INCIDENTES NO CULTIVO DO MANJERICÃO ITALIANO ...	51

5.3	ANÁLISES DE NUTRIENTES DOS TECIDOS FOLIARES DO MANJERICÃO ITALIANO .....	53
5.3.1	<b>Teores de Nitrogênio Total (N-total) e Proteína Bruta (PB) .....</b>	<b>54</b>
5.3.2	<b>Teores de Fósforo (P) .....</b>	<b>56</b>
5.3.3	<b>Teores de Potássio (K) .....</b>	<b>56</b>
5.4	PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO II .....	57
5.4.1	<b>Altura e largura das copas das plantas de Manjeriço branco .....</b>	<b>57</b>
5.4.2	<b>Biomassas frescas e secas do Manjeriço branco .....</b>	<b>62</b>
5.5	PRAGAS INCIDENTES NO CULTIVO DO MANJERICÃO BRANCO .....	65
5.6	ANÁLISES DE NUTRIENTES DOS TECIDOS FOLIARES DO MANJERICÃO BRANCO .....	67
5.6.1	<b>Teores de Nitrogênio Total (N-total) e Proteína Bruta (PB) .....</b>	<b>67</b>
5.6.2	<b>Teores de Fósforo (P) .....</b>	<b>69</b>
5.6.3	<b>Teores de Potássio (K) .....</b>	<b>69</b>
5.7	ANÁLISE DE RENDIMENTO DE OE NOS CULTIVOS DO MANJERICÃO ITALIANO E MANJERICÃO BRANCO .....	70
6	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>74</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O uso das propriedades farmacológicas de plantas medicinais na prevenção e/ou cura de enfermidades que acometem os seres humanos pode ser tão antigo quanto a existência dos mesmos (SANTANA *et al.*, 2015). Uma das formas de utilização destas, excepcionalmente empregada para plantas aromáticas, é através dos óleos essenciais.

Os óleos essenciais (OE) são compostos aromáticos voláteis originados do metabolismo secundário de diversos componentes das plantas, responsáveis pela sua autodefesa e atração de polinizadores (OUSSALAH *et al.*, 2007; WOLFFENBÜTTEL, 2007). No geral, são extraídos na forma de óleos incolores ou de tons levemente amarelados, de odor forte e agradável, imiscíveis em água, de sabor acre, de baixa estabilidade se submetidos à exposição da luz, do calor e da atmosfera; e, principalmente, com alto potencial medicinal.

A extração dos OE se dá por diferentes técnicas (*enfleurage*, hidrodestilação, prensagem a frio, uso de solventes e fluidos supercríticos, dentre outras), que relacionam basicamente as características da planta, as propriedades físico-químicas e farmacológicas, e a parte escolhida. Vários autores afirmam que o OE pode ser encontrado em praticamente todas as partes de uma planta. Segundo Lawless (2013), por exemplo, o uso de raízes, cascas, madeiras, folhas, flores, sementes, e até mesmo de bálsamos e resinas de diversos vegetais é perfeitamente possível, e muito comum. Ainda segundo a autora, uma mesma espécie pode possibilitar a extração de diferentes tipos de óleos essenciais, como é o caso da árvore do cravo, que produz componentes aromáticos distintos em seus brotos, talos e folhas.

Além disso, as particularidades de cada planta atreladas aos seus componentes químicos e às suas propriedades terapêuticas trazem ao seu OE uma formulação química vasta e complexa, que varia também de acordo com a espécie trabalhada, as técnicas utilizadas no seu cultivo, as partes escolhidas do vegetal, fatores edafoclimáticos e outros (GOBBO-NETO & LOPES, 2007). Até a presente data, há registros de vários autores, como Steffens (2010) e Chagas *et al.* (2013), que investigaram a composição química de OE de espécies botânicas comuns através de análise em Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG - MS); técnica que mostrou a tendência do aparecimento de compostos majoritários em OE, ou seja, de seus princípios ativos característicos.

Quanto à aplicabilidade, o OE vem conquistando cada vez mais espaço em nosso cotidiano. Seu papel como matéria-prima principal nas indústrias farmacêutica, alimentícia,

cosmética, dentre outros setores; é de importância mundial, visto que o seu alto potencial biotecnológico possibilitou atender satisfatoriamente às demandas de cada um destes.

As diversas variedades do Manjeriço vêm ganhando espaço no meio científico por apresentar fontes de óleos essenciais de composição química abundante e aplicabilidades ímpares. Distribuída em ervas e subarbustos, essas diferentes variedades são encontradas em áreas de climas tropicais e subtropicais espalhadas pelo mundo, e é bastante importante quanto à sua coloração, morfologia das folhas e flores, além da composição química de seus óleos essenciais, que fornecem aromas específicos e de vasta utilização na gastronomia, perfumaria e indústria farmacêutica (JANNUZZI, 2013).

A respeito das espécies de Manjeriço, devido ao aumento da demanda por produtos naturais que trazem benefícios à saúde e também são utilizados na indústria, esforços estão em andamento para aumentar produtividade de OE oriundo do Manjeriço na União Europeia. Dentre esses esforços, a seleção adequada de fertilizantes pode levar a melhores rendimentos de OE e qualidade de cultivo do Manjeriço (BURDUCEA *et al.*, 2018).

Porém, ditada pelo aumento da população e de sua expectativa de vida, a demanda crescente por estes óleos essenciais e, conseqüentemente, das ervas aromáticas in natura, exige um ritmo de produção crescente destas matérias-primas, e isto implica num acréscimo considerável na demanda hídrica mundial, visto que a agricultura irrigada é responsável por aproximadamente 70% do total do consumo de água doce, podendo chegar a 90% do consumo na maioria dos países subdesenvolvidos (UNESCO, 2016).

No entanto, diversos trabalhos sugerem – e até incentivam – o uso de efluentes domésticos tratados como alternativa para a irrigação de uma infinidade de culturas. Vários destes constataram que a substituição total ou parcial da água potável por efluentes tratados para atender às demandas da população é perfeitamente possível, e retorna em sua maioria resultados muito satisfatórios quanto ao rendimento das espécies cultivadas (FREITAS *et al.*, 2012; FREITAS *et al.*, 2013; HENZ *et al.*, 2016; ROCHA, SILVA & BARROS, 2010).

Diante disto, este trabalho teve por finalidade analisar a viabilidade do reuso na irrigação do Manjeriço italiano e Manjeriço branco em diferentes tratamentos, variando as proporções de água de abastecimento e efluente; e, principalmente, de estimar sua influência no rendimento dos respectivos óleos essenciais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Investigar, em Manjeriçãõ branco (*O. basilicum*) e Manjeriçãõ italiano (*O. basilicum* L), os efeitos da irrigaçãõ com efluente doméstico tratado sob o rendimento dos óleos essenciais.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar os parâmetros de produtividade das plantas cultivadas de Manjeriçãõ branco e italiano (altura, largura, peso de massa fresca e seca, tempo de florescimento, incidência de pragas etc.);
- ✓ Avaliar a absorçãõ de macronutrientes (N, P, K) e o teor de proteína bruta nos vegetais cultivados por tratamento;
- ✓ Estimar o rendimento de OE por planta em cada um dos tratamentos estudados;
- ✓ Avaliar a influênciã do uso do efluente doméstico tratado em todos os parâmetros obtidos, principalmente na produçãõ de OE em cada tratamento.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos referentes à cultura de *Ocimum basilicum*

##### 3.1.1 Aspectos botânicos e morfológicos, cultivo e utilização do Manjericão

Os seres humanos sempre buscaram utilizar os recursos oferecidos pela natureza guiando-se pelo seu instinto de sobrevivência e, ao longo de sua história, notaram que algumas espécies botânicas propiciavam o tratamento de enfermidades, as então chamadas Plantas Medicinais (CAMPOS, 2006). São definidas por Almassy Júnior *et al.* (2005) como todas aquelas que exercem ao homem ou aos animais alguma ação terapêutica.

O gênero *Ocimum* (*Lamiaceae*) é caracterizado por uma grande variabilidade morfológica e quimiotípica (LAWRENCE, 1988 *apud* MAROTTI, PICCAGLIA & GIOVANELLI, 1996). Estima-se que este gênero possua mais de 60 espécies de ervas e arbustos espalhadas pelas regiões tropicais do mundo, variedade esta explicada pela grande ocorrência de polinização cruzada (BLANK *et al.*, 2004). Segundo Simon *et al.* (1999), são classificadas de acordo com o aroma (anis, cânfora, cinamato ou canela, cravo, doce e limão) e com características morfológicas da planta (coloração da folhagem, formato da copa, porte e tamanho).

**Fotografia 1.** Manjericão branco (*Ocimum basilicum*).



Fonte: Gramas e Gramados (2018).

Conhecido também por alfavaca, alfavaca-cheirosa ou basilico, o Manjericão branco (*Ocimum basilicum*), mostrado na fotografia 1, é uma das ervas mais populares do mundo, muitas vezes referida como o “rei das ervas”. Originado na Ásia, destaca-se mundialmente em função das suas aplicações culinárias e, principalmente, por suas propriedades medicinais (MAKRI & KINTZIOS, 2007).

Segundo Matos (2002), esta espécie aromática se apresenta na forma de um subarbusto ereto e bem ramificado com 30-60 cm de altura, de produção anual ou perene (a depender do local e das condições de cultivo). Suas folhas são simples, em tons de verde médio e finamente estriadas, com margens onduladas e nervuras salientes, com cheiro forte e ardente, mas fresco. Suas flores são pequenas, aromáticas e esbranquiçadas, reunidas em racemos terminais curtos e circulares. Seus frutos são aquênios, com sementes pequenas, de cor preta azulada e de formato oblongo (MINAMI *et al.*, 2007, pg. 9).

Comumente conhecido como Manjericão-toscano ou basilicão, o Manjericão italiano (fotografia 2) consiste em uma planta vigorosa, que atinge de 40-50 cm de altura. Suas folhas são grandes e muito aromáticas, de cor verde clara ou média. Suas flores são esbranquiçadas, agrupadas em racemos terminais curtos e circulares. O florescimento é tardio e a colheita pode ser feita em diversas épocas do ano (PEREIRA & MOREIRA, 2011).

**Fotografia 2.** Manjericão italiano (*Ocimum basilicum L.*).



Fonte: Empório das sementes (2018).

Das condições de cultivo do Manjericão, descritas por Minami *et al.* (2007) no livro *A cultura do Manjericão*, a produção se dá por meio de estacas ou sementes, e é favorecida em climas amenos, quentes e úmidos, não tolerando locais constantemente frios ou com

ventanias. Recomendam-se radiações solares médias, visto que se acredita que intensas radiações provocam a diminuição do aroma das plantas. Deste modo, a utilização de estufa ou casas de vegetação podem trazer benefícios a esta cultura pela possibilidade de reproduzir as condições ótimas de desenvolvimento das mesmas.

Também segundo os mesmos autores, os solos leves, de pH entre 6,2 e 6,6; com alto teor de matéria orgânica, de boa fertilidade e drenagem são ideais para que essas plantas cresçam vigorosamente. A adubação destes solos é recomendada para complementar a nutrição das plantas, podendo ser feita com fertilizante químico e orgânico. Minami *et al.* (2007) destacam que as adubações fosfáticas e potássicas são as mais importantes para o Manjericão. No tocante à irrigação, recomenda-se que seja feita de acordo com a necessidade das plantas, evitando a falta ou o excesso de água, uma vez que esta espécie não tolera descomedimentos hídricos por muito tempo. Na etapa de desenvolvimento da cultura, deve-se evitar o uso de jatos fortes de água ou aspersores com gotas grandes demais para que as plantas não sejam comprometidas.

Ainda segundo o livro anteriormente citado, a colheita deve ser feita preferencialmente pela manhã, quando as plantas estiverem secas e prestes a florescer. Há a possibilidade de apanhar somente as folhas, ou cortar a planta em ramos com distância mínima de 15 cm da superfície do solo. Nesta última, é possível que haja o rebrotamento do Manjericão, produto qual pode ser colhido novamente após atingirem o mesmo estado ideal descrito anteriormente.

Vale salientar que não há uma data exata e única de colheita do Manjericão e sim estimativas, apenas; já que seu desenvolvimento está geralmente condicionado a fatores edafoclimáticos (altitude, latitude, temperatura e luz, p. ex.) (CORRÊA JUNIOR & SCHEFFER, 2013) e até mesmo às peculiaridades de cada subespécie. No entanto, essa colheita é geralmente realizada entre 60 e 90 dias após o plantio.

Quanto à composição química das variedades do Manjericão *in natura*, são geralmente encontradas nas folhas minerais como cálcio, ferro e fósforo. Metabólitos como taninos, flavonoides, saponinas e cânfora também estão presentes, assim como algumas das principais vitaminas (A, B1, B2, B3 e C) (MATOS, 2000).

Acerca dos atributos terapêuticos, relatos da medicina popular tradicional atribuem à ingestão das folhas, ao consumo de chás e infusões das partes aéreas deste vegetal as seguintes propriedades: analgésica, antifebril, anti-hipertensiva, antisséptica, aperiente,

antiespasmódica, calmante, carminativa, diurética, emenagoga, expectorante, galactógena, hidratante, relaxante, revigorante, sedativa, sudorífera e tônica (RODRIGUES & GONZAGA, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2014; SAKURAI *et al.*, 2016). Deste modo, sua utilização se dá tanto como condimento alimentício, quanto como um poderoso fitoterápico (MILITÃO & FURLAN, 2014).

No Brasil, o Manjeriço é cultivado principalmente por pequenos produtores rurais, os quais destinam sua produção para comercialização das folhas *in natura*, voltadas para o uso medicinal e condimentar (MARQUES *et al.*, 2015; PALARETTI *et al.*, 2015). Porém, existem cultivos no nordeste do país de maior escala voltados para a produção de óleo essencial (FAVORITO *et al.*, 2010). Assim como a maioria dos cultivares do Manjeriço, as variedades comum e italiana possuem óleos essenciais muito atrativos nos aspectos econômico e físico-químico, tratados no tópico a seguir.

### 3.1.2 Óleo Essencial de *Ocimum basilicum* e *Ocimum. basilicum* L.

Muitas substâncias secretadas pelas plantas têm grande importância em suas interações com outros organismos e possuem diversas funções ecológicas; e muitas delas trazem benefícios ao homem, sendo comercializadas. Os componentes químicos odoríferos de plantas aromáticas, por exemplo, atuam na proteção contra predadores, na atração de polinizadores, na proteção contra perdas hídricas e aumentos de temperatura, dentre outros.

Os óleos essenciais (OE), também chamados de óleos voláteis, são compostos voláteis produzidos por plantas aromáticas para sua sobrevivência. Além dos metabólitos primários, as espécies vegetais produzem metabólitos secundários, como alcaloides, flavonoides, saponinas e óleos essenciais; substâncias responsáveis pela autodefesa e atração de polinizadores (WOLFFENBÜTTEL, 2007).

As diversas características dos OE descritas por Simões *et al.* (2010, pg. 467-468) seguem listadas adiante:

- Substâncias voláteis lipofílicas com aroma agradável e intenso, em sua maioria;
- Aparência oleosa à temperatura ambiente;
- Alta solubilidade em solventes orgânicos apolares e baixa solubilidade em água;
- Coloração amarelada, esverdeada ou incolores, no geral;

- Instabilidade ao calor, luminosidade e umidade excessiva após extração;
- Opticamente ativos e refratam a luz, em sua maioria;
- Constituídos por compostos químicos distribuídos em diferentes concentrações. Variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas e cumarinas, até compostos sulfurados.

Os OE são armazenados dentro de estruturas secretoras microscópicas de plantas aromáticas localizadas nas diversas partes do vegetal. Os vegetais aromáticos produzem pequenas quantidades de OE em glândulas, a partir dos açúcares resultantes da fotossíntese. À medida que as células glandulares vão produzindo esse óleo, ele vai sendo acumulado e armazenado na forma de minúsculas gotas. No processo de destilação, as glândulas secretoras são rompidas e esvaziadas, liberando os OE.

A produção de OE e resinas por tricomas glandulares é uma característica de diversas famílias vegetais, em particular, da família *Lamiaceae*. Os tricomas secretam uma variedade de substâncias (óleo, resinas e néctar). Tem-se reportado que a densidade de tricomas granulares, os principais sítios de secreção de OE, é maior em folhas jovens e órgãos diferentes de plantas da família *Lamiaceae* (RUSSO & HONEMEIER, 2017), à qual pertence o gênero *Ocimum*.

A síntese de metabólitos secundários em plantas que produzem OE e compostos fenólicos está relacionada a fenofases específicas (como o florescimento) ou a fatores ambientais. Tais compostos são responsáveis pela pigmentação ou atração de polinizadores, e oferecem proteção contra estresses, incluindo luz UV e pragas (KLIEBENSTEIN, 2004; MAZID, KHAN & MOHAMMAD, 2011).

As técnicas de extração dos OE utilizadas variam de acordo com a localização do óleo volátil na planta e a proposta de sua utilização. Os métodos de extração mais comuns (SIMÕES *et al.*, 2010) seguem apresentados adiante na Tabela 1:

**Tabela 1.** Métodos de extração de OE mais utilizados e descrição correspondente. Fonte: SIMÕES *et al.* (2010).

Método	Descrição
Enfloração ( <i>Enfleurage</i> )	Empregado para plantas com baixo teor de óleo de alto valor comercial, este método consiste em extrair o óleo volátil de pétalas de flores. As pétalas são depositadas sobre uma camada de gordura durante certo período de tempo, e são substituídas por novas até a saturação total desta camada. Posteriormente, a gordura é tratada com álcool, que por sua vez é destilado a baixa temperatura e então o óleo volátil de alto valor comercial é obtido.
Arraste por vapor d'água (Hidrodestilação)	Por possuir tensão de vapor mais elevada que a da água, os óleos essenciais podem ser arrastados pelo vapor d'água. Este método, muito utilizado para extrações em pequena escala através do aparelho <i>Clevenger</i> , consiste em utilizar esta possibilidade para extrair os óleos voláteis de plantas frescas ou secas. O óleo obtido, após ser separado da água, deve ser seco com Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> anidro.
Extração com solventes orgânicos	Neste método, os óleos voláteis são extraídos, preferencialmente, com solventes apolares, tais como diclorometano, éter e éter de petróleo. Porém, em função de outros compostos lipofílicos serem extraídos simultaneamente, tais óleos raramente têm bom valor comercial agregado.
Prensagem (ou expressão)	Empregado para a extração de óleos essenciais de frutas cítricas, o método consiste em prensar os pericarpos dessas frutas e separar a camada que contém o óleo volátil. Posteriormente, o óleo é separado da emulsão formada com água através de decantação, centrifugação ou destilação fracionada.
Extração por CO <sub>2</sub> supercrítico	É utilizado na extração de óleos essenciais em escala industrial, e consiste na liquefação através de compressão do CO <sub>2</sub> juntamente com o vegetal e posterior aquecimento a uma temperatura superior a 31°C. Nesta temperatura, o CO <sub>2</sub> atinge o estado supercrítico, um quarto estágio onde sua viscosidade é próxima a de um gás, mas sua capacidade de dissolução é elevada como a de um líquido. Depois da extração, o CO <sub>2</sub> é forçado a retornar ao estado gasoso, resultando na sua total eliminação, o que faz com que nenhum traço do mesmo permaneça no produto final obtido, tornando-o mais puro do que aqueles obtidos nas técnicas anteriores.

Os OE de *O. basilicum* e de *O. basilicum* L., de teor entre 1,5 e 3% da massa foliar total, possuem uma infinidade de componentes químicos, ditados de acordo com suas condições de cultivo, coleta, estabilização e estocagem, além dos fatores edafoclimáticos citados anteriormente; variáveis estas que podem influir na composição dos óleos entre diferentes espécies ou até mesmo de uma mesma espécie botânica, já que estão ligados diretamente ao seu metabolismo secundário (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

Em propriedades rurais do Nordeste brasileiro, o Manjerição tem despertado interesse econ mico como matéria prima para a extra o de óleo essencial (FAVORITO *et al.*, 2011). Nestes locais, as folhas e ápices com inflorescências são utilizadas para obten o do linalol via hidrodestila o em equipamentos específicos (LACHOWICZ *et al.*, 1997).

Um exemplo desta variedade de componentes está no trabalho realizado por Martins (2016). O mesmo caracterizou o OE de *O. basilicum* pelo método de cromatografia gasosa, e identificou 19 diferentes substâncias, dentre as quais se destacaram o linalol (79,29%), o geraniol (9,05%) e o 1,8-cineol (5,00%) como sendo os compostos majoritários do OE em questão. Já para *O. basilicum L.*, Jannuzzi (2013) relatou a presença de linalol (72,60%) e o 1,8-cineol (8,15%) como componentes majoritários dessa variedade.

Em um trabalho mais abrangente, Vieira *et al.* (2001) caracterizaram quimicamente várias espécies do g nero *Ocimum* e obtiveram mais de 100 compostos diferentes. O linalol, presente na grande maioria das espécies vegetais do g nero *Ocimum* que possuem OE, é apontado também por diversos autores da literatura como o composto majoritário das espécies *O. basilicum* e *O. basilicum L.*

Os OE com altas concentra es de linalol são muito valorizados no mercado nacional e internacional, pois o linalol possui aplica es nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de cosméticos; uma vez que é empregado na aromatiza o de alimentos e bebidas, e na fixa o de fragrâncias de itens de perfumaria, por exemplo (BOZIN *et al.*, 2006; MORAIS, 2006; TELCI *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2010; MARQUES *et al.*, 2015; PALARETTI *et al.*, 2015).

O consumo de OE no mundo   maior nos Estados Unidos (40%), seguido da União Europeia (30%). Países com França, Japão, Alemanha, Su a e Espanha s o alguns dos que mais importam OE (COMTRADE, 2005).

De acordo com Bizzo (2013), o mercado mundial movimenta US\$ 15 bilhões por ano, apresentando crescimento aproximado de 11% ao ano; dados que revelam a importância econ mica de tal produto para um país. Nesse mercado, o Brasil está ao lado de países como a  ndia, a China e Indonésia na produ o de OE; posi o conquistada graças aos OE c tricos obtidos como subprodutos da indústria de sucos. Nosso país lidera a produ o dos OE da laranja (*Citrus sinensis*) e da lima destilada (*Citrus aurantifolia*), dois dos dezoito óleos de maior importância comercial no mundo.

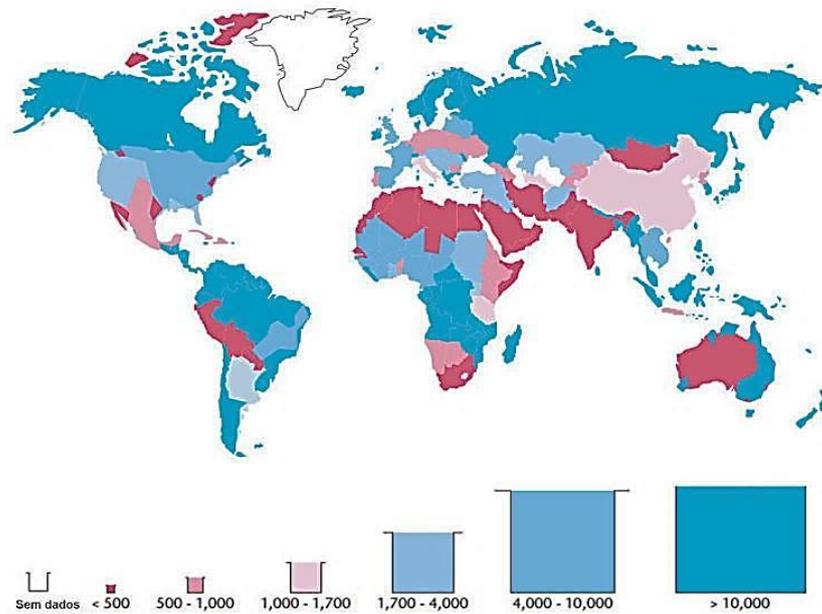
Mas, apesar de pontos favoráveis como a biodiversidade e a abundância de recursos naturais, e de um mercado favorável à comercialização desse tipo de produto, o Brasil enfrenta problemas como a falta de padrão de qualidade, de representatividade e os baixos investimentos voltados para a produção dos OE. Portanto, é necessário um alinhamento entre o governo, os centros de pesquisa especializados, as universidades e a iniciativa privada para a obtenção de produtos capazes de ganhar espaço no mercado mundial (BIZZO, 2013).

Ainda no ano de 2005, segundo uma matéria publicada no jornal *O Estado de S. Paulo (Agrícola)*, o Brasil faturou US\$ 80 milhões ao embarcar 60 toneladas de óleos essenciais, sendo 70% destes extraídos de frutos cítricos. No fim deste mesmo ano, o Brasil exportou a primeira remessa de óleo essencial de Manjerição para o Canadá graças aos esforços do pesquisador Nilson Borlina Maia, do Instituto Agrônomo, em Campinas – SP. O pesquisador apontou que havia possibilidade de exportar o produto para outros países, mas que a linha de produção precisava estar proporcionalmente adequada. Como evidenciado por uma pesquisadora entrevistada na matéria, a cadeia de óleos essenciais compreende desde o cultivo da espécie, a pesquisa, a extração, o preparo de derivados e as indústrias até o consumidor final; e esta cadeia precisa estar articulada para que retorne bons resultados (MELO, 2005).

### **3.2 Disponibilidade e qualidade da água doce no Brasil e no mundo**

A água é um recurso natural renovável abundante, uma vez que representa 70% da superfície do planeta. Porém, deste volume total, cerca de 3% é de água doce. E, apesar de renovável, pode se tornar limitado em função do difícil acesso e do consumo descomedido dos seres humanos, principalmente (UNESCO, 2006). Outro contratempo se dá pelo fato de, além de ser um recurso limitado, a água doce não está distribuída igualmente ao longo da extensão do planeta Terra. Cerca de 60% do volume total de água doce está concentrado em 10 países, o que leva a disponibilidade de água per capita variar consideravelmente entre a população mundial (UNESCO, 2006), como mostra a Figura 1 adiante.

**Figura 1.** Índice de disponibilidade de água doce *per capita*.



Fonte: UNESCO (2006).

Diante disso, o Brasil é considerado um dos poucos privilegiados no quesito. Mesmo com menos de 3% da população mundial, ele abriga entre 10 e 20% da água doce disponível no mundo. Porém, este privilégio não é aproveitado em sua plenitude em função dos grandes problemas de saneamento básico. Três em cada dez domicílios urbanos ainda não são abastecidos com água potável.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), parte da responsabilidade desse problema é da diversidade de climas e relevos, que faz com que a distribuição dos recursos hídricos pelo país não seja diretamente proporcional à demanda de cada região. Logo, são necessários mecanismos de transporte de água potável para aquelas áreas com menor acesso a rios, nascentes e aquíferos; atividade que se torna o principal e mais complexo desafio no abastecimento do país (BRASIL, 2014).

Ainda segundo Brasil (2014), fatores como a poluição, a estiagem e o desperdício comprometem ainda mais a qualidade dos sistemas de abastecimento da população brasileira. Estima-se que a deficiência nestes sistemas acometem 86% da população que vive em cidades do Norte do país, bem como as das cidades do Nordeste (82%), Centro-oeste (44%), Sudeste (44%) e Sul (41%), respectivamente.

Quanto à qualidade da água potável distribuída pelas redes de saneamento, cerca de 50% das águas são encontradas com qualidade regular para os diferentes usos, a qual sobe

para 75% após o tratamento para que sejam então destinadas ao consumo nos diferentes setores. Lamentavelmente, pouco se vê a respeito da preservação, uma vez que, em 2014, mais de 5% dos nossos rios e lagos estão poluídos, assim como mais de 40% do volume das águas encontradas nos perímetros urbanos (BRASIL, 2014).

Com relação aos usos da água doce, a nível mundial, o uso agrícola está em primeiro lugar (70% do total), seguido do uso industrial (22%) e doméstico (8%) (WORLD BANK, 2001). No Brasil, a distribuição de consumo se dá também em sua grande maioria pelo uso agrícola (72%), seguido do uso na pecuária (11%), da população (11%) e da indústria (7%), visto que é um país em desenvolvimento (BRASIL, 2014). Os mesmos autores indicam que a demanda está em ascendência, mas que a oferta é cada vez mais escassa.

As estimativas realizadas para os anos futuros são preocupantes. Segundo a UNESCO (2016), estima-se que a população mundial crescerá 33% até 2050. Diante disso, há uma perspectiva de que bilhões de pessoas vivam em áreas com grave restrição hídrica, especialmente no Norte e no Sul da África e na Ásia Central. Outro prognóstico nada animador afirma que, possivelmente, o mundo irá enfrentar um déficit hídrico de 40% em 2030, caso nenhuma ação seja tomada para reverter o quadro.

Apesar de não ter sido citado nesta prospecção de escassez de água, o Brasil deve ir tomando providências para que não faça parte desta realidade futuramente, uma vez que nossa população também está em crescimento constante e desordenado. Portanto, medidas eficientes no combate à poluição e ao desperdício de água doce são mais do que bem vindas. Uma destas medidas que vem ganhando cada vez mais espaço mundo afora é o reaproveitamento de águas residuais para diversas finalidades, como disposto a seguir.

### **3.3 Aspectos técnicos das águas residuais de origem doméstica**

#### *3.3.1 Tratamento de efluentes líquidos domésticos*

Após ser utilizada nas residências da população, a água perde seus padrões pureza e se torna um “resíduo”, o qual é geralmente captado e tratado pelo sistema de esgotamento sanitário. O coração destes sistemas está na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), onde,

como sugere a nomenclatura, todo o processo de tratamento dos efluentes domésticos é realizado. Depois de tratados, estes são levados ao destino final nas condições e locais adequados, os quais são regulamentados pelas resoluções nº 357/2005 e nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005; 2011).

O tratamento de esgotos empregado em ETE geralmente é constituído pelos níveis de tratamentos preliminar, primário, secundário e terciário (OLIVEIRA, 2006). No tratamento preliminar, são utilizados apenas mecanismos físicos como gradeamento e sedimentação por gravidade. Esta etapa tem por finalidade proteger os aparelhos dos tratamentos subsequentes e dispositivos de transporte (como as tubulações, por exemplo) de sólidos sedimentáveis e grosseiros em suspensão. No tratamento primário, há a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica através do processo de decantação.

No tratamento secundário, geralmente composto por reatores biológicos, é feita a degradação da maior fração de matéria orgânica restante no esgoto bruto através de digestão aeróbia e/ou anaeróbia realizada por microrganismos, assim como uma pequena quantidade de macronutrientes como N e K. Já no tratamento terciário, a remoção da matéria orgânica e de macronutrientes restantes dos processos anteriores, de poluentes específicos e desinfecção dos efluentes tratados quanto à ocorrência de patógenos são realizadas em uma unidade de tratamento físico-químico complementar. Apesar da importância e da necessidade destes tratamentos, nem sempre as ETE contam com unidades deste tipo (VON SPERLING, 2005).

Os principais parâmetros de manutenção e controle de esgotos em tratamento (APHA, 2012) são: Oxigênio Dissolvido (OD – quantidade de oxigênio dissolvido no meio aquoso analisado), Sólidos Suspensos (teor de sólidos suspensos voláteis, fixos e inorgânicos encontrados no interior do tanque de aeração, por exemplo), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO – quantidade de oxigênio dissolvido necessária para que um corpo d'água oxide através da atividade bacteriana) e Demanda Química de Oxigênio (DQO – quantidade necessária de oxigênio fornecido por um agente oxidante para que toda a matéria orgânica presente oxide).

Logo, o tratamento de esgotos tem como objetivo principal reduzir DQO, DBO e sólidos totais, e também de elevar o OD. Aspectos como cor, odor, salinidade, turbidez, contaminações por metais pesados e patógenos também são frequentemente monitorados, uma vez que também integram as condições para o lançamento de efluentes (CONAMA, 2005).

Ao fim dos tratamentos, o esgoto bruto é convertido em efluente tratado, o qual terá, de acordo com as análises de controle e manutenção das etapas da ETE, plenas condições de ser incorporado como água de reuso em diferentes segmentos. O reuso pode ser classificado como potável direto, potável indireto e não potável (ROCHA, SILVA & BARROS, 2010).

Na forma potável direta, o efluente recuperado é diretamente reinserido no sistema de abastecimento de água potável da localidade. Na forma potável indireta, o efluente tratado é disposto em corpos d'água superficiais ou subterrâneos para sofrer diluição e purificação natural, sendo finalmente utilizado como água potável em um momento posterior.

Já na forma de reuso não potável, o efluente tratado é empregado na irrigação de vegetais (árvores frutíferas, cereais e plantas não alimentícias), no consumo animal ou como subproduto de lençóis subterrâneos. Há alguns anos surgiu uma nova aplicação destes efluentes, voltados para a agricultura irrigada como um meio de poupar as fontes de água doce, que são cada vez mais requisitadas para esta finalidade em função da alta demanda de produção de alimentos e insumos.

### 3.3.2 *Uso de efluentes tratados na agricultura irrigada*

O uso de efluentes tratados na agricultura é realizado há muitos anos em alguns países, mas relativamente recentes aqui no Brasil. Países que dispõem de poucos recursos hídricos como Israel, por exemplo, lançam mão das técnicas de reuso para manter suas práticas agrícolas e, então, amenizar os graves problemas de escassez de água. Com o crescimento da indústria têxtil no país, novos projetos surgem constantemente para possibilitar o uso de águas residuárias tratadas no cultivo do algodão, que não requer nenhuma qualidade especial (ROCHA, SILVA & BARROS, 2010).

Em nosso país, autores como Freitas *et al.* (2012; 2013) foram muito bem-sucedidos em suas práticas agrícolas com uso de efluentes tratados nos cultivares de girassol e cana-de-açúcar (respectivamente), representando resultados nutricionais mais satisfatórios se comparados aos outros tratamentos que utilizaram água de abastecimento. Logo, é possível tomar tais exemplos positivos e, então, aprimorar ainda mais as técnicas de reuso para fins agrícolas, de modo a abrir possibilidades dentro do reuso agrícola para outras culturas de interesse econômico e social.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Estação de Tratamento de Esgotos Rendeiras

A Estação de Tratamento de Esgoto Rendeiras (ETE Rendeiras) está localizada no bairro das Rendeiras, região leste do município de Caruaru-PE, a  $8^{\circ}16'51.9''$  de latitude Sul e  $35^{\circ}56'18.9''$  de longitude Oeste. Com capacidade para tratar  $450 \text{ L.s}^{-1}$  de esgoto, a ETE Rendeiras atende, atualmente, 14 bairros desse município (Caruá, Boa Vista, Mandacaru, Nova Caruaru, Macaparana, Inocoop, José Liberato, Cidade Jardim, Rendeiras, Jardim Panorama, Salgado, Centro, Petrópolis e Maurício de Nassau), o que corresponde a um percentual de atendimento de aproximadamente 40% da população urbana local.

A ETE Rendeiras (fotografia 3) opera com um reator anaeróbico do tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), este constituído por quatro células ordenadas em paralelo. Como unidade de pós-tratamento do efluente anaeróbico, há três lagoas dispostas em série: uma lagoa aerada, uma lagoa facultativa, e uma lagoa de maturação, respectivamente. Atualmente, a vazão de operação é de cerca de  $100 \text{ L.s}^{-1}$ , em função do baixo volume de esgoto direcionado para tratamento.

**Fotografia 3.** Estação de Tratamento de Esgotos Rendeiras.



Fonte: Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA (2017).

Parte do efluente doméstico tratado é canalizado e armazenado em reservatórios com capacidade para  $32 \text{ m}^3$ , ao qual são adicionados  $25 \text{ g.L}^{-1}$  de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ),

para fins de remoção de microrganismos patogênicos. Posteriormente, esse efluente é distribuído para uma empresa privada de paisagismo e uma unidade desportiva local, para fins de irrigação de canteiros de praças e avenidas da área urbana de Caruaru, e do gramado do Estádio da cidade, o Luiz José de Lacerda.

#### 4.2 Área experimental e Águas de Irrigação para Uso Agrícola

A área utilizada para a realização deste experimento localiza-se na Universidade Federal de Pernambuco, *campus* Acadêmico do Agreste, a 8°13'30.3" de latitude Sul e 35°58'52.8" de longitude Oeste. O experimento foi conduzido em bancada na Casa de Vegetação (CV), cuja área construída é 18m<sup>2</sup>, com cobertura de lona de estufa (topo) e tela de sombrite (laterais), como mostrado na fotografia 4:

**Fotografia 4.** Casa de Vegetação da UFPE – *campus* Agreste.



Fonte: Autora (2018).

Como águas de irrigação, foram utilizadas a água de abastecimento (A), captada no próprio *campus* universitário, e o efluente tratado (E), coletado na lagoa de polimento da ETE Rendeiras. As coletas de água de abastecimento foram realizadas semanalmente, e do efluente tratado, foram realizadas quinzenalmente. As alíquotas de cada coleta foram reservadas e analisadas no Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), sem nenhum tratamento prévio de

preservação da amostra, com base no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Essas análises contemplaram a caracterização físico-química das águas de irrigação (pH, temperatura, condutividade elétrica, salinidade, DQO, Nitrogênio-total (N-total) e Nitrogênio-amoniaco (N-amoniaco), P e K). Ao fim do experimento, foi montado um perfil com as médias de todos estes parâmetros das águas de abastecimento e de efluente tratado, apresentados na Tabela 2:

**Tabela 2.** Caracterização da água de abastecimento (A) e efluente tratado (E), utilizados nos dois cultivos.

Parâmetros	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Manjeriço italiano		Manjeriço branco	
	Água de abastecimento (A)	Efluente tratado (E)	Água de abastecimento (A)	Efluente tratado (E)
pH	7,01	8,89	6,72	8,13
Temperatura (°C)	24,9	25,97	25,8	25,6
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	39,6	1320,0	244,75	1560,22
Salinidade	0	0,2	0	0,2
DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	ND	156,80	ND	178,46
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg}/\text{L}$ )	ND	16,17	ND	19,92
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg}/\text{L}$ )	ND	3,57	ND	4,29
P ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	ND	9,46	ND	9,93
K ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	ND	0,017	ND	0,133

Fonte: Autora (2018).

#### 4.3 Coleta, Preparação e Caracterização das Amostras de Solo

Os solos naturais utilizados neste experimento foram caracterizados como um Planossolo, de acordo com a EMBRAPA (2006). Esse tipo de solo é típico da região agreste do estado de Pernambuco. As amostras de solo foram coletadas na camada 0 - 0,20 cm de profundidade (camada arável) e foram transportadas para o laboratório, onde foram fracionadas em bandejas plásticas e submetidas à secagem ao ar livre e à temperatura ambiente (aproximadamente 25°C).

Depois de secos, os solos foram cuidadosamente destorroados e reservados para a montagem dos vasos. Do total de cada uma das porções, foi retirada uma alíquota do solo,

para caracterização química, a qual foi realizada pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA, 2018), cujas caracterizações estão expostas a seguir na Tabela 3:

**Tabela 3.** Caracterização química das amostras dos solos utilizados no primeiro e no segundo cultivos.

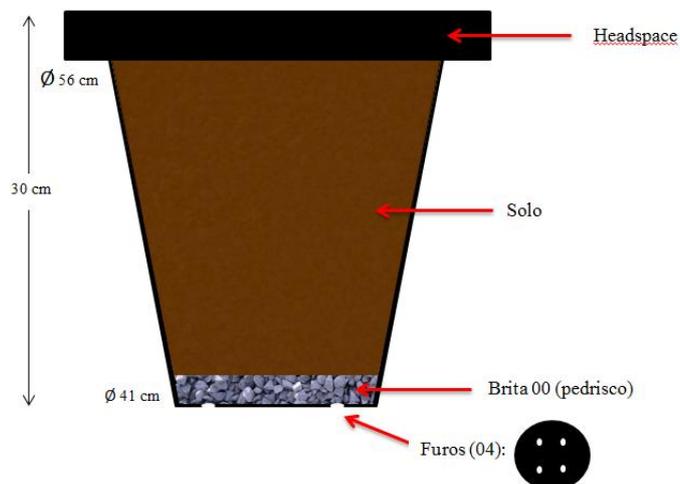
Parâmetros	Solo 1º Cultivo	Solo 2º Cultivo
	Manjerição italiano	Manjerição branco
pH	6,90	7,30
P (mg/dm <sup>3</sup> )	135,00	277,00
K (mg/dm <sup>3</sup> )	351,9	117,3
Al (mg/dm <sup>3</sup> )	0	0
Ca (mg/dm <sup>3</sup> )	921,84	2064,12
Na (mg/dm <sup>3</sup> )	275,88	25,29
Mg (mg/dm <sup>3</sup> )	121,56	316,06
H (mg/dm <sup>3</sup> )	14,00	23,00
S (mg/dm <sup>3</sup> )	1234,31	2131,99
CTC (cmol/dm <sup>3</sup> )	9,1	15,6
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	21,58	36,19
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	45,49	49,06

Fonte: IPA (2018).

**Legenda - S:** soma de bases ( $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$ ); **CTC:** capacidade de troca de cátions efetiva ( $CTC = S + Al^{3+}$ ); **V:** saturação por bases; **m:** índice de saturação por alumínio; **H:** acidez potencial.

Os vasos plásticos redondos de polipropileno com capacidade de 5L, contendo furos em sua base inferior, foram preenchidos com uma pequena porção de brita 00 e cerca de 3 Kg de solo; seguidos de um *headspace* de 5 cm, organizados da seguinte forma (Figura 2):

**Figura 2.** Esquema de montagem dos vasos.

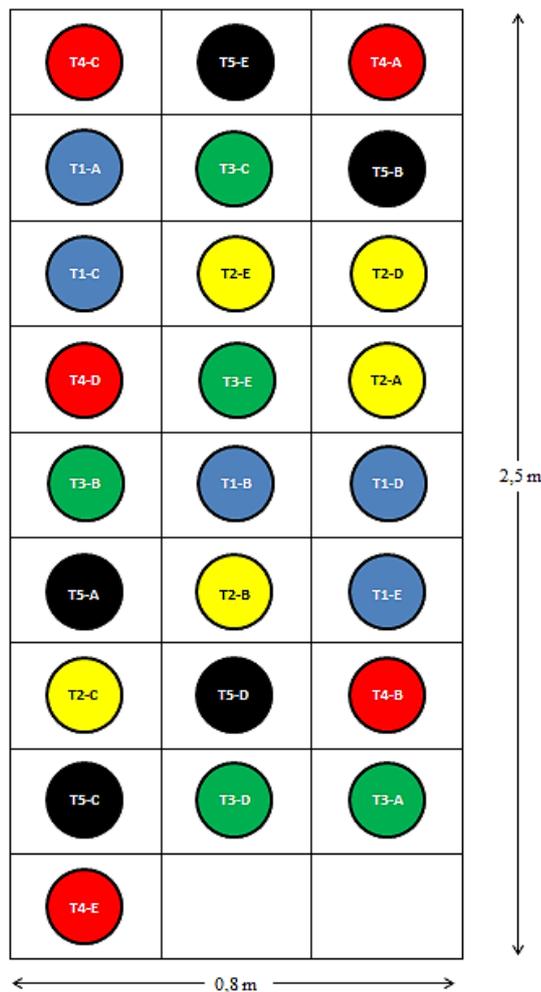


Fonte: Autora (2018).

#### 4.4 Cultivo I – Manjericão Italiano

No primeiro cultivo, foram adquiridas sementes de Manjericão (*Ocimum basilicum*) da variedade *italiana*, comercializadas pela Feltrin sementes (teor de pureza = 100%; porcentagem de germinação = 99%) O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) e 5 repetições (A, B, C, D, e E), e os resultados foram estatisticamente avaliados por Análise de Variância (ANOVA), Teste F e *Tukey Test* (1 e 5% de probabilidades). A disposição dos vasos na bancada (sorteio) se deu como mostrado na Figura 3:

**Figura 3.** Disposição dos vasos na bancada por sorteio.



Fonte: Autora (2018).

A semeadura ocorreu no final de Abril/2018, na proporção de 6 sementes/vaso. As regas foram de forma manual, aplicando-se uma lâmina média de 347 mm, por rega manual, em dias alternados, durante 112 dias. As regas foram realizadas ao fim das tardes, para que as

folhas e raízes não estivessem suscetíveis a danos causados pela elevação da temperatura da água de irrigação em função da forte incidência solar deste período do ano. Os tratamentos estudados consistiram em: **T1** (irrigação com A), **T2** (irrigação com A+E, 3:1, v/v), **T3** (irrigação com A+E, 1:1, v/v), **T4** (irrigação com A+E, 1:3, v/v), **T5** (irrigação com E).

Ao 41º Dia Após o Plantio (DAP), foi feito o desbaste das mudas, com o intuito de preservar apenas uma unidade por vaso. Foram realizadas podas a partir do 46º DAP de acordo com o surgimento das inflorescências, com a finalidade de preservar a qualidade do produto final, ou seja, o óleo essencial (OE). As alturas e os comprimentos das copas das plantas foram medidas diariamente a partir desse DAP, com o auxílio de fita métrica graduada, com o intuito de construir um perfil por unidade deste parâmetro de produtividade.

O manejo de pragas foi feito ao longo do cultivo através de uma solução de água e detergente neutro (8 gotas de detergente/L de água), borrifada nas folhas com frequência de duas a três vezes por semana, de acordo com a necessidade. O combate às ervas daninhas consistiu na retirada manual diária das mesmas, de acordo com a demanda por vaso. Neste primeiro caso, foi realizado o registro fotográfico e identificação das mesmas antes da retirada e extermínio manual.

No 112º DAP, as plantas adultas do Manjericão italiano foram retiradas dos vasos, através de corte no caule principal, feito a 15 cm do solo. Posteriormente, todas as plantas foram pesadas (peso fresco) e ensacadas individualmente em sacos de papel, para secagem, em estufa aerada a 40°C, até atingirem peso constante. Passado este período, foi realizada uma nova pesagem individual (peso seco). Os valores obtidos foram reunidos e obteve-se a produtividade da biomassa vegetal total das matérias frescas e secas por tratamento.

Após a secagem, cada fração das biomassas foi pulverizada e armazenada em potes com fechamento hermético, sendo reservadas para a extração do OE. Já para a análise do estado nutricional das plantas no pós-cultivo, foi retirada uma alíquota das folhas das plantas secas de cada tratamento para prosseguir com a caracterização da absorção de nutrientes, descritas por Bezerra Neto & Barreto (2011).

#### 4.5 Cultivo II – Manjeriço branco

Para o segundo cultivo, foi escolhido o Manjeriço branco (*Ocimum basilicum*), o qual foi adquirido em uma horta do Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES – UNITA, Caruaru-PE), e mantido na área externa da CV (Universidade Federal de Pernambuco – *Campus Agreste*) exclusivamente para fins de pesquisa. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 5 repetições, e os resultados foram estatisticamente avaliados por Análise de Variância (ANOVA), Teste F e *Tukey Test* (1 e 5% de probabilidades).

O método de plantio adotado foi o de estaquia, onde foram retiradas mudas a partir de cortes feitos a 2,5 cm do nó de galhos das plantas adultas e saudáveis da espécie *O. basilicum*. Após a retirada, as mudas foram mantidas em vasos com água potável por 15 dias para estimular o crescimento das raízes brancas.

Em Setembro/2018, as plantas foram disseminadas em três unidades por vaso. Foram utilizados os mesmos vasos plásticos do primeiro cultivo, os quais foram novamente montados de acordo com o esquema da Figura 2. A disposição dos vasos foi mantida na bancada tal qual foi sorteada no primeiro cultivo, para dar as mesmas condições para as plantas e seus respectivos tratamentos.

Quanto à irrigação, aplicou-se a mesma lâmina média de 347 mm por rega manual ao fim das tardes, em dias alternados, mas por 71 dias consecutivos; e os tratamentos estudados foram os mesmos da etapa anterior. Neste experimento, também foram realizadas medidas diárias de altura e largura das copas das plantas, com o auxílio de fita métrica graduada, para a construção do perfil por repetição deste parâmetro de produtividade.

O manejo de pragas foi feito ao longo do cultivo através de uma solução de água e detergente neutro (8 gotas de detergente/Litro de água), borrifada nas folhas em dias alternados, juntamente com a rega. O combate às ervas daninhas consistiu na retirada manual das mesmas por vaso em dias alternados. Foi também realizado o registro fotográfico e identificação de todas as pragas identificadas ao longo do plantio antes da retirada/exterminio manual.

Ao primeiro sinal de início do florescimento, correspondente ao 71º dia após o transplante (DAT), todas as plantas adultas do Manjeriço branco foram retiradas dos vasos

através de corte no caule principal, feito a 15 cm do solo. Posteriormente, todas as plantas foram pesadas (peso fresco) e ensacadas individualmente para a secagem em estufa aerada a 40°C, até que atingiram peso constante. Passado este período, foi realizada uma nova pesagem individual (peso seco), e obteve-se a produtividade da biomassa vegetal total das matérias frescas e secas por tratamento.

Após a secagem, cada fração das biomassas foi pulverizada e armazenada em potes com fechamento hermético, sendo reservadas para a extração do OE. Já para a análise do estado nutricional das plantas no pós-cultivo, foi retirada uma alíquota das folhas das plantas secas de cada tratamento para prosseguir com a caracterização da absorção de nutrientes, descritas a seguir.

#### **4.6 Análises químicas e bioquímicas do tecido foliar das variedades**

As análises químicas e bioquímicas das amostras, previamente secas e pulverizadas, do tecido foliar foram realizadas em cada um dos tratamentos das variedades estudadas de Manjerição.

Com base na metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2011), foram determinadas as concentrações de nitrogênio total (N-total) pelo método de Kjeldahl, dada pelas etapas de digestão ácida, destilação em aparelho Kjeldahl e titulação com solução padrão de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N da fração destilada contendo indicador misto H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; em seguida, procedeu-se aos cálculos dos teores de N-total, em termos percentuais. Posteriormente, com base nos valores obtidos de N-total, foram estimados os teores de proteína bruta (PB), multiplicando o teor de N-total pelo fator de conversão mais adequado ao material analisado (6,25 para amostras vegetais, em geral).

Para a determinação de P, K, Ca e Na, foram retiradas alíquotas da massa foliar seca de cada um dos tratamentos das duas variedades cultivadas para digestão seca (MIYAZAWA *et al.*, 1999), que consistiu em calcinação e posterior extração em HNO<sub>3</sub> 1,0 M. Através deste extrato ácido, foi realizada a determinação de P com base no método colorimétrico do Molibdato-Vanadato (BEZERRA NETO & BARRETO, 2011, p. 165-169); assim como a análise de K, Ca e Na por Fotometria de Chama (MIYAZAWA *et al.*, 1999).

Todos os resultados obtidos nesta etapa para cada variedade de Manjeriço estudada foram estatisticamente avaliados por Análise de Variância (ANOVA), Teste F e *Tukey Test* (1 e 5% de probabilidades).

#### 4.7 Extração dos óleos essenciais por hidrodestilação

Partindo para o processo de hidrodestilação, os materiais vegetais secos e pulverizados nas etapas anteriores de cada cultivo (Manjeriço italiano e Manjeriço branco) foram organizados e levados à extração do OE, em separado.

A extração de OE foi realizada com cada um dos cinco tratamentos dos cultivos das variedades de Manjeriço estudados, logo após o final do plantio e secagem da massa foliar. Para cada tratamento, a biomassa seca obtida foi vertida em um balão volumétrico de 2,0 L com o auxílio de funil de plástico, juntamente com 1L de água destilada. Em seguida, o balão foi acoplado a um extrator do tipo *Clevenger* e a uma manta aquecedora (fotografia 5), onde se deu início à extração dos OE.

**Fotografia 5.** Aparato de hidrodestilação tipo *Clevenger*.



Fonte: Autora (2018).

Após 90 minutos de aquecimento à temperatura final de 98°C, o óleo obtido foi separado do hidrolato e posteriormente depositado em frasco âmbar, o qual foi adequadamente identificado e armazenado sob refrigeração a -10°C. Foi mensurado o volume de OE obtido por tratamento após a hidrodestilação. Posteriormente, os valores de rendimento de OE foram avaliados estaticamente.

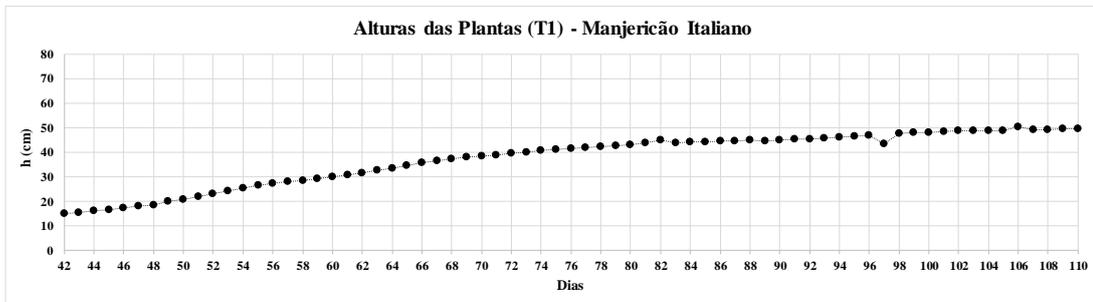
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Parâmetros de desenvolvimento do cultivo I

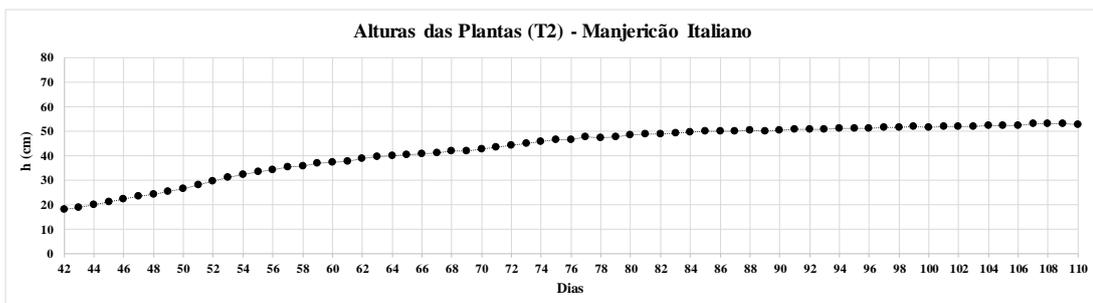
#### 5.1.1 Altura, florescimento e largura das copas das plantas de Manjeriço italiano

Através das medidas das alturas das plantas e das larguras de suas copas, em cada tratamento e repetições, foram traçadas médias dos perfis desses parâmetros para a primeira variedade cultivada. Seguem adiante os gráficos (1, 2, 3, 4, e 5) referentes ao desenvolvimento das plantas, com base nos valores das alturas, organizadas por tratamento:

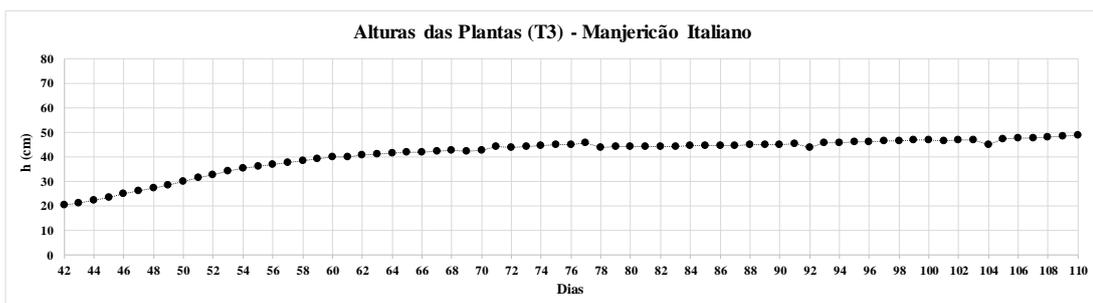
**Gráfico 1.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T1 - Manjeriço italiano.

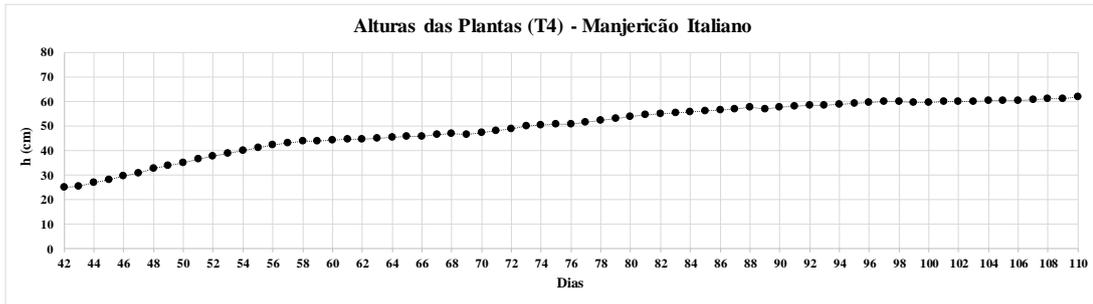
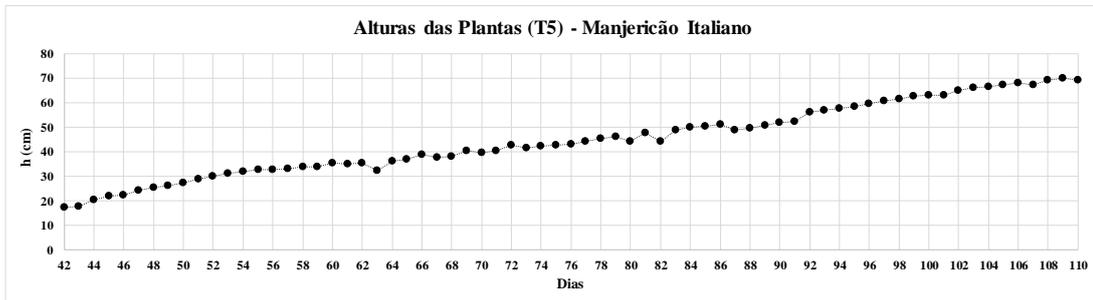


**Gráfico 2.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T2 - Manjeriço italiano.

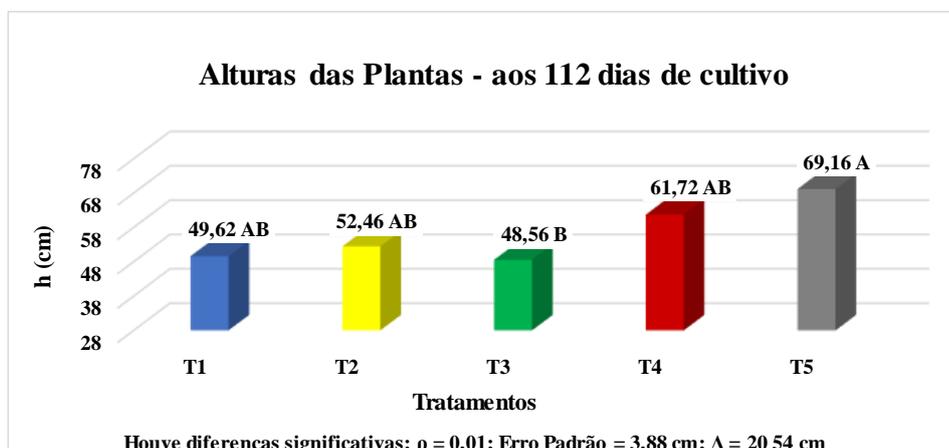


**Gráfico 3.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T3 - Manjeriço italiano.



**Gráfico 4.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T4 - Manjeriço italiano.**Gráfico 5.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T5 - Manjeriço italiano.

Diante dos perfis obtidos, foi possível identificar um aumento linear no crescimento vertical de todas as plantas de Manjeriço italiano nos cinco tratamentos estudados, sendo este mais acentuado nos tratamentos que utilizaram o efluente tratado (E) na irrigação, com exceção do tratamento T3. Dentre eles, observou-se também que, conforme maior o percentual de E empregado no tratamento, maior a taxa de crescimento vertical do vegetal. Os picos de crescimento e decrescimento desses perfis se deram pelas podas efetuadas após as medidas do DAP anterior. Com base nesses dados, foram comparados estatisticamente os valores médios das alturas das plantas de cada tratamento, como disposto no gráfico 6:

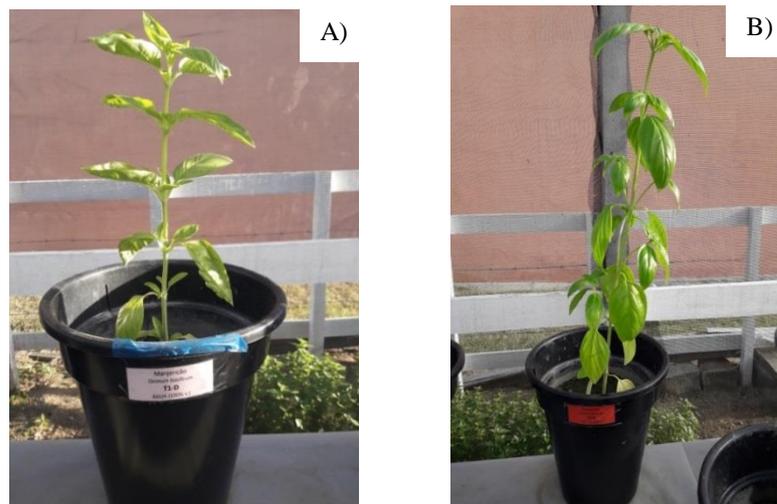
**Gráfico 6.** Análise estatística relativa à altura média das plantas de Manjeriço italiano.

Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

No gráfico acima, foi possível notar que houve diferenças significativas entre os tratamentos T5 e T3, indicando que o primeiro apresentou o maior crescimento vertical com relação ao último. No mais, os outros três tratamentos não diferiram estatisticamente destes. Contudo, os tratamentos T4 e T5 obtiveram os maiores valores de crescimento vertical, o que indicou que a irrigação com E beneficiou as plantas de forma positiva e estimulou o seu crescimento vertical em função dos nutrientes ofertados pelo mesmo.

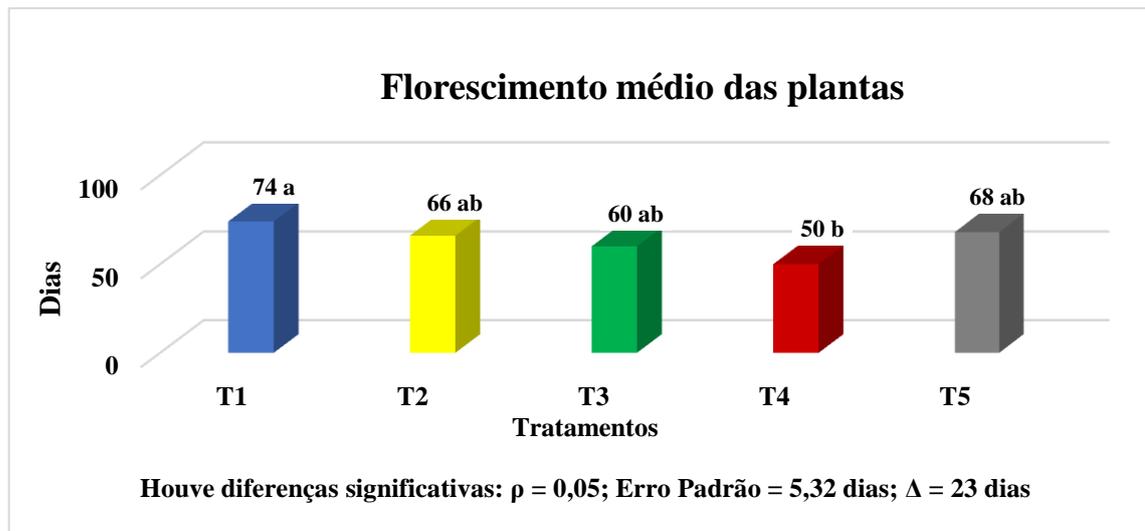
Como exemplo da diferença das plantas irrigadas apenas com a água de abastecimento e das irrigadas com maior percentual de efluente, temos dois registros (fotografia 6) dos tratamentos T1 e T4 no 55° DAP. Quando comparadas lado a lado, a diferença da altura das plantas é bastante expressiva (22,2 cm contra 46,9 cm; respectivamente), e legítima a ação positiva do uso de E para o aumento do referido parâmetro de produtividade.

**Fotografia 6.** Crescimento das plantas de Manjerição italiano dos tratamentos T1 (A) e T4 (B) no 55° DAP.



Fonte: Autora (2018).

Além dos perfis de crescimento (alturas) das plantas de Manjerição italiano, foram registradas as datas do aparecimento dos primeiros capítulos florais e suas podas para cada um dos cinco tratamentos aqui estudados. Estes dados seguem relacionados adiante no gráfico 7:

**Gráfico 7.** Média de florescimento (dias) das plantas de Manjericão italiano.

Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

No gráfico, foi possível constatar que as plantas do tratamento T4 foram as primeiras a florescer, seguidas dos tratamentos T3, T2, T5 e T1. Com base nessa análise estatística, foi possível afirmar que T4 diferiu significativamente do tratamento T1, o que mostrou que o uso de maiores proporções de E possibilitou o aumento desse parâmetro. Contudo, T4 não diferiu significativamente dos demais tratamentos nesse quesito, mostrando que todos os tratamentos que utilizaram alguma porcentagem de E como parte integrante da água de irrigação foram capazes de reduzir o intervalo entre a semeadura e o florescimento do Manjericão italiano.

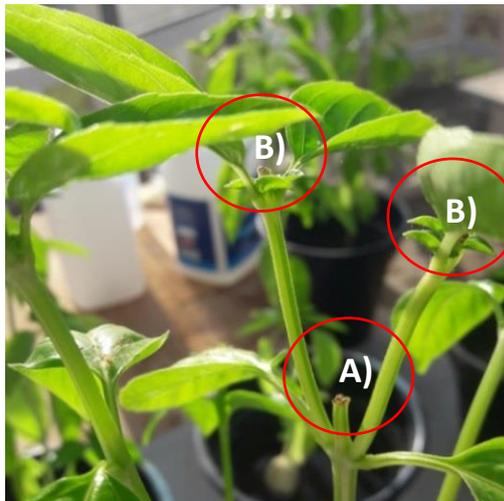
Acredita-se que o tratamento T5 obteve um florescimento médio tardio em função do problema de drenagem de três dos cinco vasos cultivados. Esse contratempo acarretou na lixiviação das sementes com as primeiras regas, o que criou a necessidade de transplantar uma muda dos outros vasos do T5 para cada um deles. Segundo Burducea *et al.* (2018), para se obter um alto rendimento e aumentar a quantidade de compostos bioativos, o Manjericão precisa de um solo bem drenado, rico em N e em outros nutrientes.

Com isso, apesar de ter obtido os maiores valores de crescimento vertical, a maturidade da maioria das plantas do T5 foi estendida, provavelmente, pelo período extra de adaptação que os vegetais recentemente transplantados necessitaram para reestabelecer suas raízes no solo do novo vaso e, então, poder retomar o crescimento. No entanto, isso mostra também que o uso de E tornou essa manobra corretiva possível, uma vez que forneceu todo o aporte de nutrientes necessários a esta readaptação.

Espécies de *Ocimum basilicum* L. possuem um ciclo médio de 80 dias para o florescimento, em condições de cultivo normal em campo (PEREIRA & MOREIRA, 2011). Nas condições de cultivo controlado apresentadas neste experimento, mesmo as plantas submetidas ao tratamento T1 (irrigação com água) floresceram dentro do limite médio estabelecido para o florescimento do Manjeriço. Com relação às plantas irrigadas com o efluente, em média, essas plantas floresceram 19 dias antes do tempo atribuído ao florescimento do Manjeriço cultivado em campo.

Esse resultado por ser devido às condições ambientais de cultivo controlado, a ausência de estresse hídrico e ao fornecimento contínuo de nutrientes via fertirrigação com o efluente tratado. As podas seguintes apresentaram um aumento linear na quantidade de brotos florais retirados (fotografia 7), e o seu intervalo foi intensificado ao longo do cultivo, o que justificaram alguns pontos de estagnação ou decrescimento nas alturas discriminadas nos perfis de crescimento apresentados anteriormente.

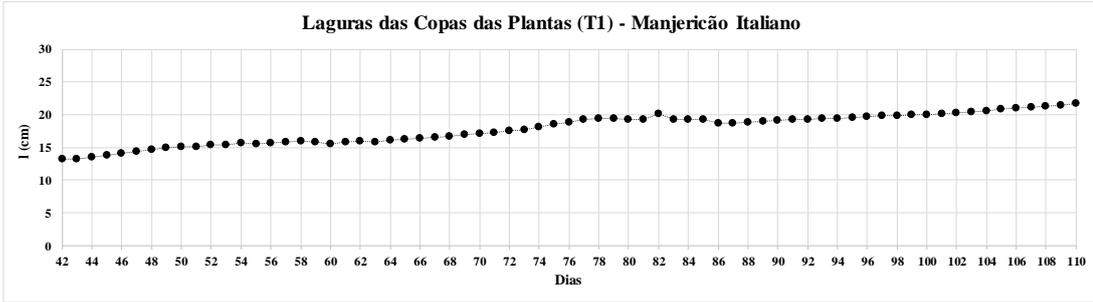
**Fotografia 7.** Primeira (A) e segunda (B) podas em planta submetida ao tratamento T4.



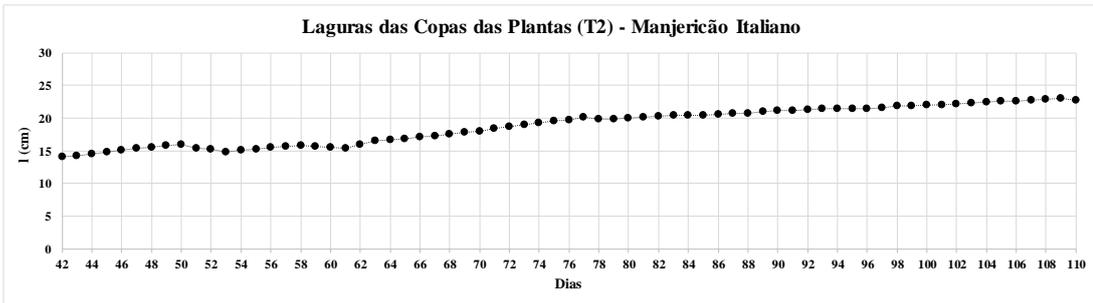
Fonte: Autora (2018).

Após a tomada de medidas diárias das larguras das copas das plantas de *O. basilicum* L., foram obtidos os seguintes gráficos (8, 9, 10, 11 e 12) de desenvolvimento por tratamento:

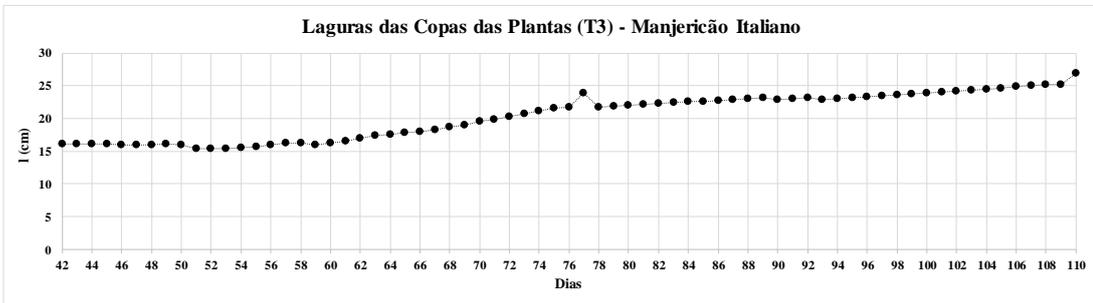
**Gráfico 8.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T1 – Manjeriçao italiano.



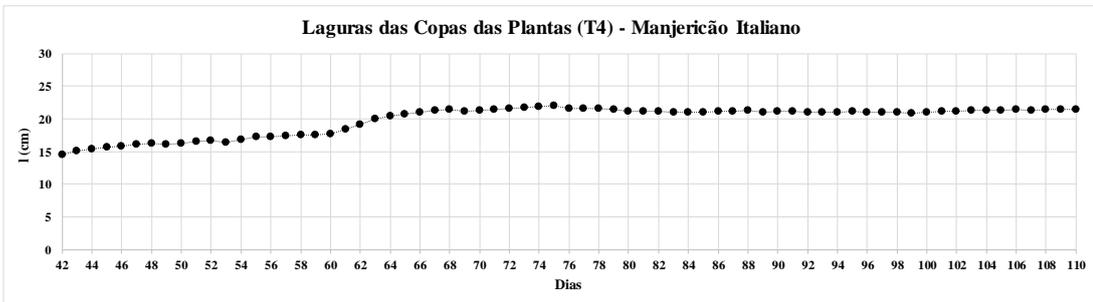
**Gráfico 9.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T2 – Manjeriçao italiano.



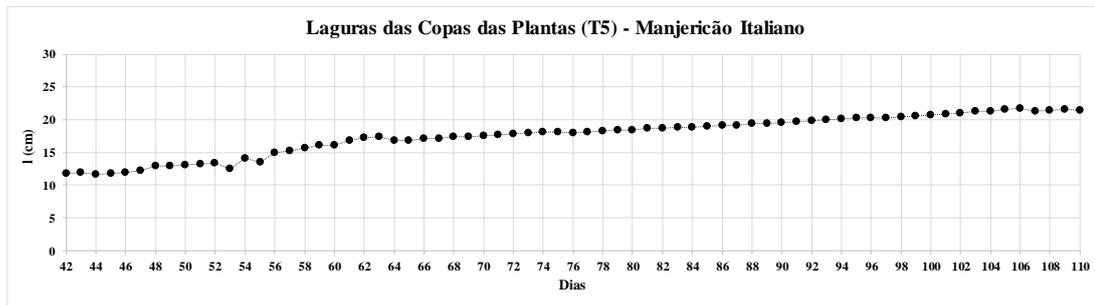
**Gráfico 10.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T3 – Manjeriçao italiano.



**Gráfico 11.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T4 – Manjeriçao italiano.



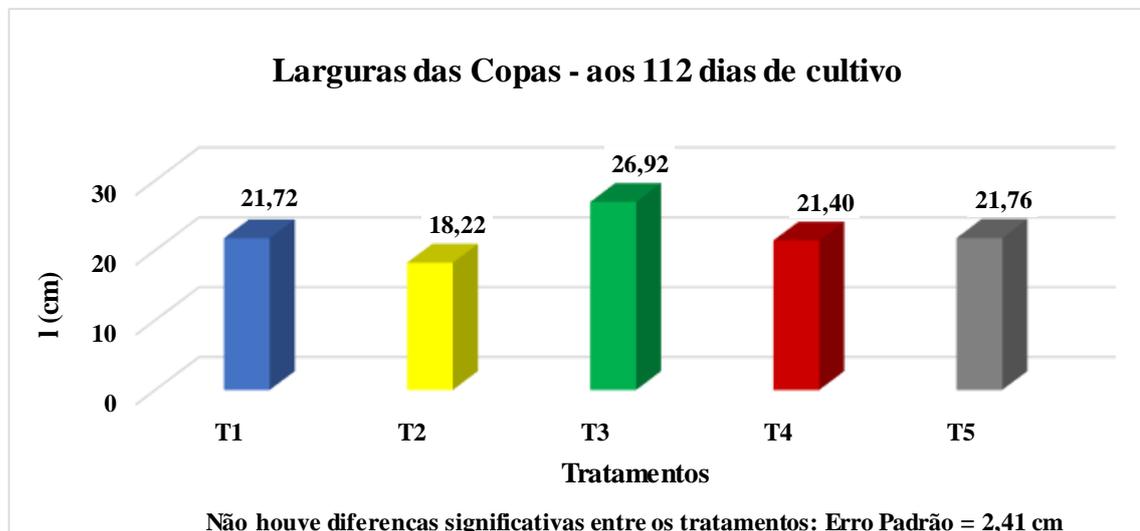
**Gráfico 12.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T5 – Manjerição italiano.



Diante dos perfis obtidos, foi possível identificar um aumento linear discreto no crescimento horizontal das plantas de Manjerição italiano nos cinco tratamentos estudados, com exceção do tratamento T3, que se sobressaiu dentre os demais nesse parâmetro. Isso pode ser explicado, provavelmente, pela preferência de crescimento do vegetal em um dos sentidos em detrimento do outro; tal como visto em T3, que obteve o menor crescimento vertical e o maior crescimento horizontal de todos. Os picos de crescimento e decrescimento desses perfis se deram pelas podas efetuadas após as medidas do DAP anterior.

Com base nesses perfis, foram comparados os valores médios das larguras das copas de cada tratamento, apresentados a seguir no gráfico 13:

**Gráfico 13.** Análise estatística relativa à largura média das copas das plantas de Manjerição italiano.



Diante de tais resultados, foi possível notar que os valores de crescimento das copas obtidos em cada um dos cinco tratamentos foram muito próximos uns dos outros, ou seja, os tratamentos estudados não diferiram significativamente entre si. No entanto, para este parâmetro, o tratamento T3 foi o que resultou nas plantas com copas mais largas. Isso pode

ser explicado pelo fato de este tratamento ter tido o menor valor de crescimento vertical, o que indica que as podas das inflorescências podem ter favorecido o crescimento da massa foliar no sentido oposto em detrimento a este primeiro.

Contudo, ao analisar mais atentamente os perfis de crescimento horizontal dos cinco tratamentos, notou-se que as plantas submetidas ao tratamento T4 estiveram à frente nesse parâmetro por um período de tempo considerável (51° ao 74° DAP), visto que atingiram a maturidade mais cedo e, conseqüentemente, sofreram mais podas que as outras plantas. Mas, justamente por esse motivo, sua massa foliar decresceu ao longo do cultivo, porque o uso dos nutrientes para a produção de biomassa é reduzido para que essa energia seja direcionada para a produção das flores.

Como exemplo disso, tivemos uma das plantas submetidas ao tratamento T4; mais precisamente a 4ª repetição. Ela foi uma das primeiras de todo o cultivo a iniciar o processo de florescimento (46° dia). Com o passar do tempo, houve uma perda significativa – e gradual – das folhas mais antigas (fotografia 8) e o seu ciclo de vida se tornou aparentemente mais curto que o ciclo das demais plantas submetidas aos outros tratamentos; já que as essas plantas levaram mais tempo para atingir esse estágio.

**Fotografia 8.** Planta de Manjeriço italiano submetida ao tratamento T4 no 68° dia.



Fonte: Autora (2018).

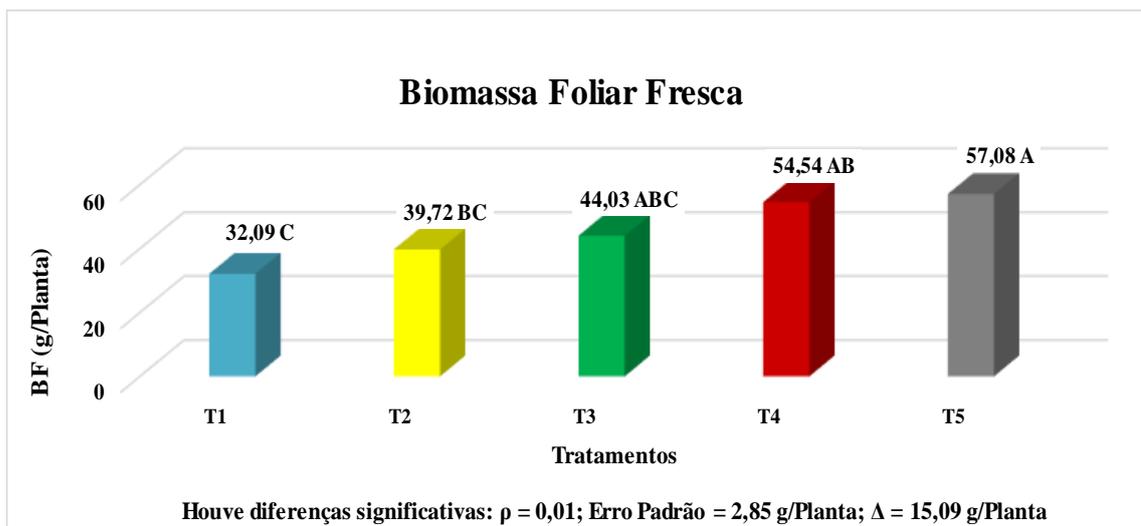
No trabalho desenvolvido por Yokota *et al.* (2015), o uso de maiores concentrações de adubação foliar (rica em N, P e K) proporcionou acréscimos no desenvolvimento foliar das

plantas de Manjeriço e, conseqüentemente na área foliar das mesmas. Os autores, baseados no artigo de Dechen e Nachtigall (2007), atribuem esse acréscimo ao fornecimento de nitrogênio contido no adubo foliar. Diante desse relato, acredita-se que o uso do efluente proporcionou tais acréscimos nos parâmetros de desenvolvimento discorridos anteriormente através da disponibilização dos nutrientes que o compunham, especialmente do N nesse quesito.

### 5.1.2 Biomassas frescas e secas do Manjeriço italiano

No tocante ao peso da biomassa fresca (BF), a análise estatística dos valores médios (*Tukey Test*, a 1% de probabilidade), está descrita no gráfico 14:

**Gráfico 14.** Análise estatística relativa à biomassa foliar fresca média das plantas de Manjeriço italiano.

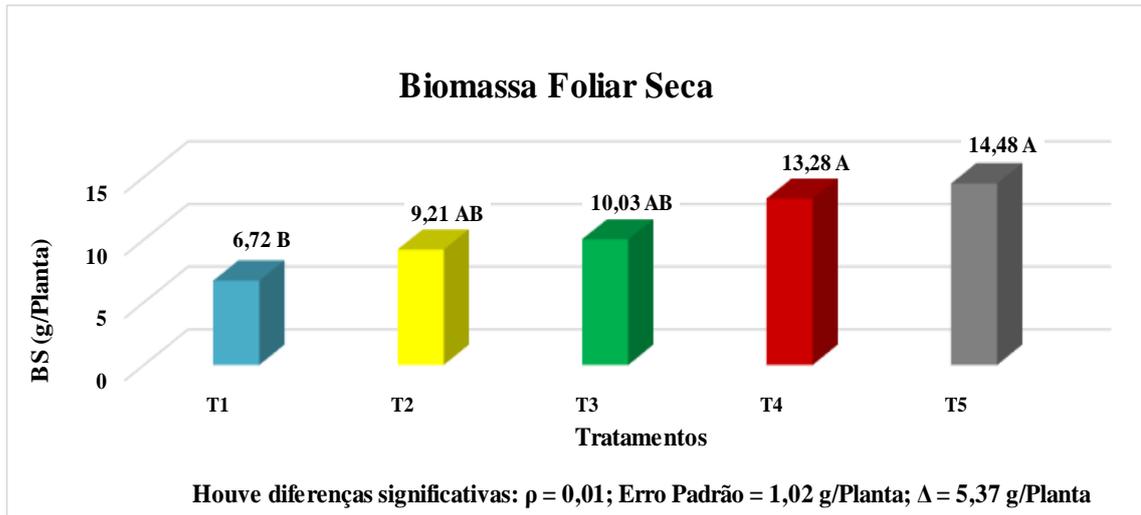


Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

De acordo com o gráfico, o tratamento T5 obteve o maior valor de BF, diferindo significativamente dos tratamentos T1 e T2, o que indica que o uso do efluente na irrigação rendeu uma boa produção de BF em relação àquelas plantas irrigadas com as maiores proporções de água de abastecimento. Entretanto, T5 não diferiu estatisticamente dos tratamentos T3 e T4, indicando que, a partir da proporção de 1:1 (A/E, v/v), já foram obtidos resultados satisfatórios para esse parâmetro.

Após o período de secagem das plantas de Manjericão italiano até peso constante, foram obtidos os valores da biomassa seca (BS). As médias de tais valores foram analisadas pelo *Tukey Test* (1% de probabilidade), dispostos a seguir no gráfico 15:

**Gráfico 15.** Análise estatística relativa à biomassa seca média das plantas de Manjericão italiano.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Com base nos resultados obtidos, ordenados no gráfico anterior, foi possível concluir que ambos os tratamentos T4 e T5 resultaram nos maiores valores de BS dentre os tratamentos testados. Desse modo, T4 e T5 diferiram significativamente apenas do tratamento T1, que, conseqüentemente, apresentou a menor média de BS dos cinco tratamentos. Porém, do tratamento T2 ao T5, os valores obtidos para este parâmetro foram muito próximos, de modo que não foi possível observar uma diferença significativa entre eles. Portanto, todos os tratamentos que utilizaram alguma porcentagem de E na irrigação resultaram em valores próximos de BS.

Yokota *et al.* (2015) constataram em seu trabalho que o fornecimento de N, P e K por meio de adubação foliar implicou no aumento da produção de massa seca das folhas de Manjericão. Portanto, é possível inferir que o uso do efluente, com teores de N, P e K significativos, foi o responsável pelo aumento da biomassa seca final do Manjericão italiano em função da disponibilização desses macronutrientes para as plantas.

Aplicações de nutrientes via fertirrigação são utilizadas em cultivos para favorecer a exploração do potencial genético das plantas. Dentre os principais nutrientes envolvidos no desenvolvimento vegetativo, estão o N e o P, os quais são considerados fatores chave no

controle do crescimento e da produtividade das plantas (TUNCTURK *et al.*, 2012). O N também está envolvido diretamente ou indiretamente no alargamento e divisão de novas células e produção de tecidos, os quais foram responsáveis por melhorar as características de crescimento (SINGH *et al.*, 2016).

Fertilizações a base de N intensificam as produções de biomassa, por unidade de área, e de substâncias envolvidas nas atividades fotossintéticas das plantas (FILGUEIRA, 2008). Segundo Chen *et al.* (2016), o aumento do suprimento de N conduz a um aumento das concentrações de N foliar; da mesma forma, Tuncturk *et al.* (2012) relataram em seu experimento que o aumento das doses de N resultou em maiores altura e produtividade das plantas de cominho preto. Esses autores ainda relataram que a altura das plantas, mesmo sendo uma característica relacionada ao genótipo, é um parâmetro facilmente afetado por variações nas condições de cultivo.

O efeito do N sobre o desenvolvimento das plantas também pode ser explicado pelo fato do N aumentar o número de células meristemáticas, levando a formação de brotos, folhas e a expansão foliar. Além disso, a aplicação de N majora os níveis de citocina, os quais afetam a extensibilidade da parede celular, e esse nutriente está envolvido no alargamento e divisão de novas células, além da produção de tecidos (SINGH *et al.*, 2016).

Palaretti *et al.* (2015), ao cultivarem Manjericão irrigado com vinhaça concentrada, concluíram que o K aportado via aplicação da vinhaça propiciou o aumento das características biométricas das plantas, e que os valores crescentes de massa foliar foram atribuídos à ausência de estresse hídrico e a disponibilidade de N e K fornecidos pela vinhaça.

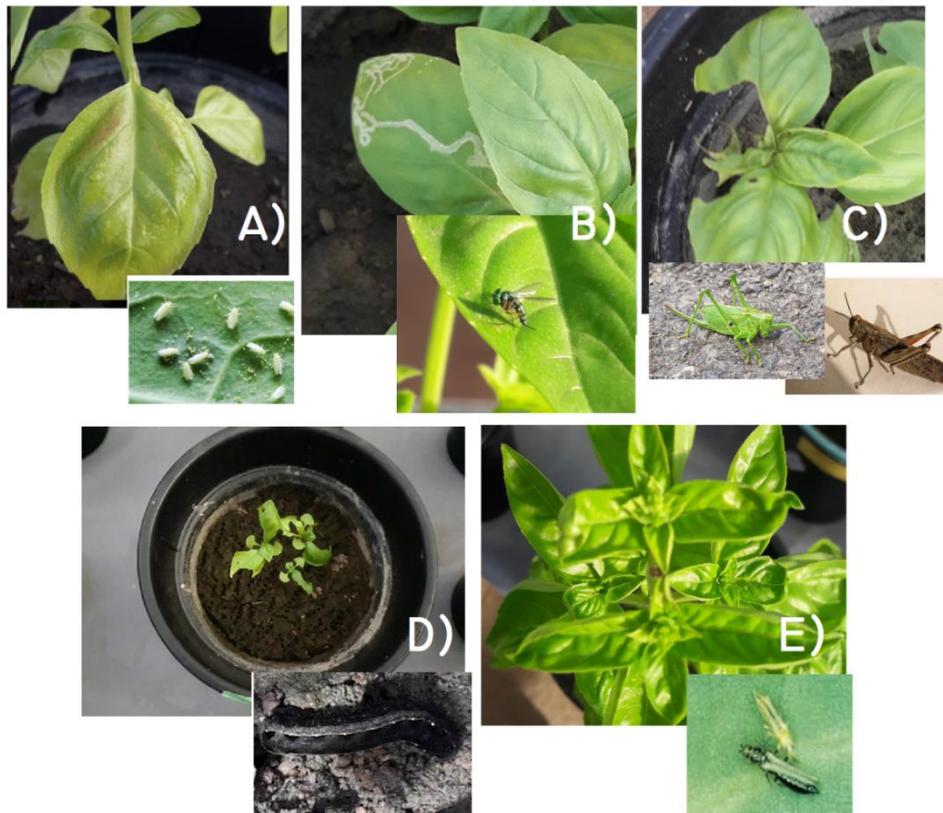
## **5.2 Pragas incidentes no cultivo do Manjericão italiano**

No primeiro cultivo, o do Manjericão italiano, foi identificada a presença de moscas brancas (*Bemisia argentifolii*), moscas minadoras (*Liriomyza huidobrensis*) e suas larvas, as larvas minadoras; gafanhotos (*Schistocerca*, *Orthoptera*), lagarta-da-vagem (*Spodoptera cosmioides*) e tripes (*Thysanoptera*), pragas relativamente comuns para o Manjericão. Os efeitos cada uma delas nas plantas, os tratamentos acometidos e o tempo de incidência, estão discriminados a seguir (Tabela 4); bem como os seus respectivos registros fotográficos (fotografia 9):

**Tabela 4. Relação das pragas identificadas, dos efeitos provocados, dos tratamentos acometidos e do tempo de incidência nas plantas de Manjeriço italiano.**

Pragas	Efeitos provocados	Tratamentos encontrados e Tempo de incidência
Moscas brancas ( <i>Bemisia argentifolii</i> )	Destruição do tecido vegetal e secagem parcial ou total das folhas	T1, T2, T3, T4 <b>20° - 112° DAP</b>
Moscas minadoras ( <i>Liriomyza huidobrensis</i> )/ larvas minadoras	Redução parcial da massa foliar através da destruição dos tecidos vegetais	T1, T2, T3, T4 <b>10° - 112° DAP</b>
Gafanhotos ( <i>Schistocerca, Orthoptera</i> )	Redução da produtividade da biomassa pelo consumo parcial ou total das folhas	T1, T2, T3 <b>1° - 50° DAP</b>
Lagarta-da-vagem ( <i>Spodoptera cosmioides</i> )	Redução acentuada da produtividade da biomassa pelo consumo parcial das folhas	T3 <b>18° - 23° DAP</b>
Tripes ( <i>Thysanoptera</i> )	Estriamento do tecido foliar e aparecimento de manchas (folhas bronzeadas)	T1, T2, T3, T4 <b>5° - 60° DAP</b>

**Fotografia 9.** Registros de mosca branca (A), mosca mineradora (B), gafanhotos (C), lagarta-da-vagem (D) e tripes (E) em plantas de Manjeriço italiano.



Fonte: Autora (2018).

Contudo, acredita-se que estes ataques não prejudicaram significativamente o desenvolvimento das plantas do Manjerição italiano. Graças à solução detergente-água utilizada, os casos de pragas incidentes se resumiram a eventos pontuais dentre os tratamentos T1 a T4. As plantas do tratamento T3 (fotografia 9 - D), por exemplo, que sofreram as perdas mais severas de massa foliar em função do ataque da lagarta-da-vagem logo no início do cultivo, conseguiram recuperar sua biomassa ao longo dos dias seguintes ao extermínio dessa praga sem dificuldades aparentes.

Outro fato importante é que não foram registrados quaisquer tipos de ataques de pragas nas plantas do Manjerição italiano do tratamento T5, irrigadas apenas com efluente. Esse comportamento pode ser justificado pela teoria da trofobiose (CHABOUSSOU, 2006).

Essa teoria aponta que o estado nutricional da planta é o que possivelmente determina a sua suscetibilidade ao ataque de pragas e patógenos. Em plantas com carência nutricional ou adubação mineral excessiva, o equilíbrio dos macro e micronutrientes é rompido, o que provoca a predominância do estado de proteólise nos tecidos vegetais durante o seu metabolismo. Esse estado conduz uma sensibilidade em relação às pragas, já que elas encontram no vegetal as substâncias solúveis necessárias para a sua nutrição, como aminoácidos livres e açúcares redutores.

Por outro lado, quando a planta está em equilíbrio nutricional, há o favorecimento da proteossíntese por parte dos macro e micronutrientes fornecidos, que resulta na diminuição de substâncias solúveis disponíveis no tecido foliar. Por não atender às exigências tróficas dos insetos-praga, a planta se torna menos atrativa e, portanto, menos suscetível a ataques.

Diante disso, acredita-se que as plantas do tratamento T5 atingiram esse equilíbrio nutricional através do fornecimento de nutrientes por parte do uso do efluente na irrigação; e, portanto, não sofreram ataques.

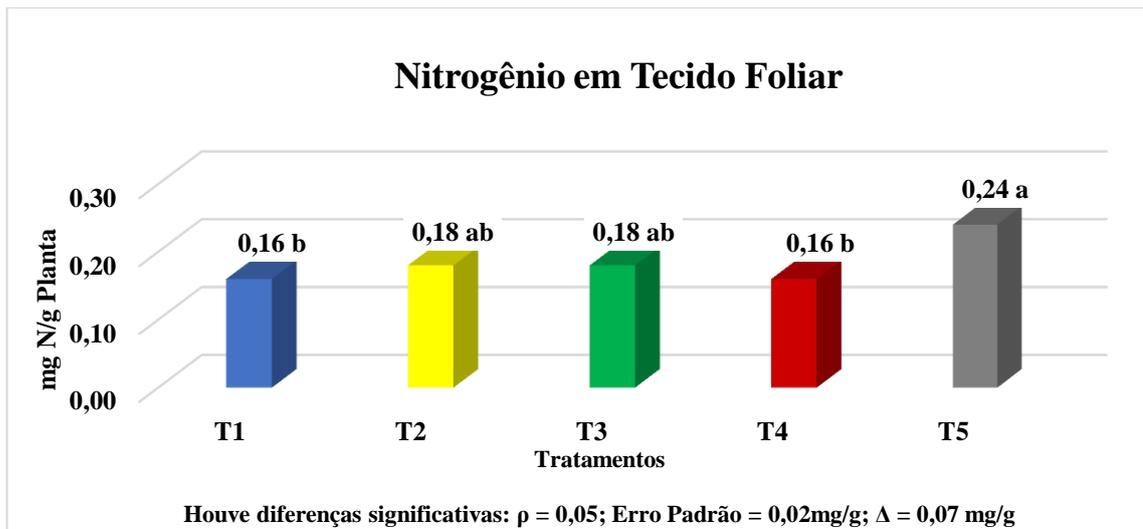
### **5.3 Análises de Nutrientes dos tecidos foliares do Manjerição italiano**

Partindo de uma alíquota da BS de cada tratamento, foram realizados os ensaios para estimar os teores de Nitrogênio Total (N-total), Proteína Bruta (PB), Fósforo (P) e Potássio (K) no tecido foliar, esses descritos nos tópicos a seguir.

### 5.3.1 Teores de Nitrogênio Total (N-total) e Proteína Bruta (PB)

Após a realização do método de obtenção do teor de N-total (BEZERRA NETO & BARRETO, 2011), foi elaborada a análise dos valores, por tratamento das plantas de Manjerição italiano, como exposto no gráfico 16:

**Gráfico 16.** Teores médios de N-total nos tecidos foliares das plantas de Manjerição italiano.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Diante desse gráfico, foi possível observar que o tratamento T5 obteve o maior valor de N-total dentre todos os tratamentos estudados, e diferiu significativamente dos tratamentos T1 e T4. Porém, o teor de N-total em T5 não diferiu significativamente dos tratamentos T2 e T3, irrigados com 25% e 50% de A, respectivamente.

Com base nos resultados obtidos anteriormente, a diferença sobre o tratamento T1 já era esperada, visto que o E disponibilizou para as plantas teores de N-total maiores que os encontrados na água de abastecimento. No entanto, esperava-se também que o valor deste parâmetro para T4 fosse próximo do T5, já que as regas das plantas de Manjerição italiano dos mesmos diferiram em apenas 25% da proporção A/E utilizada em sua irrigação.

Isso pode ser explicado pelo fato de as plantas de T4 terem atingido a maturidade mais cedo (média de 50 dias) que todas as demais (gráfico 7), voltando todo o seu metabolismo para a produção das flores. Com isso, acredita-se que o teor de macronutrientes do tecido foliar das plantas desse tratamento teve seu ápice no início da floração, e decaiu linearmente

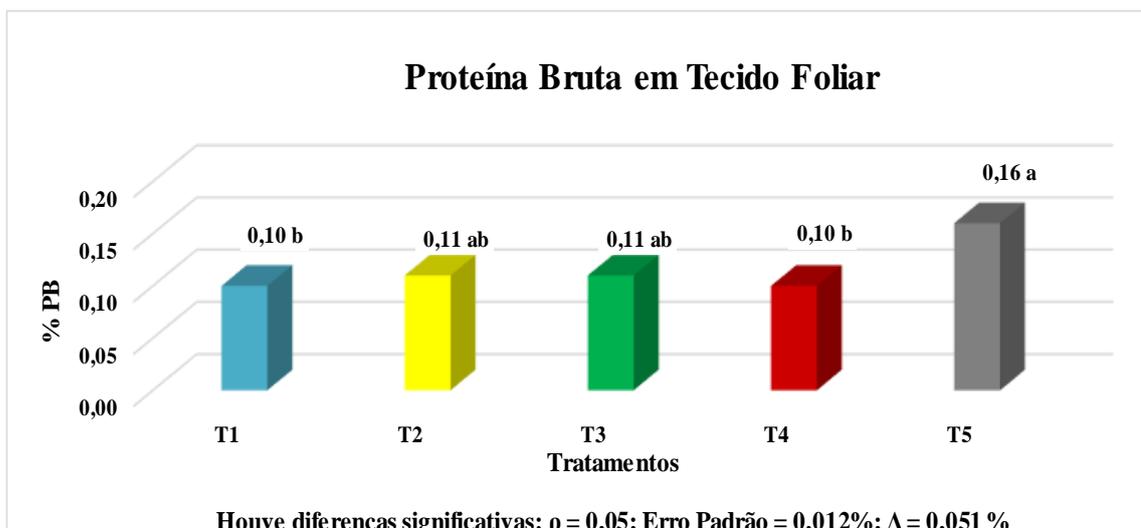
com o avançar desse período; comportamento também constatado por Costa *et al.* (2011) nas análises de N, P e K do tecido foliar da mangueira depois da floração.

Entende-se que o uso de maiores quantidades de E favoreceu satisfatoriamente o aumento do N-total no tecido foliar das plantas irrigadas sob essas condições, mesmo para o tratamento T4 que, possivelmente, atingiu uma quantidade significativa deste macronutriente, mas não foi quantificada no período adequado.

O N é o elemento que tem o maior efeito na fisiologia das plantas e é provavelmente o nutriente limitante mais importante para o crescimento das culturas agrícolas. De acordo com Vilanova *et al.* (2018), o gerenciamento da nutrição de plantas é uma das mais importantes estratégias para o desenvolvimento do cultivo agrícola. Além disso, esses autores também afirmam que a aplicação de lâminas de irrigação acima da capacidade de campo (110% da lâmina de irrigação) aliada a dosagens de N ( $160 \text{ kg N.ha}^{-1}$ ), essas maiores que a adubação recomendada para o cultivo de Manjericão, foram capazes de promover valores máximos de altura, largura, número de folhas e matéria seca foliar nas plantas.

Quanto ao teor de PB dos tratamentos abordados (gráfico 17), foi observado o mesmo comportamento do parâmetro anterior, já que esse teor proteico é estimado com base nos valores de N-total obtidos por planta.

**Gráfico 17.** Teores de PB nos tecidos foliares das plantas de Manjericão italiano por tratamento.

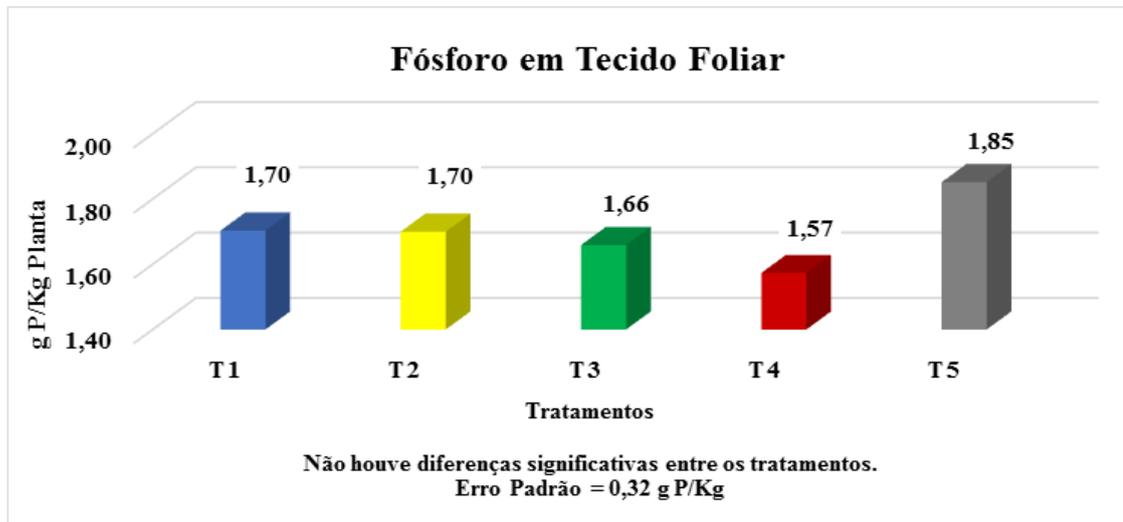


Legenda:  $p$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

### 5.3.2 Teores de Fósforo (P)

Na análise do teor de P presentes nos tecidos foliares das plantas submetidas aos tratamentos estudados, foram obtidos os seguintes valores, como mostra o gráfico 18:

**Gráfico 18.** Teores médios de P nos tecidos foliares das plantas de Manjeriço italiano por tratamento.



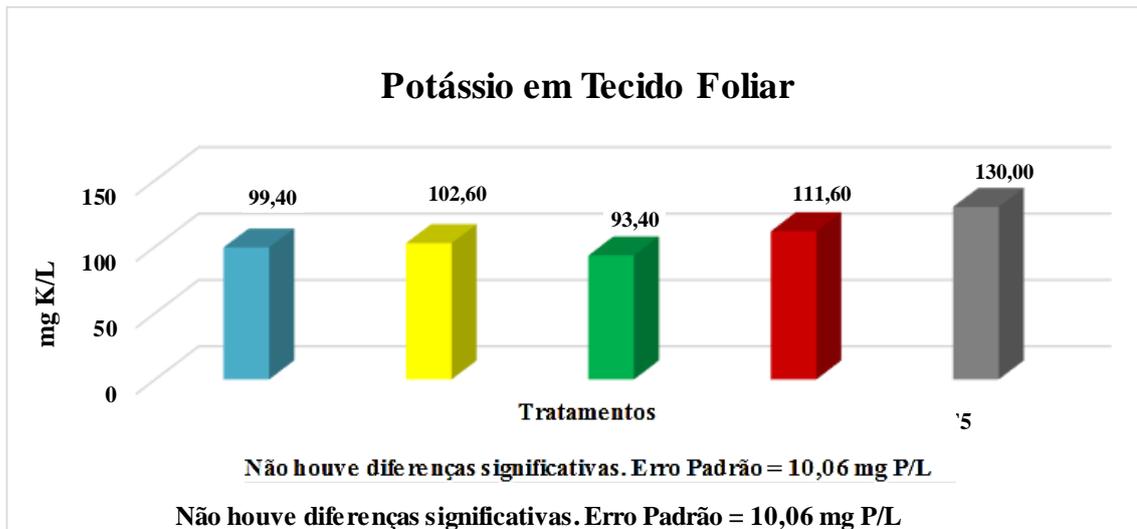
Com base nesses resultados, foi possível notar que o tratamento T5 se sobressaiu aos demais quanto ao teor de P nas folhas das plantas de Manjeriço italiano. Contudo, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, o que indica que o uso de maiores proporções de E foi capaz de elevar discretamente a quantidade de P nas plantas se comparadas às com o uso de maiores proporções A.

O menor valor obtido desse macronutriente foi também no T4, comportamento que pode ser novamente justificado com base na discussão do tópico anterior, quanto ao teor de N-total obtido em relação ao período de floração desse tratamento.

### 5.3.3 Teores de Potássio (K)

No tocante aos teores de K nos tecidos foliares de cada um dos tratamentos estudados para o Manjeriço italiano, foram obtidos os seguintes resultados, discriminados no gráfico 19:

**Gráfico 19.** Teores médios de K nos tecidos foliares das plantas de Manjerição italiano por tratamento.



Para o teor de K, observou-se que o tratamento T5 resultou no maior valor desse macronutriente em relaoo aos demais tratamentos. Porém, essa diferença não foi relativamente significativa; o que mostra que o uso de maior volume de E auxiliou no aumento de K nos tecidos foliares das plantas, mas de forma menos expressiva.

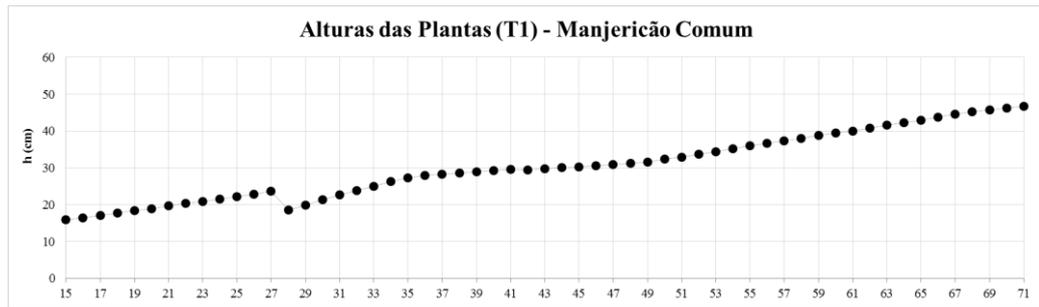
De acordo com Araujo *et al.* (2011), o K é responsável pela regulaoo do potencial osmótico das células vegetais, pois atua como ativador das enzimas envolvidas na respiraoo e na fotossíntese. Com base nessas informaoes, foi possível inferir que o uso do efluente nos percentuais de 75 e 100% do volume de rega resultou na obtenoo de plantas com um melhor desempenho nos quesitos de respiraoo e fotossíntese, ou seja, proporcionou a obtenoo de vegetais mais estáveis dentro das condioes oferecidas ao longo do cultivo.

## 5.4 Parâmetros de desenvolvimento do Cultivo II

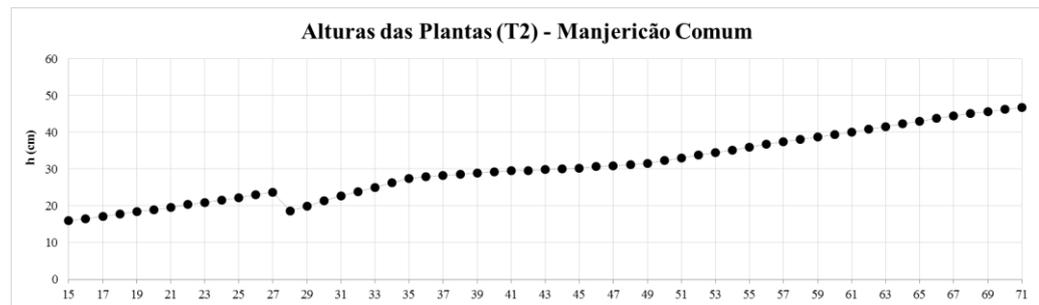
### 5.4.1 Altura e largura das copas das plantas de Manjerição branco

Ao final do segundo cultivo, foi traçado o perfil de altura e largura das plantas submetidas aos cinco tratamentos descritos anteriormente. Seguem adiante os gráficos (20, 21, 22, 23 e 24) referentes ao desenvolvimento das plantas, com base nos valores das alturas, organizadas por tratamento:

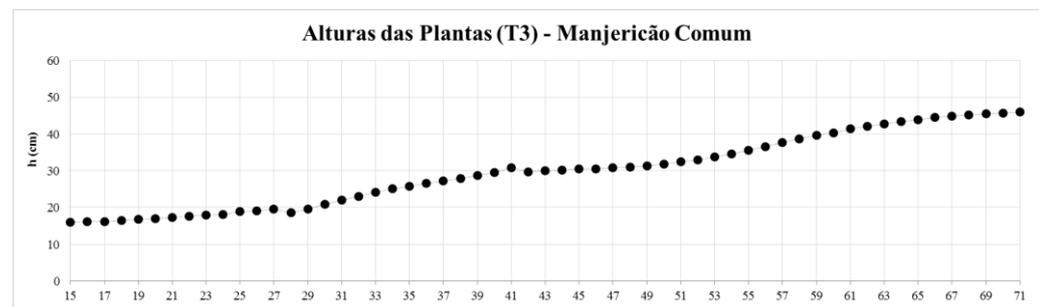
**Gráfico 20.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T1 - Manjerição branco.



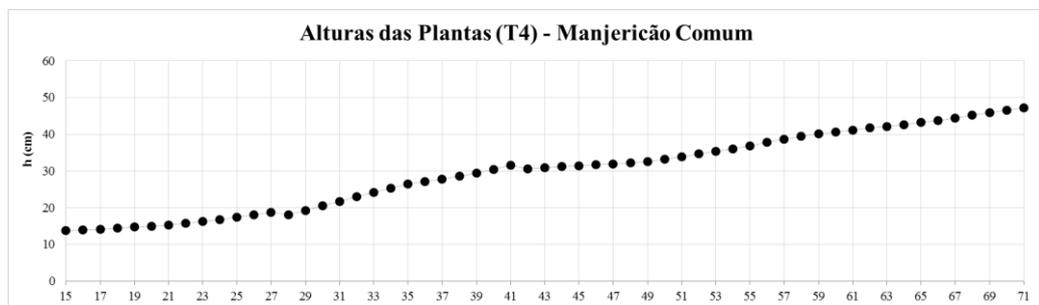
**Gráfico 21.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T2 - Manjerição branco.

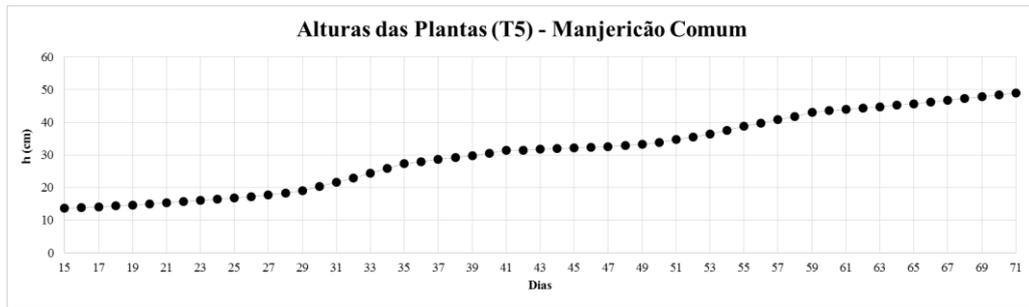


**Gráfico 22.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T3 - Manjerição branco.



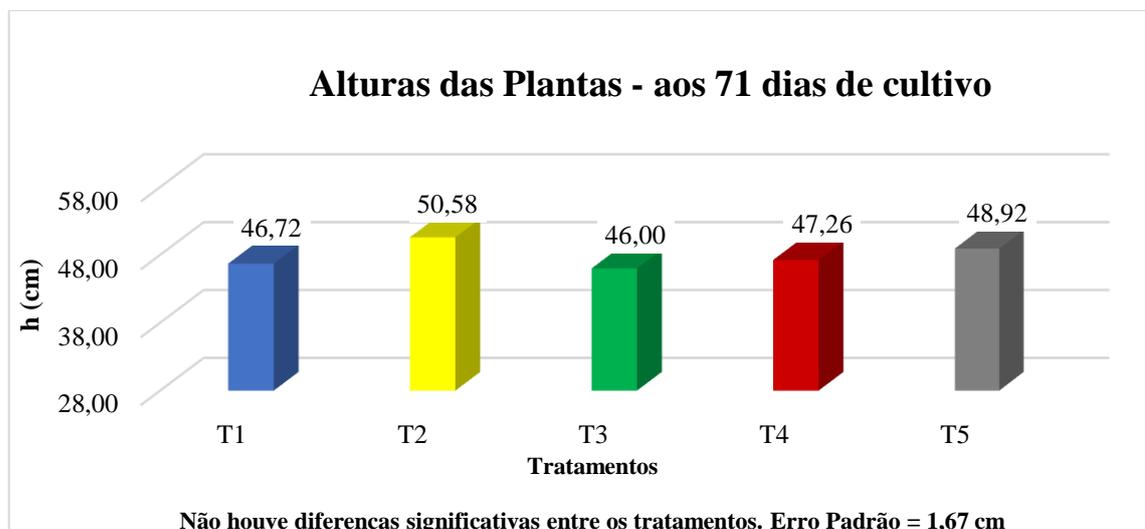
**Gráfico 23.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T4 - Manjerição branco.



**Gráfico 24.** Perfil de crescimento vertical do tratamento T5 - Manjerição branco.

Diante dos perfis obtidos, foi possível identificar um aumento linear no crescimento vertical de todas as plantas de Manjerição branco nos cinco tratamentos estudados, sendo este mais acentuado nos tratamentos que utilizaram o efluente tratado (E) na irrigação, com exceção do tratamento T3, que ficou um pouco abaixo do tratamento de referência (T1). Os pontos negativos dos perfis também se deram pelas podas efetuadas após as medidas do DAT anterior.

Nas plantas de Manjerição branco, a tendência de proporcionalidade do percentual de E empregado com a elevação das taxas de crescimento vertical, observada no cultivo I, foi quebrada pelos tratamentos T2 e T3; que retornaram, respectivamente, a maior e menor inclinação das retas apresentadas dentre todos os perfis obtidos. Com base nesses dados, os valores médios das alturas das plantas de cada tratamento foram comparados estatisticamente, e seguem apresentados no gráfico 25:

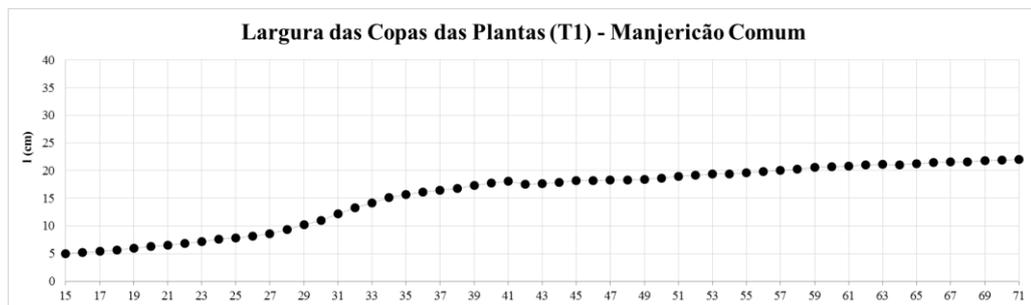
**Gráfico 25.** Análise estatística relativa à altura média das plantas de Manjerição branco nos cinco tratamentos.

De acordo com o gráfico apresentado anteriormente, foi possível identificar que a ordem decrescente de altura das plantas de Manjeriçã branco obtidas nos tratamentos, da maior para a menor, foi a seguinte:  $T2 > T5 > T4 > T1 > T3$ . Diante dos valores apresentados, foi possível compreender que a maioria das plantas irrigadas com percentual igual ou superior a 25% de efluente obtiveram incremento no crescimento vertical se comparadas com as plantas submetidas a regas apenas com água de abastecimento (T1). Porém, esses tratamentos não diferiram significativamente entre si nesse parâmetro, visto que esse incremento não foi suficientemente expressivo para tal.

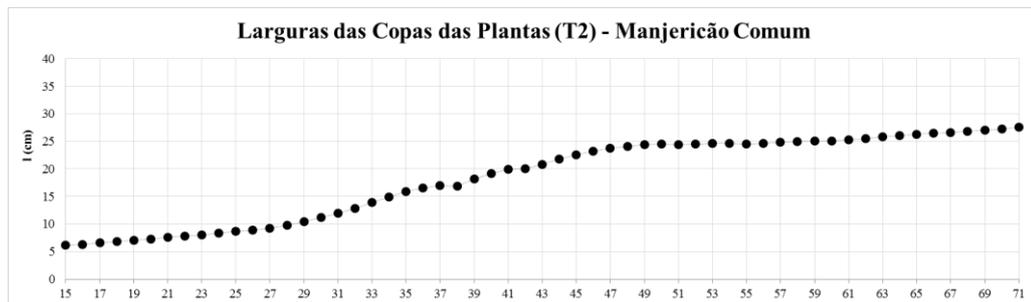
A exceção se deu no tratamento T3, que resultou em plantas com a menor média de altura do experimento, possivelmente pelo favorecimento do crescimento no sentido horizontal em detrimento deste, como mostrado adiante.

A partir as medidas diárias das larguras das copas das plantas de *O. basilicum*, foram obtidos os seguintes perfis de desenvolvimento por tratamento (gráficos 26, 27, 28, 29 e 30):

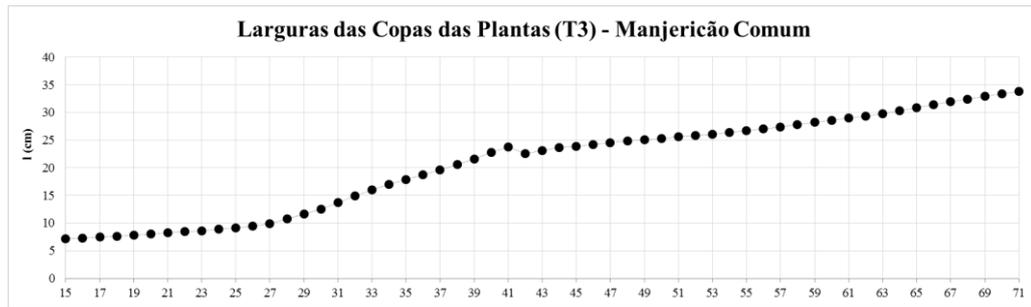
**Gráfico 26.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T1 – Manjeriçã branco.



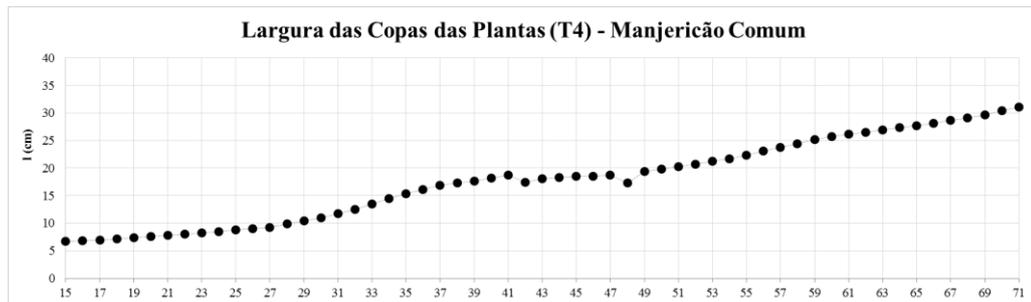
**Gráfico 27.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T2 – Manjeriçã branco.



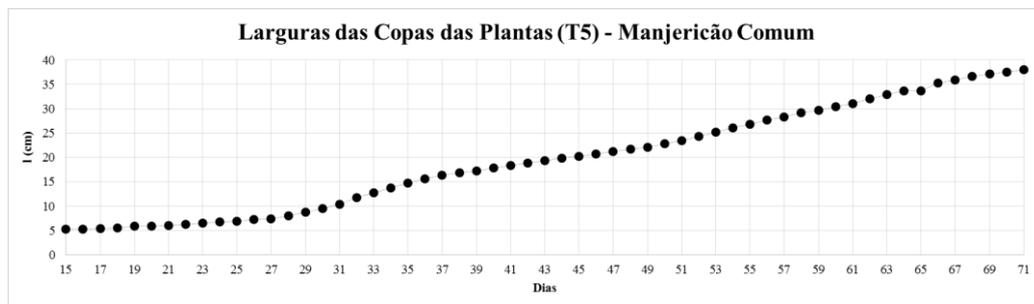
**Gráfico 28.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T3 – Manjeriçao branco.



**Gráfico 29.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T4 – Manjeriçao branco.



**Gráfico 30.** Perfil de crescimento horizontal do tratamento T5 – Manjeriçao branco.

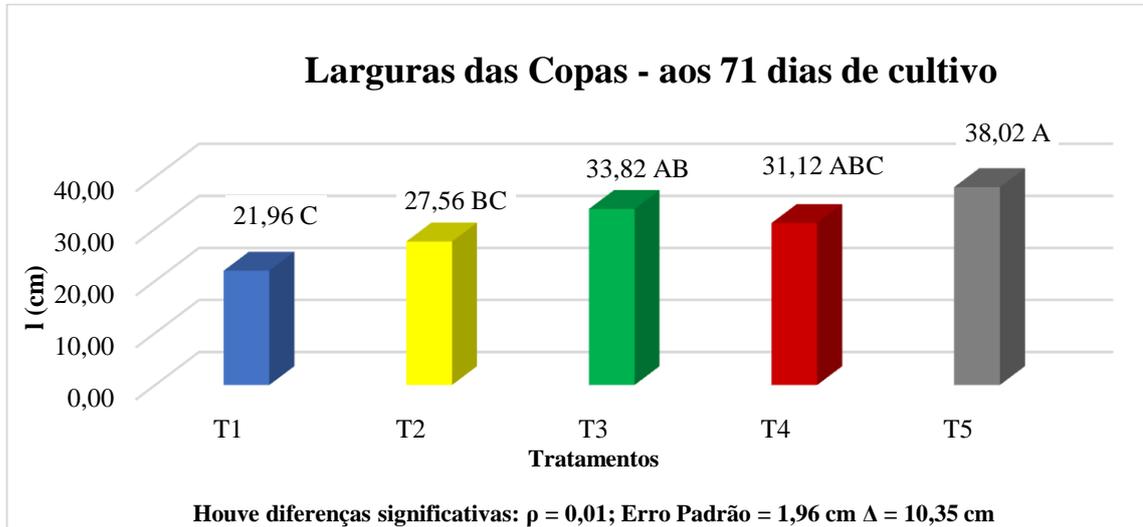


Diferentemente do Manjeriçao italiano, foi possível identificar a partir dos gráficos um aumento linear significativo no crescimento horizontal das plantas de Manjeriçao branco nos cinco tratamentos estudados. Notou-se uma relação direta entre o crescimento horizontal e uso de efluente tratado (E) na irrigação das plantas; visto que todos os tratamentos irrigados com algum percentual do mesmo retornaram as maiores inclinações de retas dos perfis deste parâmetro em comparação com o tratamento de referência (T1).

Houve também uma proporcionalidade entre os percentuais empregados e o crescimento horizontal, tanto que, o tratamento T5, irrigado apenas com E, apresentou a maior inclinação de todas em seu perfil. Os picos de crescimento e decréscimo desses perfis se deram pelas podas efetuadas após as medidas do DAT anterior.

Com base nesses dados, foi elaborada a análise das larguras médias das copas das plantas de Manjerição branco submetidas aos tratamentos estudados, como mostrado no gráfico 31:

**Gráfico 31.** Análise estatística relativa à largura média das copas das plantas de Manjerição branco.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferenç  mínima significativa.

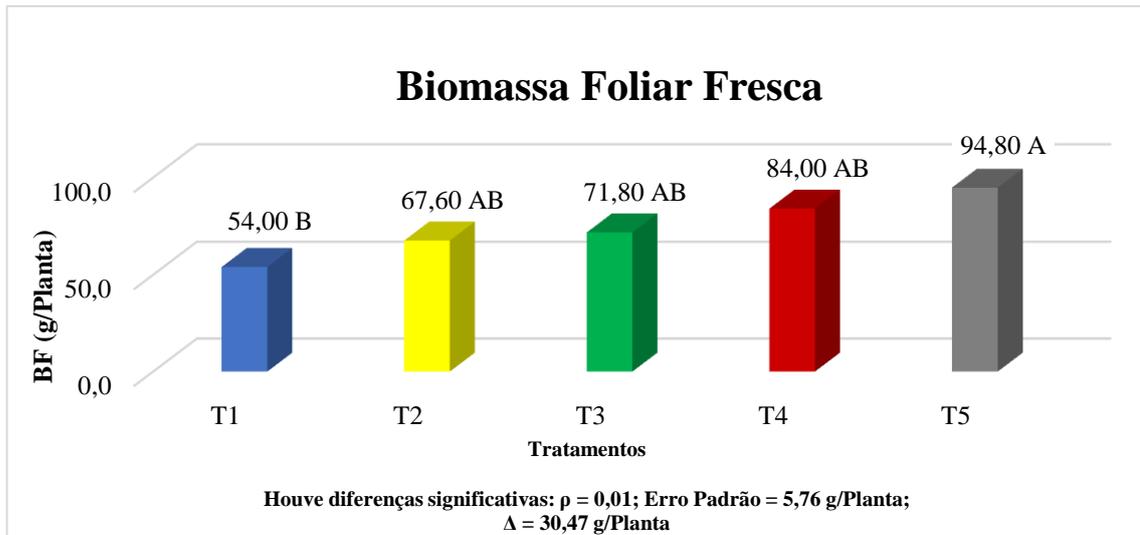
Com base nesses resultados, foi observado que as plantas do tratamento T5 obtiveram valores de largura média, significativamente mais expressivos do que as submetidas aos tratamentos T1 e T2. O tratamento T3 também foi significativamente melhor nesse parâmetro de produtividade do que o T1, mas não diferiu dos demais.

Logo,   possível afirmar que o uso do efluente proporcionou um maior desenvolvimento horizontal dos vegetais a ele submetidos e, portanto, o aumento da área da massa foliar, expresso pelo número de folhas. Como já foi discutido anteriormente, acredita-se que o teor de nutrientes do efluente, tais como N e P, que estão diretamente relacionados à produção de biomassa vegetal (MAPELI *et al.*, 2005), também tenha influenciado positivamente no aumento da área foliar das plantas do Manjerição branco.

#### 5.4.2 Biomassas frescas e secas do Manjerição branco

Com os valores do peso da biomassa fresca (BF), foram estimados os pesos médios de BF, analisadas pelo *Tukey Test* (1% de probabilidade), mostradas adiante no gráfico 32:

**Gráfico 32.** Análise estatística relativa à biomassa foliar fresca média das plantas de Manjeriçã branco.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Com base nessa análise, foi possível observar que o tratamento T5 diferiu significativamente do tratamento T1 nesse parâmetro, e que não diferiu dos demais. Logo, entende-se que o uso do efluente em todas as proporções testadas resultou no aumento da biomassa fresca das plantas. Essa mesma proporcionalidade foi verificada nos resultados do cultivo do Manjeriçã italiano; mas, para o Manjeriçã branco, notou-se uma linearidade dos valores mais coerente com as condições nutricionais fornecidas por tratamento.

Isso se deve provavelmente pela escolha do período de colheita da segunda etapa, visto que o único tratamento que deu início ao florescimento foi o T5 na data do encerramento. A partir da fotografia 10 a seguir, é possível observar visualmente as diferenças significativas entre T5 e T1 quanto à altura, largura das copas, número de folhas e volume de biomassa seca.

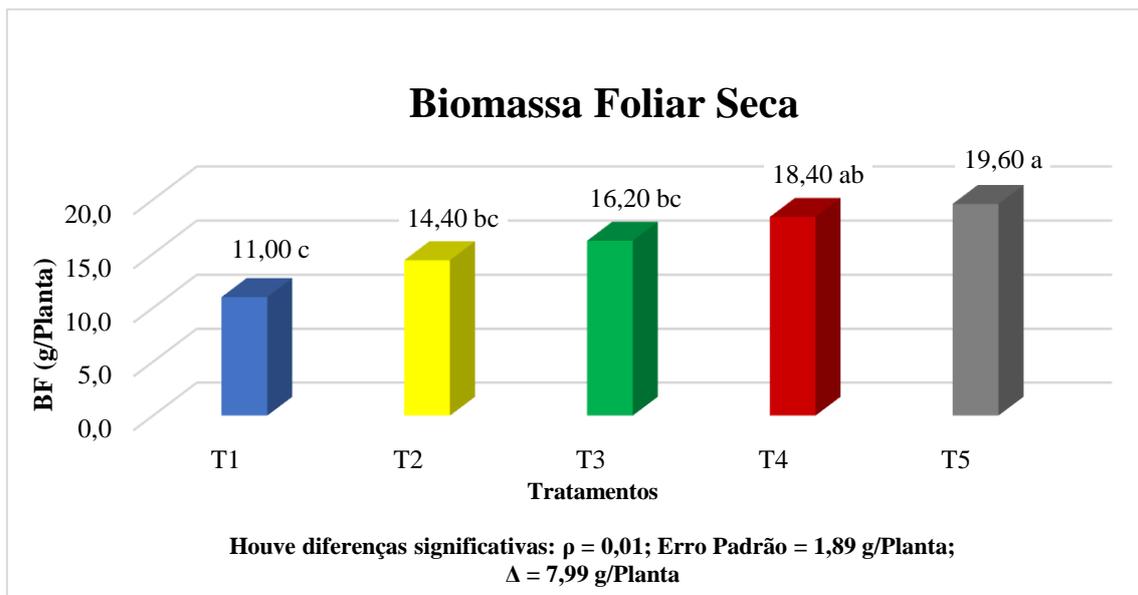
**Fotografia 10.** Plantas de Manjerição branco submetidos aos tratamentos T5 (A) e T1 (B) no 71o DAT.



Fonte: Autora (2018).

Ao final das pesagens, a BF foi posta para secar em estufa aerada a 40o, até peso constante, e foram novamente pesadas para a obtenção dos valores de biomassa seca (BS). Posteriormente, as médias dos valores de BS foram estimadas e analisadas pelo *Tukey Test* (1% de probabilidade), como disposto no gráfico 33:

**Gráfico 33.** Análise estatística relativa à biomassa foliar seca média das plantas de Manjerição branco.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Com relação a esse parâmetro, o tratamento T5 se sobressaiu em relação aos três dos quatro demais tratamentos (T1, T2 e T3), retornando o maior valor médio quanto à BS para esse cultivo.

Mapeli *et al.* (2005) apontam em seu estudo que, normalmente, a produção de biomassa é diretamente proporcional ao teor de N e P fornecidos às plantas ao longo do cultivo. Desse modo, os autores corroboram com os resultados aqui obtidos para as BF e BS do Manjeriçãõ branco, as quais aumentaram proporcionalmente ao aumento das proporções de efluente utilizado na irrigação.

### 5.5 Pragas incidentes no cultivo do Manjeriçãõ branco

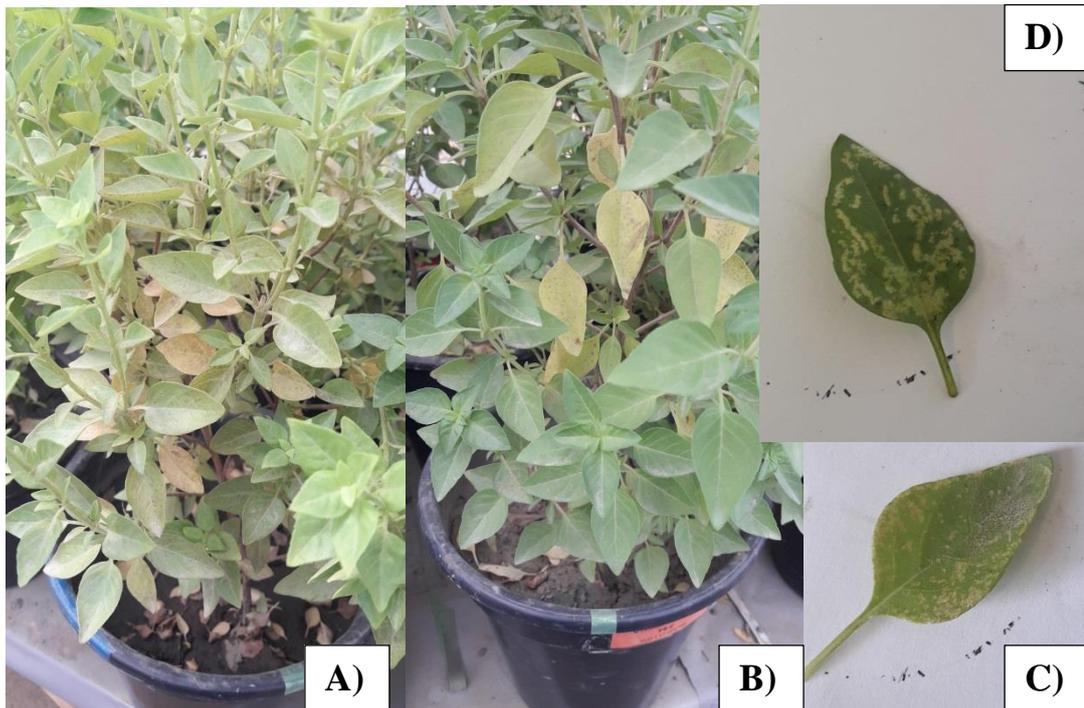
No segundo cultivo, foi também identificada a presença de moscas brancas (*Bemisia argentifolii*), moscas minadoras (*Liriomyza huidobrensis*) e suas larvas. Porém, nenhum ataque de gafanhotos, lagartas ou tripses foi registrado. No entanto, uma nova praga surgiu nesse segundo cultivo, os afídeos (*Aphidoidea*), também conhecidos como pulgões. Os efeitos de cada uma dessas pragas nas plantas de Manjeriçãõ branco, os tratamentos acometidos e o tempo de incidência estão discriminados a seguir (Tabela 5):

**Tabela 5. Relação das pragas identificadas, dos efeitos provocados, dos tratamentos acometidos e do tempo de incidência nas plantas de Manjeriçãõ branco.**

Pragas	Efeitos provocados	Tratamentos encontrados e Tempo de incidência
Moscas brancas ( <i>Bemisia argentifolii</i> )	Destruição do tecido vegetal e secagem parcial ou total das folhas	T1, T2, T3, T4 <b>19° - 71° DAT</b>
Moscas minadoras ( <i>Liriomyza huidobrensis</i> )/ larvas minadoras	Redução parcial da massa foliar através da destruição dos tecidos vegetais	T1, T2, T3, T4 <b>25° - 71° DAT</b>
Afídeos/Pulgões ( <i>Aphidoidea</i> )	Perda do vigor das folhas	T1, T2, T3, T4 <b>43° - 71° DAT</b>

Para as plantas de Manjeriçãõ branco, observou-se que a ação dessas pragas incidentes pode ter provocado redução nos parâmetros de produtividade obtidos em alguns dos tratamentos. Seguem os registros fotográficos realizados que exemplificam tais casos (fotografias 11 e 12):

**Fotografia 11.** Efeitos causados pelas pragas incidentes em T1(A), T4 (B) e folhas de T2 (C) e T3 (D).



Fonte: Autora (2018).

**Fotografia 12.** Afídeos presentes em uma das plantas de Manjeriço branco podadas (tratamento T3).



Fonte: Autora (2018).

Os registros evidenciaram que as perdas de biomassa foram consideráveis, principalmente nas plantas submetidas ao tratamento T1 e T3, pois essa última foi a mais atacada pelos afídeos. Observou-se que, dentre os tratamentos T1 ao T4, as plantas do

tratamento T2 foram as que menos sofreram ataques ao longo do cultivo e, por esse motivo, acredita-se que não houve perdas significativas de biomassa para esse caso.

Assim como no cultivo do Manjeriçã italiano, não foi registrada nenhuma incidência dessas ou de outras pragas nas plantas de Manjeriçã branco submetidas ao tratamento T5; possivelmente evitadas em função da ação dos mecanismos de defesa descritos pela teoria da trofobiose tratada anteriormente (CHABOUSSOU, 2006).

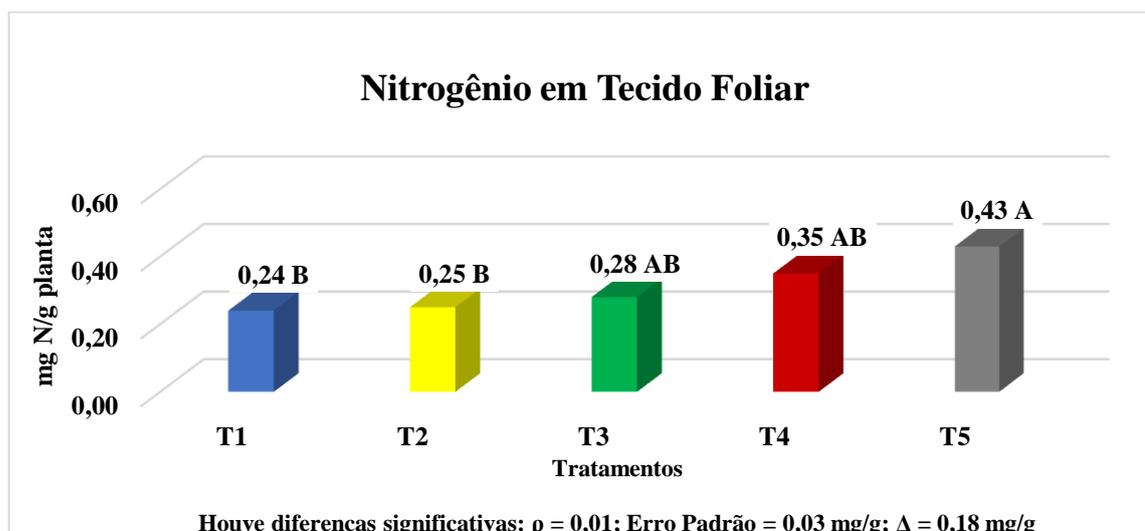
## 5.6 Análises de Nutrientes dos tecidos foliares do Manjeriçã branco

Quanto às análises de nutrientes dos tecidos foliares do Manjeriçã branco, procedeu-se da mesma maneira do cultivo anterior na quantificação dos teores de nitrogênio total (N-total), proteína bruta (PB), fósforo (P) e potássio (K). Os resultados obtidos estão discutidos nos tópicos seguintes.

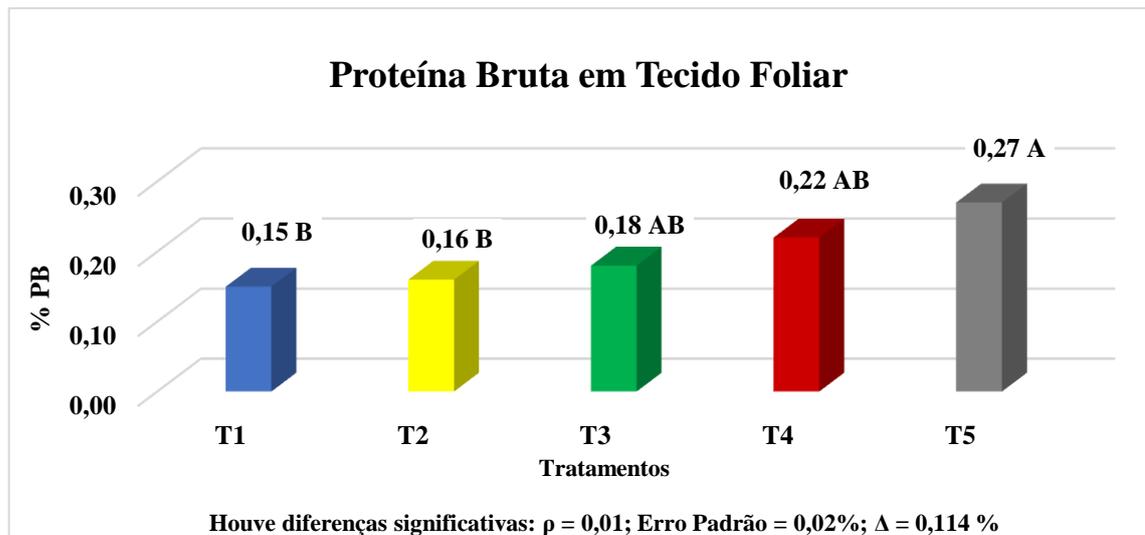
### 5.6.1 Teores de Nitrogênio Total (N-total) e Proteína Bruta (PB)

Os teores médios de N-total e PB estão respectivamente apresentados nos gráficos 34 e 35:

**Gráfico 34.** Teores médios de N-total nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã branco.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

**Gráfico 35.** Teores de PB nos tecidos foliares das plantas de Manjerição branco.

Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

No segundo plantio, observou-se através do gráfico que o tratamento T5 também obteve o maior valor de N-total e PB dentre todos os tratamentos estudados, e diferiu significativamente dos tratamentos T1 e T2, nos dois parâmetros. Esse comportamento indicou que o uso do efluente na irrigação das plantas de Manjerição branco também provocou um aumento significativo nos valores desses dois teores, assim como no Manjerição italiano.

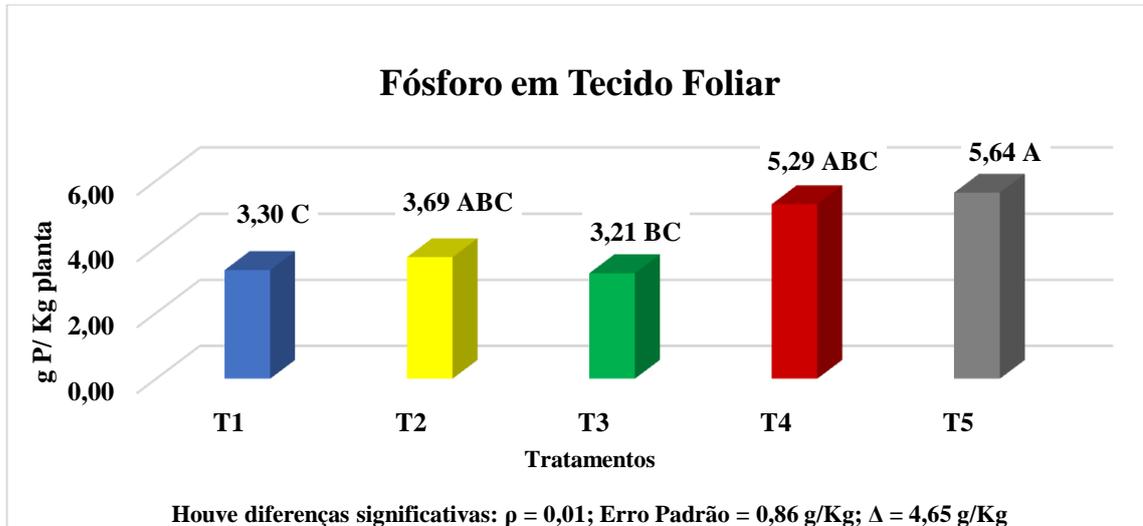
No entanto, para o segundo cultivo, a proporcionalidade entre os teores de N-total e PB, e a proporção de efluente utilizado foi mantida na ordem direta; diferentemente do primeiro cultivo, onde os valores obtidos em T4 romperam com essa linearidade dos resultados.

Esses resultados estão intimamente ligados aos parâmetros de produtividade obtidos para o Manjerição branco (altura, largura das copas, BF e BS), e explicam as tendências observadas; uma vez que, como discutido anteriormente, maiores valores de N fornecidos – e assimilados pelos vegetais – implicam no aumento da massa foliar como um todo. Desse modo, como foi obtido o maior valor de N-total para o tratamento T5,   justificável que o mesmo tenha apresentado também os maiores valores dos parâmetros de produtividade analisados.

### 5.6.2 Teores de Fósforo (P)

A análise estatística dos teores médios de P contidos no tecido foliar das plantas de Manjerição, essa realizada pelo *Tukey Test* (1% de probabilidade), estão apresentadas no gráfico 36:

**Gráfico 36.** Teores médios de P nos tecidos foliares das plantas de Manjerição branco.

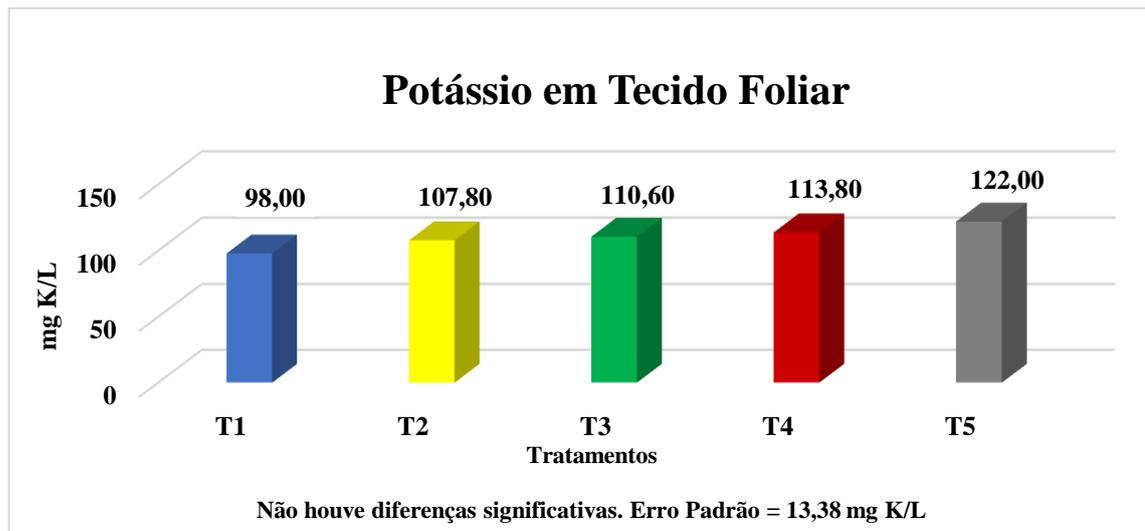


Legenda:  $p$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Diante desses resultados, observou-se que o tratamento T5 obteve o maior valor de P no tecido foliar de suas plantas; o qual diferiu significativamente dos tratamentos T1 e T3.

### 5.6.3 Teores de Potássio (K)

Através da obtenção dos valores médios de K no tecido foliar das plantas de Manjerição branco (gráfico 37), observou-se que o tratamento T5 resultou no maior teor desse macronutriente, em relação aos demais tratamentos. No entanto, assim como ocorreu no primeiro cultivo, essa diferença não foi relativamente significativa dentre os tratamentos estudados; o que mostra que o uso de maior volume de E auxiliou no aumento linear de K nos tecidos foliares das plantas, mas de forma menos expressiva.

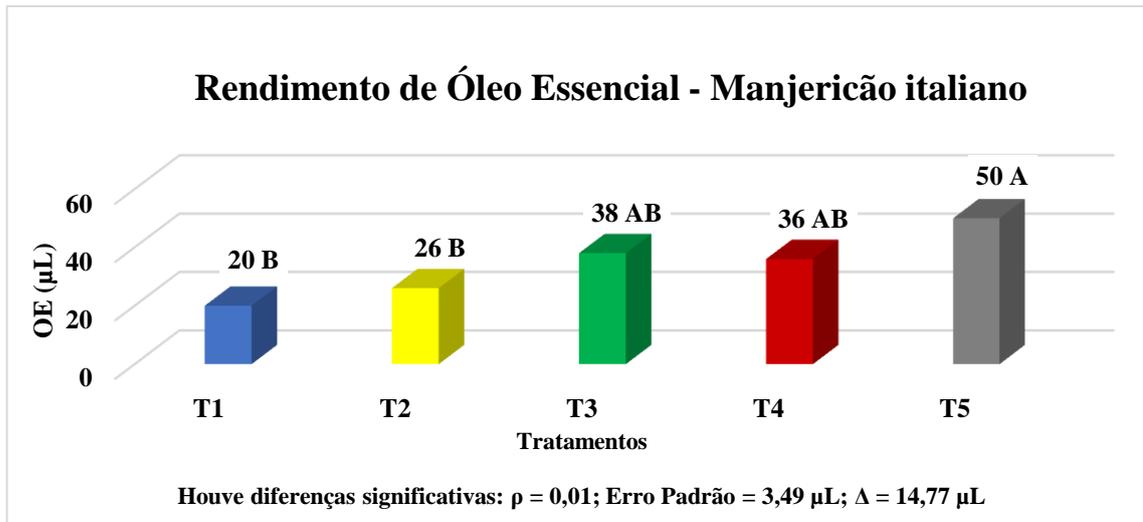
**Gráfico 37.** Teores médios de K nos tecidos foliares das plantas de Manjeriçã branco.

De qualquer modo, entende-se que esse resultado foi satisfatório para as plantas submetidas à irrigação com maiores percentuais do efluente tratado, já que, como exposto anteriormente, o K ativa as enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese e resulta em plantas mais saudáveis e estáveis (ARAÚJO, 2011); assim como foi observado no uso do efluente nos maiores percentuais testados (75% e 100%).

### 5.7 Análise de Rendimento de OE nos cultivos do Manjeriçã italiano e Manjeriçã branco

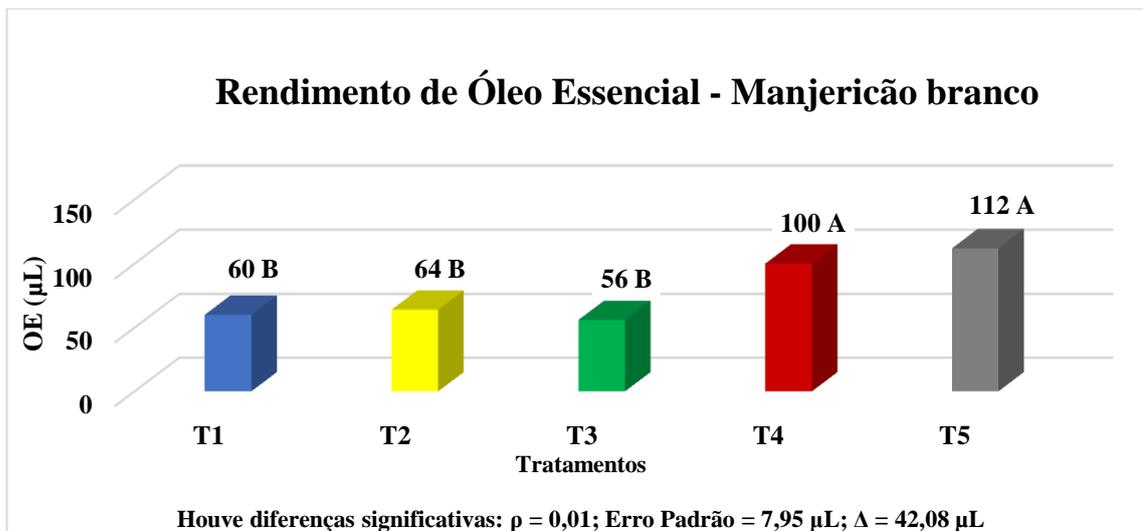
Após a obtenção dos OE das variedades italiana e comum do Manjeriçã, foi realizado o tratamento estatístico com os dados de volume de óleo em cada situação pelo *Tukey Test* (1% de probabilidade), o qual retornou os respectivos rendimentos médios de OE por planta submetida a cada um dos cinco tratamentos, expostos nos gráficos 38 e 39, respectivamente.

**Gráfico 38.** Rendimento médio de OE por planta de Manjericão italiano em cada tratamento.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

**Gráfico 39.** Rendimento médio de OE por planta de Manjericão branco em cada tratamento.



Legenda:  $\rho$  – nível de significância;  $\Delta$  – diferença mínima significativa.

Analisando tais perfis de rendimento médio, observou-se que, nos dois cultivos, as plantas submetidas ao tratamento T5 obtiveram os maiores rendimentos de OE dentre os demais. No cultivo do Manjericão italiano, T5 diferiu significativamente dos tratamentos em que se utilizaram os maiores percentuais de água de abastecimento na irrigação (T1 e T2). Já no cultivo do Manjericão branco, T4 e T5 expressaram os melhores valores de rendimento, e também diferiram significativamente dos tratamentos com maior proporção de água de abastecimento, incluindo também o T3.

Os óleos essenciais são a forma mais concentrada de energia vegetal. São substâncias orgânicas e naturais, produzidas em glândulas, a partir dos açúcares resultantes da fotossíntese. Esses óleos são armazenados dentro de estruturas secretoras microscópicas localizadas em diversas partes do vegetal, como discorrido anteriormente (WOLFFENBÜTTEL, 2007).

A produção de OE é dependente da fisiologia de toda planta, particularmente do estado de desenvolvimento da síntese de tecidos e dos processos metabólicos (TAWFEEQ *et al.*, 2016). A síntese de metabólitos secundários em plantas que produzem OE e compostos fenólicos está relacionada a fases fenológicas específicas (como florescimento e período de colheita) ou a condições ambientais de cultivo (estresse hídrico, adubação, condições de luz) (FIGUEIREDO *et al.*, 2008; SANGWAN *et al.*, 2001). Alguns autores relatam que a produção de OE por plantas aromáticas é afetada, principalmente, por fatores ambientais, incluindo N, P e a frequência de irrigação (RIOBA *et al.*, 2015).

Esses resultados indicaram que o uso do efluente interferiu positivamente no objetivo principal desse estudo, o rendimento do OE obtido. Essa tendência pode novamente ser explicada pela riqueza de macro e micronutrientes encontrada no efluente, como apontado anteriormente. Alguns estudos têm relatado que a disponibilidade de nutrientes, como N, P e K, pode aumentar o rendimento dos OE nas plantas; no entanto, o efeito desses nutrientes sobre a produção varia entre espécies de planta e condições ambientais (BISTGANI *et al.*, 2018; ONOFREI *et al.*, 2018).

A maior disponibilidade de N, P e K; macronutrientes vitais para o crescimento e desenvolvimento saudável dos vegetais, possibilitou também o aumento da concentração de OE nas plantas conforme o percentual de efluente utilizado. Em sua pesquisa, Vilanova *et al.* (2018) também constataram que o fornecimento de maiores níveis de N para as plantas de *Ocimum gratissimum* L. melhorou o crescimento e aumentou a produção de OE das mesmas.

N, P e K têm um papel importante na biossíntese de OE. Aplicações de N geralmente aumentam o rendimento de OE em plantas aromáticas, por intensificar as produções de biomassa por unidade de área, desenvolvimento de área foliar e a taxa fotossintética e eficiência no uso da radiação solar (CHEN *et al.*, 2016; SHI *et al.*, 2016; KHAN *et al.*, 2017). Além disso, o N é o principal componente da ribulose e de outras enzimas e estruturas fotossintéticas (SUN *et al.*, 2016; ZHONG *et al.*, 2017).

O P é um constituinte de algumas coenzimas importantes, como ATP, NADPH e coenzimas A, que têm uma função importante na biossíntese de terpenoides (SELL, 2003). Segundo El-Din Ezz *et al.* (2010), K é um nutriente essencial para as plantas; e tem sido alvo de alguns pesquisadores, principalmente porque é essencial para a ativação enzimática, como a enzima da síntese de óleo volátil (EL GENDY *et al.*, 2015). Nurzyńska-Wierdak e Borowski (2011) também obtiveram aumentos no rendimento do OE do Manjericão com o aumento da taxa de K fornecido a esses vegetais.

A respeito da adubação ou fertirrigação orgânica, Bensabah *et al.* (2015) relataram que águas residuais urbanas tratadas têm um efeito benéfico às plantas e podem aumentar a produção de OE em ervas aromáticas, devido à riqueza de nutrientes e elementos traços que podem ser aproveitados, levando a um aumento da produtividade das culturas. Entretanto, as respostas da produção de OE a esse tipo de manejo de nutrientes podem refletir dentro de uma mesma espécie e entre espécies.

Sobre esse assunto, Bistgani *et al.* (2018) relataram que a aplicação de uma mistura de fertilizantes (esterco; húmus de minhoca; N, P e K) aumentou significativamente a produção de OE em 39,61% e 68,62%, respectivamente no primeiro e segundo ano de cultivo de tomilho (*Thyme daenensis Celax*). Ashraf *et al.* (2006) afirmaram que o rendimento de OE das sementes de cominho preto não variou com o aumento da dosagem de N. Bensabah *et al.* (2015) concluíram que a irrigação com a água residual urbana causou um efeito benéfico na produção de OE de lucia-lima (*Lipria citriodora*). A síntese de OE em Manjericão doce também foi estimulada por fertilizantes biológicos. De acordo com Burducea *et al.* (2018), no primeiro ano de cultivo do Manjericão, a produção de OE em variou de 1 a 1,3%.

Tais relatos corroboram com os resultados aqui obtidos, os que legitimam o uso de efluente tratado na irrigação de *O. basilicum* e *O. basilicum L.* para aumentar a produção do OE.

## 6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesse trabalho, foi possível concluir que é bastante viável o uso do efluente doméstico tratado na substituição total ou parcial da água de abastecimento enquanto fonte de irrigação com a finalidade de aumentar o rendimento do óleo essencial das duas variedades de Manjeriço testadas (*O. basilicum* e *O. basilicum L.*). Aqui, concluiu-se que, no geral, a produção de óleo essencial de ambas as variedades foi significativamente favorecida conforme o aumento das proporções de efluente, o que provou sua influência positiva na obtenção desse produto natural valioso.

Dentre os macronutrientes analisados, acredita-se que, no cultivo do Manjeriço italiano, o nitrogênio foi o maior responsável pelo aumento desse rendimento nas plantas irrigadas parcial ou totalmente com o efluente tratado; já que foi o único que apresentou diferenças significativas em seus níveis dentro dos tratamentos estudados. É possível que, pelo fato de ter provocado o aumento da biomassa final, o nitrogênio foi capaz de aumentar o volume de óleo essencial disponível para extração, uma vez que estes fatores são diretamente proporcionais.

Além disso, o uso do efluente proporcionou melhoramentos significativos nas alturas, biomassas frescas e secas, e nos teores de nitrogênio total e proteína bruta de todas as plantas do Manjeriço italiano a ele submetidas, se comparados ao tratamento de referência. Outro benefício observado foi a antecipação do período de florescimento em T4, e a imunidade quanto aos ataques de pragas em T5, fatores muito interessantes para cultivos com finalidades comerciais.

Para o Manjeriço branco, acredita-se que houve uma maior contribuição tanto do nitrogênio como também do fósforo no aumento do rendimento do seu respectivo óleo essencial. Nas plantas submetidas exclusivamente à irrigação com efluente tratado (T5), praticamente todos os teores de absorção de nutrientes analisados nos tecidos foliares foram significativamente superiores aos tratamentos com maiores percentuais de água de abastecimento (T1 e T2), exceto para o potássio.

De modo geral, praticamente todos os parâmetros de produtividade analisados também foram satisfatoriamente incrementados através do efluente em sua plena utilização para o Manjeriço branco; feito atribuído justamente ao aporte nutricional fornecido pelo efluente tratado, que resultou em plantas bioquimicamente equilibradas e, conseqüentemente, mais produtivas quanto aos óleos essenciais.

Contudo, ainda se faz necessário aprofundar os estudos nessa área de modo a otimizar as técnicas de reuso para tais cultivares, bem como abrir caminho para pesquisas futuras envolvendo outras espécies vegetais. Outro ponto a ser trabalhado também está nas análises mais completas dos óleos obtidos para avaliar a sua qualidade, e assim entender quais as possibilidades de uso dentro dos setores industriais de interesse.

## REFERÊNCIAS

- ALMASSY JÚNIOR, A.A.; LOPES, R.C.; ARMOND, C.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Folhas de Chá - Plantas Medicinais na Terapêutica Humana**. Viçosa: UFV, 2005, 233p.
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington D.C, 22<sup>a</sup> ed., 2012.
- ARAÚJO, J. C. **Produtividade e aspectos nutricionais da cultura do alho vernalizado**. Tese de Doutorado (Agronomia), Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia. Lavras (MG), 2014, 165 p.
- ASHRAF, M., QASIM, A. AND ZAFAR, I. **Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds**. Journal of the Science of Food and Agriculture, n. 86, 2006, p. 871–876. DOI: 10.1002/jsfa.2426
- BENSABAH, F.; LAMIRI, A.; NAJA, J. **Effect of purified wastewater from the city of Settat (Morocco) on the quality of *Lippia citriodora* essential oil and infusion**. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, n. 14, 2015, p. 101–108.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises Químicas e Bioquímicas em Plantas**. Recife (PE): UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011, 261p.
- BISTGANI, Z. E.; SIADAT, S. A.; BAKHSHANDEH, A.; PIRBALOUTI, A. G.; HASHEMI, M.; MAGGI, F.; MORSHEDLOO, M. R. **Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak**. *Industrial Crops & Products*, n. 121, 2018, p. 434–440.
- BIZZO, H. R. **ÓLEOS ESSENCIAIS: uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil**. Revista A Lavoura, n. 699, 2013, p. 48-50.
- BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS NETO, A. L.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. **Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de Manjerição e alfavaca**. Brasília (DF): Revista Horticultura Brasileira, v. 22, n. 1, 2004, p. 113-116.

BOZIN, B.; MIMICA-DUKIC, N.; SIMIN, N.; ANACKOV, G. **Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae species and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils.** *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 54, 2006, p. 1822-1828.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 12/03/2018, 19:43.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 12/03/2018, 19:15.

BRASIL, Senado Federal. **Escassez de água: Cada gota é preciosa.** Brasília (DF): Revista Em Discussão, ano 5, n. 23, 2014.

BURDUCEA, M.; ZHELJAZKOV, V.D.; DINCHEVA, I.; LOBIUC, A.; TELIBAN, G. C.; STOLERU, V.; ZAMFIRACHE, M. M. **Fertilization modifies the essential oil and physiology of basil varieties.** *Industrial Crops & Products*, n. 121, 2018, p. 282–293. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.05.021.

CAMPOS, N. **Aprendendo com a Mãe Terra: Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares.** São Paulo (SP): Arte & Ciência, 2006, p. 19-23.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: Novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas – A teoria da trofobiose.** São Paulo (SP): Expressão Popular, 1ª ed., 2006.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; COSTA, A. G.; JESUS, H. C. R.; ALVES, P. B. **Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras.** *Horticultura Brasileira*, v. 31, 2013, p. 297-303.

CHEN, B.; YANG, H.; SONG, W.; LIU, C.; XU, J.; ZHAO, W.; ZHOU, Z. **Effect of N fertilization rate on soil alkali-hydrolyzable N, subtending leaf N concentration, fiber yield, and quality of cotton.** *Crop Journal*, n. 4, 2016, p. 323–330.

Commodity Trade Statistics Database – COMTRADE. **Trade of goods , US\$, HS 1992, 33**

**Essential oils, perfumes, cosmetics, toiletries.** 2005. Disponível em: [http://data.un.org/Data.aspx?q=essential+oil+&d=ComTrade&f=\\_11Code%3a34](http://data.un.org/Data.aspx?q=essential+oil+&d=ComTrade&f=_11Code%3a34). Acesso em: 01/06/2018, 18:33.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas Práticas Agrícolas (BPA) de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares.** Curitiba (PR): EMATER, 1ª ed., Série Informação Técnica n. 88, 2013, 54 p.

COSTA, M. E.; CALDAS, A. V. C.; SOUZA, W. C. M.; GURGEL, M. T.; SILVA, R. M. **Caracterização nutricional da Mangueira “Tommy Atkins” sob adubação potássica.** Mossoró (RN): Revista Verde, v.6, n.2, 2011, p. 125-130.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas.** In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F, CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo.** Viçosa (MG): Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1ª ed., 2007, p. 91-132.

EL GENDY, A. G.; EL GOHARY, A. E.; OMER, E. A.; HENDAWY, S. F.; HUSSEIN, M. S.; PETROVA, V.; STANCHEVA, I. **Effect of nitrogen and potassium fertilizer on herbage and oil yield of chervil plant (*Anthriscus cerefolium* L.).** Industrial Crops and Products, n. 69, 2015, p. 167–174.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro (RJ): EMBRAPA-SPI, 2ª ed., 2006.

FAVORITO, P. A.; ECHER, M. M.; OFFEMANN, L. C.; SCHLINDWEIN, M. D.; COLOMBARE, L. F.; SCHINEIDER, R. P.; HACHMANN, T. L. **Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas.** Botucatu (SP): Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 13, ed. especial, 2011, p. 582-586.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura** – 3. ed. Viçosa: UFV. 2008. 421p.

FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L. G.; SCHEFFER, J. C. **Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils.** Flavour and Fragrance Journal, n. 23, 2008, p. 213–226.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L., ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. **Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada.** Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 10, 2012, p.1031–1039.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. **Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar.** Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 7, 2013, p.727-734.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários.** Química Nova, v. 30, n. 2, 2007, p. 374-381.

HENZ, F. M.; PAULA, L. R.; NEVES, M. I. R.; RIBEIRO, N. T.; BORTOLINI, J. **Reuso da água para fins agrícolas.** Cascavel (PR): Anais da X SEAGRO - Agronomia - FAG, 2016, p. 138-141.

JANNUZZI, H. **Rendimento e Caracterização Química do Óleo Essencial de Genótipos de Manjeriço (*Ocimum Basilicum L.*) no Distrito Federal.** Tese de Doutorado (Agronomia), Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Brasília (DF), 2013, 84 p.

KHAN, S.; ANWAR, S.; KUAI, J.; ULLAH, S.; FAHAD, S.; ZHOU, G. **Optimization of nitrogen rate and planting density for improving yield, nitrogen use efficiency, and lodging resistance in oilseed rape.** Frontiers in Plant Science, n. 8, 2017, p. 1–9.

KLIEBENSTEIN, D. J. **Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through Arabidopsis thaliana tinted glasses.** Plant, Cell and Environment, v. 27, 2004, p. 675-684.

LAWLESS, J. **The encyclopedia of essential oils.** San Francisco: Conari Press, 2013, p. 10.

LAWRENCE, B. M. **A Further Examination of the Variation of *Ocimum basilicum L.*** Developments in Food Science, v. 18, 1988, p. 161-170. *In:* MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; GIOVANELLI, E. **Differences in Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum L.*) Italian Cultivars Related to Morphological Characteristics.** Bologna, Italy: Journal Agric. Food Chem., v. 44, 1996, p. 3926–3929.

LISPECTOR, C. **A hora da estrela**. Rio de Janeiro: Rocco, 1998, p. 8.

MAKRI, O.; KINTZIOS, S. ***Ocimum sp.* (Basil): Botany, Cultivation, Pharmaceutical Properties, and Biotechnology**. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, v. 13, n. 3, 2007, p. 124-125.

MAPELI, N. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA Z., N. A.; SIQUEIRA, J. M. **Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, 2005, p. 32-37.

MARQUES, P. A. A.; JOSE, J. V.; SOARES, D. A.; ROCHA, H. S.; DUARTE, S. N. **Teores de nutrientes em folhas de manjeriço sob doses de potássio em colheitas sucessiva**. Revista de Agricultura, v. 90, n. 3, 2015, p. 199-216.

MARTINS, A. G. L. A.; NASCIMENTO, A. R.; FILHO, J. E. M.; FILHO, N. E. M.; 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**. Revista Ciência Rural, v. 40, 2010, p. 1791-1796.

MARTINS, R. C. **Óleo Essencial de *Ocimum basilicum L.* para Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)**. Monografia (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia (MG), 2016, 24 p.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais - guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. Fortaleza (CE): Rev. Imprensa Universitária/UFC, 2000, 344 p.

\_\_\_\_\_. **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades**. Fortaleza (CE): UFC, 4ª ed., 2002, 267 p.

MAZID, M.; KHAN, T. A.; MOHAMMAD, F. **Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants**. Biology and Medicine, v. 3, n. 2, 2011, p. 232-249.

MELO, B. **País lucra com óleos essenciais**. São Paulo (SP): O Estado de S. Paulo (Agrícola), nov./2005. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/namidia/noticia/5178/pais-lucra-oleos-essenciais/>. Acesso em: 05/05/2018, 19:37.

MILITÃO, F. L.; FURLAN, M. R. **Alimento Funcional Através do Uso de *Ocimum Basilicum L.* (Manjericão) como Aromatizante e Tempero.** Rev. Acadêmica Oswaldo Cruz, ano 1, n. 4, 2014.

MINAMI, K.; SUGUINO, E.; MELLO, S. C.; WATANABE, A. T. **A cultura do manjericão.** Piracicaba: ESALQ - Divisão de biblioteca e documentação, Série Produtor Rural, n. 36, 2007, 25p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. **Análises químicas de tecido vegetal.** In: SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999, p.171-223.

MORAIS, T. P. S. **Produção e composição do óleo essencial de manjericão (*Ocimum basilicum L.*) sob doses de cama de frango.** Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia (MG), 2006, 50 p.

OLIVEIRA, A. S. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesados.** Dissertação (Mestrado em Enfermagem), Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto (SP), 2006, 162 p.

ONOFREI, V.; BENCHENNOUF, A.; JANCHEVA, M.; LOUPASSAKI, S.; OUARET, W.; BURDUCEA, M.; LOBIUC, A.; TELIBAN, G.C.; ROBU, T. **Ecological foliar fertilization effects on essential oil composition of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) cultivated in a field system.** Scientia Horticulturae, n. 239, 2018, p. 104–113.

OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SAUCIER, L.; LACROIX, M. **Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*.** Food Control, v. 18, n. 5, 2007, p. 414-420.

PALARETTI, L.F.; DALRI, A.B.; DANTAS, G.F.; FARIA, R.T.; SANTOS, W.F.; DOS SANTOS, M.G. **Produtividade Do Manjericão (*Ocimum Basilicum L.*) Fertirrigado**

**Utilizando Vinhaça Concentrada.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.9, n. 5, 2015, p. 326 - 334.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. **Manjerição: Cultivo e Utiliza o.** Embrapa Agroindústria Tropical. Fortaleza, CE, 2011, 31 p.

RIBEIRO, D. A.; MACÊDO, D. G.; OLIVEIRA, L. G. S.; SARAIVA, M. E.; OLIVEIRA, S. F.; SOUZA, M. M. A.; MENEZES, I. R. A. **Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v. 16, n. 4, 2014, p.912-930.

RIOBA, N. B.; ITULYA, F. M.; SAIDI, M.; DUDAI, N.; BERNSTEIN, N. **Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.).** Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, n. 2, 2015, p. 21–29.

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O.; BARROS, F. M. **Reuso de águas residuárias na agricultura: A experiência israelense e brasileira.** Goi nia (GO): Enciclop dia Biosfera, v. 6, n. 11, 2010, p. 1-9.

RODRIGUES, V. G. S.; GONZAGA, D. S. O. M. **Manjerição (*Ocimum basilicum* L.).** Porto Velho: Embrapa Rondônia, Série Plantas Medicinais, n. 10, 2001.

RUSSO, M.; HONERMEIER, B. **Effect of shading on leaf yield, plant parameters, and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.).** Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, v. 7, 2017, p. 27–34.

SANGWAN, N. S.; FAROOQI, A. H. A.; SHABIH, F.; SANGWAN, R. S. **Regulation of essential oil production in plants.** Plant Growth Regulation, n. 34, 2001, p. 3–21.

SAKURAI, F. N.; ESTRELA, K. C. A.; TAMAYO, M. S.; CASSEB, M. O.; NAKASATO, M. **Caracteriza o das propriedades funcionais das ervas aromáticas utilizadas em um hospital especializado em cardiopneumologia.** Demetra; v. 11, n. 4, 2016, p. 1097-1113.

SANTANA, D. C.; SOUZA, T. S.; PIERRO, P. C. C.; AMARAL, A. A. **Uso de plantas medicinais na cria o animal.** Goiânia (GO): Enciclopédia Biosfera, v. 11, n. 22, 2015, p. 226-241.

SELL, C. S. **A Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry**. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2003, 432 p.

SHI, D.; LI, Y.; ZHANG, J.; LIU, P.; ZHAO, B.; DONG, S. **Increased plant density and reduced N rate lead to more grain yield and higher resource utilization in summer maize**. *Journal of Integrative Agriculture*, n. 15, 2016, p. 2515–2528.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre (RS): UFRGS; Florianópolis (SC): UFSC, 6ª ed., 2010, 1104 p.

SIMON, J. E.; MORALES, M. R.; PHIPPEN, W. B.; VIEIRA, R. F.; HAO, Z. **Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb**. West Lafayette (IN): Purdue University, 1999, p. 499–505.

SINGH, M.; KHAN, M. M. A.; NAEEM, M. **Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc**. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 15, 2016, p. 171–178.

STEFFENS, A. H. **Estudo da composição química dos óleos essenciais obtidos por destilação por arraste a vapor em escala laboratorial e industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA). Porto Alegre (RS), 2010, 68 p.

SUN, J.; YE, M.; PENG, S.; LI, Y. **Nitrogen can improve the rapid response of photosynthesis to changing irradiance in rice (*Oryza sativa* L.) plants**. *Scientific Reports*, n. 6, 2016, p. 1–10.

TAWFEEQ, A.; CULHAM, A.; DAVIS, F.; REEVES, M. **Does fertilizer type and method of application cause significant differences in essential oil yield and composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)?** *Industrial Crops and Products*, n. 88, 2016, p. 17–22.

TELCI, I.; BAYRAMB, E.; YILMAZA, G.; AVCIB B. **Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.)**. *Biochemical Systematics and Ecology*. v.34, n.6, 2006, p.489-497.

TUNCTURK, R.; TUNCTURK, M.; CIFTCI, V. **The Effects of Varying Nitrogen Doses on Yield and Some Yield Components of Black Cumin (*Nigella Sativa* L.)**. *Advances in Environmental Biology*, v. 6, n. 2, 2012, p. 855-858.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). **Water: a shared responsibility**. Paris (FR): Berghahn Books, 2006, 584 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016 – Água e emprego: Fatos e números**. Perugia (IT): 2016, 12 p.

VILANOVA, C. M.; COELHO, K. P.; LUZ, T. R. S. A.; COUTINHO, D. F.; MOURA, E. G. **Effect of different water application rates and nitrogen fertilisation on growth and essential oil of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.)**. *Industrial Crops & Products*, n. 125, 2018, p.186–197.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico das águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 3ª ed., 2005.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Óleos essenciais**. Informativo CRQ-V ano XI, n. 105, 2007, p. 6-7.

WORLD BANK. **World Development Indicators (WDI)**. 2001. Disponível em: <https://data.worldbank.org/products/wdi>. Acesso em: 09/03/2018, 12:18.

YOKOTA, L. H. T.; IOSSAQUI, C. G.; HOSHINO, E. A.; SOUZA, J. R. P. **Adubação foliar no desenvolvimento e produção de óleo essencial de manjeriço**. Campinas (SP): *Rev. Bras. Pl. Med.* v. 17, n. 4, 2015, p. 975-979.

ZHONG, C.; CAO, X.; HU, J.; ZHU, L.; ZHANG, J.; HUANG, J.; JIN, Q. **Nitrogen metabolism in adaptation of photosynthesis to water stress in rice grown under different nitrogen levels**. *Frontiers in Plant Science*, n. 8. 2017, p. 1–15.