



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO**

Botucatu

2018

MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO EM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO**

Tese apresentada à faculdade de ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientador: Prof. Dr. João Luis Zocoler

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Santos, Marcos Antonio Liodorio dos, 1989-
S237p Produtividade e composição de óleo essencial de coentro em diferentes lâminas de irrigação e texturas de solos / Marcos Antonio Liodorio dos Santos. - Botucatu: [s.n.], 2018
119 p.: fots. color., grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: João Luis Zocoler
Inclui bibliografia

1. Coentro - Irrigação. 2. Eficiência do uso da água. 3. Essências e óleos essenciais. 4. Solos - Textura. I. Zocoler, João Luis. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLOS"

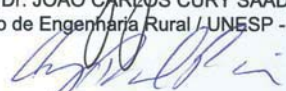
AUTOR: MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS

ORIENTADOR: JOAO LUIS ZOCOLER

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOÃO LUIS ZOCOLER
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. ENZO DAL PAI
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Dra MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES
/ Instituto Agronômico de Campinas


DR ELIANE GOMES FABRI
FITOTÉCNIA E MELHORAMENTO VEGETAL / IAC

Botucatu, 29 de outubro de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais esta grande conquista, dando força e coragem para enfrentar todas as dificuldades e obstáculos nesta jornada de fortalecimento profissional;

Aos meus pais Antonio Liodorio dos Santos e Zailde dos Santos pela ajuda, apoio e amor incondicional oferecido;

As minhas irmãs Alba, Almira e Mailde;

Ao professor e orientador Dr João Luis Zocoler;

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela oportunidade concedida;

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pela disponibilidade na realização das análises de óleo essencial das sementes;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001;

Aos professores que contribuíram para minha formação, em especial aos professores Dr. Lin Chau Ming e Dra Marcia Ortiz Mayo Marques e aos professores Dr. João Carlos Cury Saad e Dr. Rodrigo Máximo S. Román, pelos ensinamentos importantes transmitidos durante o curso de doutorado;

Aos membros da banca de qualificação e defesa desta tese, Dr. João Luis Zocoler, Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, Prof. Dr. Enzo Dal Pai, Profa. Dra. Marcia Ortiz Mayo Marques, Dra. Eliane Gomes Fabri, Prof. Dr. Hélio Grassi Filho, Prof. Dr. Júlio César Thoaldo Romeiro, Profa. Dra. Francisca Franciana Sousa Pereira; Prof. Dr. Edilson Ramos Gomes e Prof. Dr. Rodrigo Máximo S. Román;

À professora Dra. Maria Márcia Pereira Sartori, pela colaboração nas análises estatísticas;

Ao professor Dr. Marcelo Almeida Silva e seu doutorando Breno Kennedy Lima Bezerra pela disponibilização do IRGA;

Ao professor Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim, pelos ensinamentos e disponibilidade na utilização do laboratório de extração de óleo essencial;

A Daniela Matsumoto, funcionário do IAC pela valiosa colaboração na determinação da composição de óleo essencial das sementes;

Ao funcionário da FCA, Gilberto Winckler pela colaboração e ensinamentos durante a montagem e condução do experimento;

Aos funcionários da Biblioteca “Professor Paulo de Carvalho Mattos” pela disponibilidade em me auxiliar sempre que surgiam dúvidas e por fazerem da biblioteca um ambiente agradável e acolhedor;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural; Departamento de Horticultura; Departamento de solos e pós-graduação;

A Dra. Cristiana Araujo Soares pela ajuda nos trabalhos, carinho, companheirismo, amizade e por estar ao meu lado me apoiando;

Ao Amigo e engenheiro agrônomo Me. João Victor Ribeiro da Silva de Souza que contribuiu diretamente na realização deste trabalho;

Aos amigos e membros da Republica Alagoas;

Aos amigos da (FCA/UNESP);

Aos meus amados professores da Universidade Federal Alagoas (UFAL), que foram fundamentais na minha vida acadêmica e pessoal, onde sem eles não estaria conquistando mais esta vitória, meu muito obrigado

A todas as pessoas que tiveram participação na minha vida, fazendo valer tanto.

À empresa Petroisa Irrigação, pela doação dos conectores e das mangueiras.

RESUMO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) tem grande importância econômica tanto no consumo *in natura* como tempero quanto na produção de óleo essencial que possui alto valor agregado. A instabilidade climática e a forma como as diferentes texturas de solo armazenam a água provocam grande oscilação na produção dos cultivos agrícolas tornando o uso da irrigação muito oportuno. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação em diferentes texturas de solo, para produção de óleo essencial de coentro. O projeto foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu/SP (FCA/UNESP). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 15 tratamentos decorrentes da combinação entre 3 texturas de solo e 5 lâminas de irrigação. As texturas de solo utilizadas foram: solo de textura arenosa, solo de textura argilosa e solo de textura média; e as lâminas de irrigação foram: 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ETc. A Evapotranspiração da cultura ETc foi medida utilizando-se lisímetro. As irrigações foram realizadas diariamente utilizando sistema de irrigação via gotejamento, com gotejadores autocompensantes e que possuíam vazão de 2 litros por hora.

Palavras-chave: Deficiência hídrica, lâmina de irrigação, teor de óleo essencial, eficiência no uso da água.

ABSTRACT

The coriander (*Coriandrum sativum* L.) has great economic importance in both in natura and seasoning consumption as in the production of essential oil that has high added value. Climatic instability affects and the way different soil textures store water, causing great oscillation in the production of agricultural crops making the use of irrigation very timely. The objective of this work was to evaluate the influence on the production of coriander oil when submitted to different irrigation slides and in different soil textures. The project was carried out in a greenhouse in the Rural Engineering Department of the Paulista State University, Campus de Botucatu / SP (FCA / UNESP). The experimental design was completely randomized, with 15 treatments resulting from the combination of 3 soil textures and 5 irrigation slides. The soil textures used were: sandy soil, clay texture soil and medium texture soil; and the irrigation slides were: 50%, 75% 100%, 125% and 150% ETc. Evapotranspiration of ETc culture was determined using lysimeter. Irrigations were performed daily using a drip irrigation system, with self-compensating drippers and that had a flow rate of 2 liters per hour.

Keywords: Water deficit, irrigation blade, essential oil content, water use efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Folhas de coentro (A), folhas de salsa (B) e sementes de coentro (C).....	26
Figura 2 –	Curva dos coeficientes de cultura médios e definição dos períodos vegetativos.	30
CAPÍTULO 1	DEMANDA HÍDRICA NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO	
Figura 1 –	Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio).....	36
Figura 2 –	Esquema lisímetro.	37
Figura 3 –	Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento.....	38
Figura 4 –	Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média.....	41
Figura 5 –	Microscópio Biológico BEL Photonics Biovídeo.....	42
Figura 6 –	Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de inverno.....	44
Figura 7 –	Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de verão.....	44
Figura 8 –	Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de inverno.....	45
Figura 9 –	Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de verão.....	45
Figura 10 –	Consumo de água ao longo do ciclo de cultivo na cultura do coentro no período de condução do experimento, no ciclo de inverno.....	47
Figura 11 –	Consumo de água ao longo do ciclo de cultivo na cultura do coentro no período de condução do experimento, no ciclo de verão.....	53

Figura 12 –	Estômatos na fase abaxial, de folhas de coentro submetidos à diferentes níveis de irrigação aos 70 DAS, no ciclo de inverno.....	53
Figura 13 –	Estômatos na fase abaxial, de folhas de coentro submetidos à diferentes níveis de irrigação aos 70 DAS no ciclo de verão.....	54
CAPÍTULO 2 TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “A” NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO		
Figura 1 –	Experimento foi conduzido em casa de vegetação, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu-SP.....	63
Figura 2 –	Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio).....	64
Figura 3 –	Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento.....	65
Figura 4 –	Lisímetros usados para mensuração da evapotranspiração da cultura.....	66
Figura 5 –	Esquema lisímetro.....	67
Figura 6 –	Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média.....	69
Figura 7 –	Avaliação de eficiência fotossintética com - Infra Red Gas Analyse – IRGA, modelo LI-6400, LI-CO.....	71
Figura 8 –	Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de inverno.....	72
Figura 9 –	Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de verão.....	73
Figura 10 –	Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de inverno.....	74
Figura 11 –	Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de verão.....	74

CAPÍTULO 3 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO NO TEOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO

Figura 1 –	Experimento foi conduzido em casa de vegetação, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu-SP.....	90
Figura 2 –	Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio)	91
Figura 3 –	Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média.....	92
Figura 4 –	Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento.....	94
Figura 5 –	Lisímetros que foram usados para a mensuração da evapotranspiração da cultura.....	95
Figura 6 –	Esquema lisímetro.....	96
Figura 7 –	Extração de óleo essencial utilizando clevenger.....	98
Figura 8 –	Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massa (Shimadzu QP-5000)	99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 DEMANDA HÍDRICA NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO

Tabela 1 –	Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	40
Tabela 2 –	Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	41
Tabela 3 –	Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP.....	42
Tabela 4 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável primeira altura de dossel no ciclo de inverno.....	48
Tabela 5 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável primeira altura de dossel no ciclo de verão.....	48
Tabela 6 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável segunda altura de dossel no ciclo de inverno.....	49
Tabela 7 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável segunda altura de dossel no ciclo de verão.....	49
Tabela 8 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável terceira altura de dossel no ciclo de inverno.....	51
Tabela 9 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável terceira altura de dossel no ciclo de verão.....	51
Tabela 10 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável número de estômatos por mm ² no ciclo de inverno.....	55

Tabela 11–	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável número de estômatos por mm ² no ciclo de verão.....	55
Tabela 12 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável massa seca da parte aérea no ciclo de inverno.....	56
Tabela 13 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável massa seca da parte aérea no ciclo de verão.....	57
CAPÍTULO 2 TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “A” NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO		
Tabela 1 –	Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP.....	68
Tabela 2 –	Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	69
Tabela 3 –	Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	69
Tabela 4 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Taxa de assimilação de CO ₂ (em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$) no ciclo de inverno.....	76
Tabela 5 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Taxa de assimilação de CO ₂ (em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$) no ciclo de verão.....	76
Tabela 6 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável condução estomática no ciclo de inverno.....	77
Tabela 7 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável condução estomática no ciclo de verão.....	78

Tabela 8 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável CI no ciclo de inverno.....	79
Tabela 9 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável CI no ciclo de verão.....	79
Tabela 10 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável transpiração no ciclo de inverno.....	80
Tabela 11 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável transpiração no ciclo de verão.....	80
Tabela 12 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável eficiência no uso da água no ciclo de inverno.....	81
Tabela 13 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável eficiência no uso da água no ciclo de verão.....	82
Tabela 14 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Eficiência de carboxilação (A/Ci) no ciclo de inverno.....	82
Tabela 15 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Eficiência de carboxilação no ciclo de verão.....	83
CAPÍTULO 3 INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO NO TEOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO		
Tabela 1 –	Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	92
Tabela 2 –	Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP.....	92
Tabela 3 –	Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP.....	97

Tabela 4 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produção de sementes no ciclo de inverno.....	100
Tabela 5 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produção de sementes no ciclo de verão.....	101
Tabela 6 –	Teor de óleo essencial de sementes de coentro nos ciclos de inverno e verão (%)......	102
Tabela 7 –	Picos e respectivas substâncias de óleo essencial de sementes de coentro nos ciclos de inverno e verão.....	103
Tabela 8 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável concentração de geranial no ciclo de inverno.....	104
Tabela 9 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de N-decanal no ciclo de inverno.....	105
Tabela 10 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de terpinen-4-ol no ciclo de inverno.....	106
Tabela 11 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de terpinoleno produção de sementes no ciclo de verão.....	107
Tabela 12 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de linalol produção de sementes no ciclo de verão.....	108
Tabela 13 –	Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de acetato de geranila produção de sementes no ciclo de verão.....	109

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	23
	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
	Família Umbelliferae.....	24
	<i>Distribuição Geográfica.....</i>	<i>24</i>
	<i>História e origem da cultura.....</i>	<i>25</i>
	Classificação Botânica.....	26
	Importância econômica e propriedades químicas da cultura.....	27
	Cultivo em ambiente protegido.....	28
	Irrigação.....	29
	Solo.....	30
1	CAPÍTULO 1: DEMANDA HÍDRICA NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO.....	32
	RESUMO.....	32
	ABSTRACT.....	33
1.1	INTRODUÇÃO.....	34
1.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
1.2.1	<i>Localização do experimento.....</i>	<i>35</i>
1.2.2	<i>Delineamento experimental.....</i>	<i>35</i>
1.2.3	<i>Irrigação e evapotranspiração.....</i>	<i>37</i>
1.2.4	<i>Semeadura e colheita.....</i>	<i>39</i>
1.2.5	<i>Características do sistema de irrigação.....</i>	<i>39</i>
1.2.6	<i>Características dos solos e qualidade da água.....</i>	<i>40</i>
1.2.7	<i>Altura da planta (cm).....</i>	<i>42</i>
1.2.8	<i>Densidade estomática.....</i>	<i>42</i>
1.2.9	<i>Matéria seca da parte aérea.....</i>	<i>43</i>
1.2.10	<i>Análise estatística.....</i>	<i>43</i>
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
1.3.1	<i>Consumo hídrico da cultura.....</i>	<i>46</i>
1.3.2	<i>Variáveis agrícolas.....</i>	<i>47</i>
1.3.2.1	<i>Altura da planta.....</i>	<i>47</i>

1.3.2.1.1	<i>Primeira avaliação da altura.....</i>	47
1.3.2.1.2	<i>Segunda avaliação da altura.....</i>	49
1.3.2.1.3	<i>Terceira avaliação da altura.....</i>	50
1.3.3	<i>Densidade estomática.....</i>	50
1.3.4	<i>Massa seca da parte aérea.....</i>	53
1.4	CONCLUSÕES.....	57
	AGRADECIMENTOS.....	57
	REFERÊNCIAS.....	57
2	CAPÍTULO 2: TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “A” NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO.....	60
	RESUMO.....	60
	ABSTRACT.....	61
2.1	INTRODUÇÃO.....	62
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
2.2.1	<i>Local e condução do experimento.....</i>	62
2.2.2	<i>Variáveis analisadas.....</i>	70
2.2.3	<i>Análise estatística.....</i>	71
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
2.3.1	<i>Variáveis agrometeorológica.....</i>	72
2.3.1.1	<i>Temperatura.....</i>	72
2.3.1.2	<i>Umidade relativa do ar.....</i>	73
2.3.3	<i>Fotossíntese.....</i>	75
2.3.3.1	<i>Taxa de assimilação de CO₂ (A)</i>	75
2.3.3.2	<i>Condução estomática.....</i>	76
2.3.3.3	<i>Concentração de CO₂ (Ci).....</i>	78
2.3.3.4	<i>Transpiração.....</i>	79
2.3.3.5	<i>Eficiência no uso da água (A/E)</i>	81
2.3.3.6	<i>Eficiência de carboxilação (A/Ci)</i>	82
2.4	CONCLUSÕES.....	83
	AGRADECIMENTOS.....	84
	REFERÊNCIAS.....	84

3	CAPÍTULO 3: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO NO TEOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO.....	87
	RESUMO.....	87
	ABSTRACT.....	87
3.1	INTRODUÇÃO.....	88
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	89
3.2.1	<i>Local e condução do experimento.....</i>	89
3.2.2	<i>Produtividade agrícola.....</i>	97
3.2.3	<i>Teor de óleo essencial.....</i>	97
3.2.4	<i>Composição do óleo essencial.....</i>	98
3.2.5	<i>Análise estatística.....</i>	99
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
3.3.1	<i>Produtividade agrícola da cultura.....</i>	100
3.3.1.1	<i>Produção de sementes.....</i>	100
3.3.1.2	<i>Teor de óleo essencial.....</i>	101
3.3.1.3	<i>Composição química do óleo essencial.....</i>	102
3.3.2	<i>Ciclo de inverno.....</i>	103
3.3.2.1	<i>Geranial (12º pico).....</i>	104
3.3.2.2	<i>N-decanal (11º pico).....</i>	104
3.3.2.3	<i>Terpinen-4-ol (9º pico).....</i>	105
3.3.3	<i>Ciclo de verão.....</i>	106
3.3.3.1	<i>Terpinoleno (6º pico).....</i>	106
3.3.3.2	<i>Linalol (7º pico).....</i>	107
3.3.3.3	<i>Acetato de geranila (16º pico).....</i>	108
3.3.4	<i>Avaliação do óleo essencial nos ciclos de verão e inverno</i>	109
3.4	CONCLUSÕES.....	109
	AGRADECIMENTOS.....	110
	REFERÊNCIAS.....	110
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
	REFERÊNCIAS.....	117

INTRODUÇÃO

A demanda por produtos naturais e essenciais, como os óleos voláteis e aromáticos, empregados na culinária, nas indústrias, na produção de alimentos e bebidas ganham cada vez mais espaço no cenário brasileiro e mundial, desta forma a realização de pesquisas científicas com plantas aromáticas e medicinais que apresentam potencial para a produção de óleo essencial é de relevante interesse. A realização de trabalhos objetivando o aumento da quantidade e qualidade dos óleos essenciais extraídos por arrasto de vapor ou hidrodestilação da massa de matéria seca é importante, tendo em vista que a quantidade de óleo essencial encontrada em muitos tipos de plantas é relativamente baixa.

A cultura do coentro (*Coriandrum sativum* L.), além do uso culinário tem sido utilizada para obtenção de óleos essenciais, sua composição química é principalmente utilizada para corrigir o sabor e o aroma desagradável de certos medicamentos como os que são a base de sene, também é utilizado na aromatização de bebidas alcoólicas e na fabricação de perfumes. Dentre os benefícios do coentro estão a proteção contra bactérias, principalmente a salmonela, além de ser rico em vitaminas A, B1, B2 e C e excelente fonte de cálcio e ferro (LIMA et al., 2007) e (Sharma and Sharma, 2012). Auxilia no tratamento natural para queilose, ajuda na digestão, protege contra infecções do trato urinário, evita náuseas, alivia gases intestinais, reduz o açúcar no sangue, é anti-inflamatório, reduz colesterol ruim (LDL), aumenta o bom colesterol (HDL), fonte de ferro, magnésio e uma boa fibra dietética.

Contudo, informações sobre os aspectos agrônômicos do coentro e de diversas outras plantas de interesse aromático e medicinal ainda são restritas. Outro fato a ser observado é que a produtividade de óleo essencial é baixa, o que justifica a utilização de técnicas e práticas agrícolas que proporcionem o aumento da quantidade e qualidade dos óleos essenciais extraídos assim como a quantidade de biomassa produzida.

Uma das formas de elevar a produção dos cultivos agrícolas é através da irrigação, pois esta é uma técnica (prática agrônômica) que visa o suprimento de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento correto para que seja amenizada ou eliminada a deficiência hídrica causada pela irregularidade das chuvas, garantindo a produtividade máxima das culturas (BERNARDO, 2005). Em muitas culturas a deficiência hídrica é um dos fatores que exerce maior influência na oscilação

dos rendimentos agronômicos dos cultivos agrícola (TEODORO et al., 2009). Para Pimentel (2004) e Flexas et al. (2006) o suprimento adequado de água favorece uma boa formação de área foliar, além de garantir o crescimento dos cultivos. Que quando não estão sob estresse hídrico pela falta de água, mantêm os estômatos abertos para realizar fotossíntese e não diminuem a perda de água para o ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O adequado manejo da irrigação depende de fatores intrínsecos do solo e da capacidade das plantas em extrair água nos diferentes níveis de umidade e níveis de energia de retenção (PETRY et al., 2007). O armazenamento da água no solo depende de aspectos como o espaço poroso e o tamanho das partículas do solo entre outros, que mudam de acordo com o tipo de solo. Desta forma, o manejo adequado da irrigação pode mudar de acordo com o solo e as condições meteorológicas a qual a cultura está sendo submetida.

No Brasil, assim como no mundo, a variabilidade de solos existentes é muito grande, o que tem como consequência mudanças nas formas de manejo da irrigação, além de responder dúvidas frequentes para as diversas culturas como: Qual é o “real” coeficiente da cultura (K_c)? Qual lâmina de irrigação? Entre vários outros questionamentos. Desta forma, é fundamental avaliar a real necessidade hídrica da cultura em suas diversas fases de desenvolvimento, conhecer a eficiência das plantas em relação ao uso da água em diferentes situações de clima e solo e determinar a produtividade e a composição química do óleo essencial provenientes de sementes de coentro, quando submetido à diferentes níveis de irrigação em diferentes texturas de solo, avaliando também o desenvolvimento, a qualidade do óleo essencial e a produtividade da cultura.

REVISÃO DE LITERATURA

Família Umbelliferae

Distribuição Geográfica

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence a família Umbelliferae, também conhecida como Apiaceae, que possui mais de 3.000 espécies e 400 gêneros

(BARROSO, 1991), sendo o gênero (*Coriandrum*) constituído de aproximadamente 65 espécies, amplamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta.

História e origem da cultura

Sua origem é citada como chinesa e romana (CARDOSO et al., 2005), porém diversos relatos mostram sua existência em regiões que vão do Sul da Europa e do Norte da África ao Sudoeste da Ásia. O coentro também é conhecido como cilantro e coriander (Figura 1A), sendo comumente confundida com a salsa. Entretanto a principal diferença entre ambos está nas bordas das folhas, sendo arredondadas no coentro e pontiagudas na salsa (Figura 1B).

Acredita-se que o coentro foi trazido pelas colônias britânicas para a América do Norte em 1670 e foi uma das primeiras espécies cultivadas pelos colonos. No Egito cerca de meio litro de semente de coentro (Figura 1C) foi encontrado no túmulo de Tutancâmon o que sugere que os antigos egípcios cultivavam essa cultura (CARDOSO et al., 2005). Além de algumas passagens bíblicas já relatarem o coentro.

A cultura possui aroma penetrante e desagradável para alguns paladares, mas muito agradável para outros. Em geral observa-se que os brasileiros originários das regiões Norte e Nordeste apreciam muito o coentro, achando enjoativo o gosto da salsa, enquanto que as pessoas das regiões Sul e Sudeste acham exatamente o contrário, gostando muito da salsa e achando o coentro desagradável. (OLIVEIRA et al., 2002; ALVES et al., 2005).

Figura 1 – Folhas de coentro (A), folhas de salsa (B) e sementes de coentro (C)



Fonte: LORENZI e MATOS (2008) Figura 1B.

Classificação Botânica

O gênero *Coriandrum*, que vem do grego Koris possui altura média variando entre 0,25 e 0,90 m, possuindo a seguinte classificação botânica (GIACOMETTI, 1989; BUSTAMANTE, 1996):

Divisão: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Subclasse: Rosidae

Ordem: Apiales ou Umbellales

Família: Apiaceae (Umbelliferae)

Nomes vulgares: cilantro, coriander e coentro

Gênero: *Coriandrum*

Conhecido comumente como coentro, coendro, coentro-das-hortas, coandro, caopunga, coriandro, xendro e coendro (LORENZI e MATOS 2008), tem como principais espécies: *Coriandrum sativum* L. *Coriandrum testiculatum* L., *Coriandrum tordylioides* e *Coriandrum tordylium*.

As plantas de coentro são formadas por uma parte aérea composta por folhas, flores, estames, ovário e frutos e outra subterrânea formada por raízes e rizomas. Apresentando a seguinte classificação:

- Caule ereto e levemente deitado com nós volumosos e entrenós ocos;
- Flores em geral são protândricas, somente amadurece o gineceu após a queda dos estames;
- Folhas são compostas bipinadas, de segmentos irregulares sendo as inferiores menos divididas;
- Estames são alternos as pétalas;
- Ovário ínfero, bicepelar, bilocular, com um óvulo pêndulo em cada lóculo;
- Fruto seco no geral, esquizocarpo, excepcionalmente indiviso e
- Frequentes canais oleíferos, tanto nos frutos como nas partes vegetativas, o que confere a essa planta o aroma característico.

Importância econômica e propriedades química da cultura

A cultura do coentro vem desempenhando papel importante economicamente. A Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM, 2011) estimou a área cultivada com coentro no Brasil, em 47.733 ha em 2011, sendo a cultivar verdão a mais plantada (ABCSEM, 2011). Essa cultura é bastante cultivada em hortas e jardins domésticos de todo o Brasil, sendo em sua maioria produzida por pequenos produtores e agricultura familiar.

As plantas possuem dois tipos de metabolismo: o primário que é responsável pelo crescimento e desenvolvimento da cultura, produzindo substâncias como os lipídeos, proteínas, carboidratos, aminoácidos e ácidos nucleicos, e a especializada também conhecido como secundário que é responsável pela proteção contra as pragas e doenças da cultura e atração de polinizadores, entre outras (GLOBBO-NETO e LOPES, 2006). Essas substâncias são justamente as que vem gerando interesse econômico agregando valor na alimentação, sendo utilizada como tempero e na indústria farmacêutica agregando valor econômico a cultura. O coentro faz parte do

grupo de plantas que vêm sendo utilizada para a extração de óleo essencial no qual a cenoura é a mais importante, seguida do coentro, salsa, aipo, erva-doce, funcho e endro (VIGGIANO, 1984). Sua utilização vem de muito tempo, sendo ela citada na própria Bíblia Sagrada várias vezes (Números 11, 7 e Êxodo 16, 31).

Dentre as substâncias extraídas das umbelíferas para a indústria farmacêutica têm-se as alcalóidicas, flavonólicas e terpênicas. O óleo essencial de coentro é utilizado pela indústria em produtos alimentares, perfumes e cosméticos pelo seu aroma e sabor (DARUGHE et al., 2012). Nos alimentos ele tem ação antioxidante (MELO et al., 2003, GUERRA et al., 2005), aumentando a vida útil dos alimentos, especialmente os ricos em gorduras polinsaturadas, além de prevenir reações de biomoléculas com radicais livres que causam lesões ou até mesmo a morte de células, assim como também previne doenças crônicas e cardiovasculares (AYOUGH et al., 2011). Na medicina é usado como analgésico, antisséptico, antigripal, antiespasmódico, cansaço físico, dores musculares e auriculares (COSTA, 1986; POLA, 1996).

Cultivo em ambiente protegido

O cultivo em ambiente protegido modifica vários fatores climáticos quando comparado com o ambiente externo e é extremamente importantes para o manejo adequado da irrigação, controlando variáveis como temperatura, umidade, velocidade do vento, saldo de radiação entre outros, que somados alteram a evapotranspiração, sendo as características climáticas de extrema importância para o manejo adequado (HERNANDEZ et al., 2001). Com isso, as necessidades hídricas das culturas em ambiente protegido continuam sendo objeto de estudo em razão do microclima e ainda nos dias atuais existem confusões sobre a forma adequada do manejo nestes ambientes como por exemplo é o caso do kp do tanque Classe A, da quantidade e hora adequada de irrigar, entre outros.

Irrigação

Uma grande limitação para o desenvolvimento das culturas agrícolas é a indisponibilidade hídrica causada pelas irregularidades das chuvas. Com isso, é preciso adequar épocas de plantio com períodos chuvosos para que a cultura não passe por estresse hídrico ou se faz necessário utilizar algum método de irrigação.

A forma como a água é aplicada nas plantas ou os tipos de equipamentos utilizados caracterizam ou definem os métodos de irrigação. Os principais métodos de irrigação são por superfície (inundação e sulcos), aspersão, (pivôs e sistema linear) e localizada (microaspersão e gotejamento). A escolha do método adequado depende de vários fatores, tais como topografia, propriedades físicas do solo, cultura e qualidade da água disponível, dentre outros.

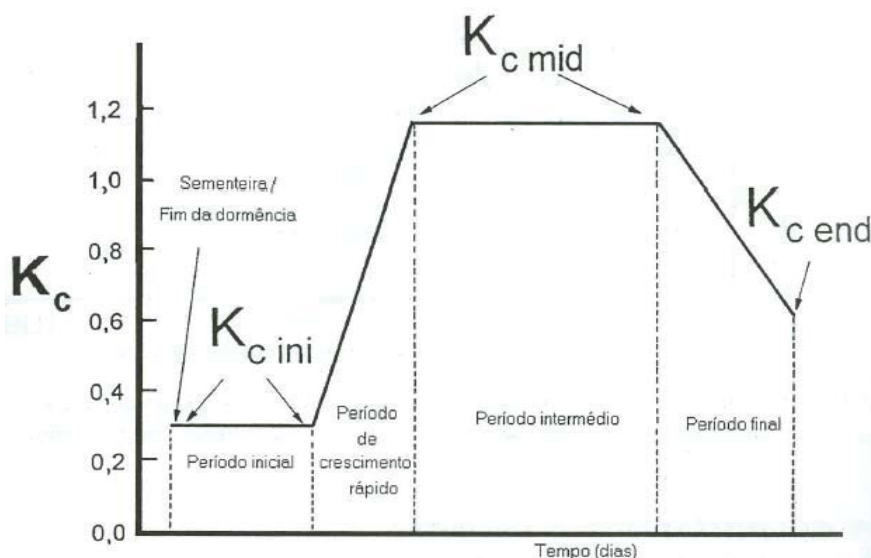
Os métodos e sistemas de irrigação possuem diferentes custos de aquisição operacionais, sendo a relação entre estes dois de grande relevância para a adoção do método e da frequência de irrigação, por isso a lâmina aplicada depende de uma série de fatores.

Existem métodos diretos e indiretos de avaliar o consumo de água das culturas, sendo os diretos de difícil realização, seja pelo fato de medir diretamente na planta ou devido os custos dos equipamentos que realizam este tipo de medição. Uma das principais formas de estimar o consumo de água da cultura é por meio da evapotranspiração da cultura (ET_c) que é uma relação entre o coeficiente de cultivo (K_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o).

A estimativa da ET_c levando em consideração os elementos climáticos é uma metodologia simples e prática, que se baseia no cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), e no coeficiente de cultivo (K_c). Nestas condições, os valores de ET_o podem ser estimados com base em dados meteorológicos (SEDIYAMA, 1972).

PENMAN, 1956 definiu a ET_o como a quantidade evapotranspirada na unidade de tempo, por uma vegetação rasteira, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo completamente o solo e sem limitações de água. Após estimar os valores de ET_o é preciso buscar os valores de K_c , este coeficiente de ajuste da evapotranspiração da grama padrão (ET_o) e a ET_c estudada (PEREIRA et al., 1997) apresentam-se com valores semelhantes aos da Figura 2.

Figura 2 – Curva dos coeficientes de cultura médios e definição dos períodos vegetativos



Fonte: DOORENBOS; PRUITT, 1975.

Solo

As necessidades hídricas das culturas agrícolas podem ser estimadas por meio do estudo do balanço hídrico. Nesse estudo o solo é tratado como um reservatório que vai suprir as necessidades hídricas dos cultivos (PEREIRA et al., 1997). No sistema solo existem três tipos distintos de água: “água gravitacional, água disponível e água inativa”. A água gravitacional acontece quando a umidade do solo encontra-se com resultados maiores que à capacidade de campo; a água disponível está entre a capacidade de campo e a umidade de murchamento, ou seja, é a água que está disponível para a cultura e a água inativa encontra-se com valores de umidade inferior à umidade de murchamento da cultura (DAKER, 1984). Esse esquema simples é o princípio do cálculo da capacidade de água disponível (CAD) o que vai definir a lâmina de irrigação a ser aplicada.

Os fatores que influenciam a CAD para as culturas são a estrutura do solo, a textura, o tipo e quantidade de argila e o teor de matéria orgânica (KLEIN, LIBARDI, 2000).

A classificação dos solos brasileiros foi iniciada em 1950, sendo os tipos de solos condicionados pelos organismos presentes nele como a vegetação, o material de origem, o clima e os tipos de relevo predominantes. No Brasil existe uma grande

predominância dos latossolos, argisolos e neossolos, apresentando percentual em torno de 31,4; 26,8 e 13,1%; respectivamente. (EMBRAPA, 2006). Essa grande variabilidade dos solos brasileiro ocasiona mudanças nas formas de manejo das diversas culturas agrícolas e suas respostas em produtividade agrícola, sendo assim necessários estudos para os diversos ambientes de produção.

1 CAPÍTULO 1: DEMANDA HÍDRICA NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO

RESUMO

Cultivado por pequenos produtores em área de agricultura familiar, o coentro vem desempenhando papel importante para consumo *in natura* tanto como tempero quanto como conservante, haja vista sua função antioxidante. Contudo essa importante função, práticas agrícolas que visam aumentar a produtividade agrícola têm sido empregadas como é o caso da irrigação que está diretamente relacionada com a textura de solo utilizada para o cultivo. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi determinar a melhor lâmina de irrigação nas diferentes texturas de solos e estudar o crescimento e a produção de massa seca da parte aérea. O trabalho foi conduzido em vasos de 14 litros dentro de casa de vegetação pertencente a área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu – SP (FCA\UNESP), durante os períodos de inverno e verão. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 15 tratamentos, compostos por 5 lâminas de irrigação (50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ETc) e 3 texturas de solo (arenosa, média e argilosa). O coentro avaliado com 50 dias após a semeadura não difere entre as lâminas e em todas as texturas de solos. A densidade estomática não apresentou diferenças entre os tratamentos nos dois ciclos. A maior produção de massa seca foi obtida na textura de solo argilosa e média no ciclo de verão.

Palavras-chave: Altura de planta, densidade estomática, produção de massa seca.

ABSTRACT

Cultivated by small producers in a family farming area, coriander has played an important role for fresh consumption both as a seasoning and as a preservative, owing to antioxidant function. In view of this important function of crop farming practices that aim to increase agricultural productivity has been employed as is the case of irrigation that is directly related to the texture of soil used for cultivation. Thus, the objective of this work was to determine the best irrigation depth in different soil textures and to study the behavior that results in higher growth and greater dry matter formation of shoot. The work was conducted in pots of 14 liters inside greenhouse belonging to the experimental area of the Department of Rural Engineering of the Faculty of Agronomic Sciences, Campus de Botucatu - SP (FCA \ UNESP) during the winter and summer periods. The experimental design was completely randomized with 15 treatments, composed of 5 irrigation slides (50% of, 75% of, 100% of, 125% of and 150% of ETC) and 3 textures of soil sandy soil, medium soil texture and clayey soil texture). The coriander harvested with 50 days after can be irrigated with 50% of the Etc and in all soil textures. The stomatal density showed no differences between the treatments in the two cycles. The soil texture that produced the most dry mass was the medium in the winter cycle and the clay and medium in the summer cycle.

Keywords: Plant height, stomatal density, dry mass production.

1.1 INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence à família Umbelliferae também conhecida como Apiaceae que possui mais de 3.000 espécies e 400 gêneros (BARROSO, 1991), sendo este gênero (*Coriandrum*) constituído de aproximadamente 65 espécies, amplamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Esta cultura possui semelhanças físicas com a salsa (*Petroselinum crispum*), e a principal diferença está no odor e no formato das folhas que possui pontas mais pontiagudas na salsa e mais arredondadas no coentro. As folhas de ambas vêm sendo utilizadas como tempero culinário (Melo et al., 2003), porém no Brasil, o coentro é consumido principalmente pela população do Norte e Nordeste, achando enjoativo o gosto da salsa, enquanto que as pessoas das regiões Sul e Sudeste acham exatamente o contrário, gostando muito da salsa e achando o coentro desagradável. (OLIVEIRA et al., 2002; ALVES et al., 2005)

Socialmente, essa cultura possui grande importância por ser cultivada principalmente por pequenos produtores da agricultura familiar gerando renda e melhorando a qualidade de vida dessas pessoas. Economicamente ela vem desempenhando papel importante; a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM) estimou a área cultivada com coentro no Brasil em 47.733 ha em 2011, sendo a cultivar verdão a mais plantada (ABCSEM, 2011). Essa cultura é plantada em todo o país e os solos nas regiões plantadas são os mais diversos.

Os solos funcionam como um reservatório de água e nutrientes para as plantas e são constituídos de partículas de diferentes tamanhos, arranjadas de diferentes formas. Essa relação entre textura e estrutura afeta a porosidade e a capacidade de armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, o manejo da irrigação e a própria produtividade agroindustrial dos cultivos agrícolas (Souza et al., 2016).

A irrigação destaca-se entre os aspectos mais importantes para o sucesso dos cultivos agrícolas, pois tanto o excesso de água quanto o déficit afetam a produção. O excesso hídrico leva a planta a ter falta de oxigênio nas raízes, o que pode provocar a morte dos tecidos radiculares além de poder também levar a redução na absorção de nutrientes. Já a menor disponibilidade hídrica reduz a expansão celular, e a área foliar, aumenta a abscisão foliar, diminui a relação entre biomassa da raiz e parte aérea, fechamento dos estômatos e a redução da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Apesar da sua importância social e econômica, segundo Alves et al. (2005) poucos trabalhos têm sido realizados com essa cultura. Dessa forma o objetivo deste trabalho é determinar a melhor lâmina de irrigação nas diferentes texturas de solos e estudar a produtividade de óleo essencial de coentro.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

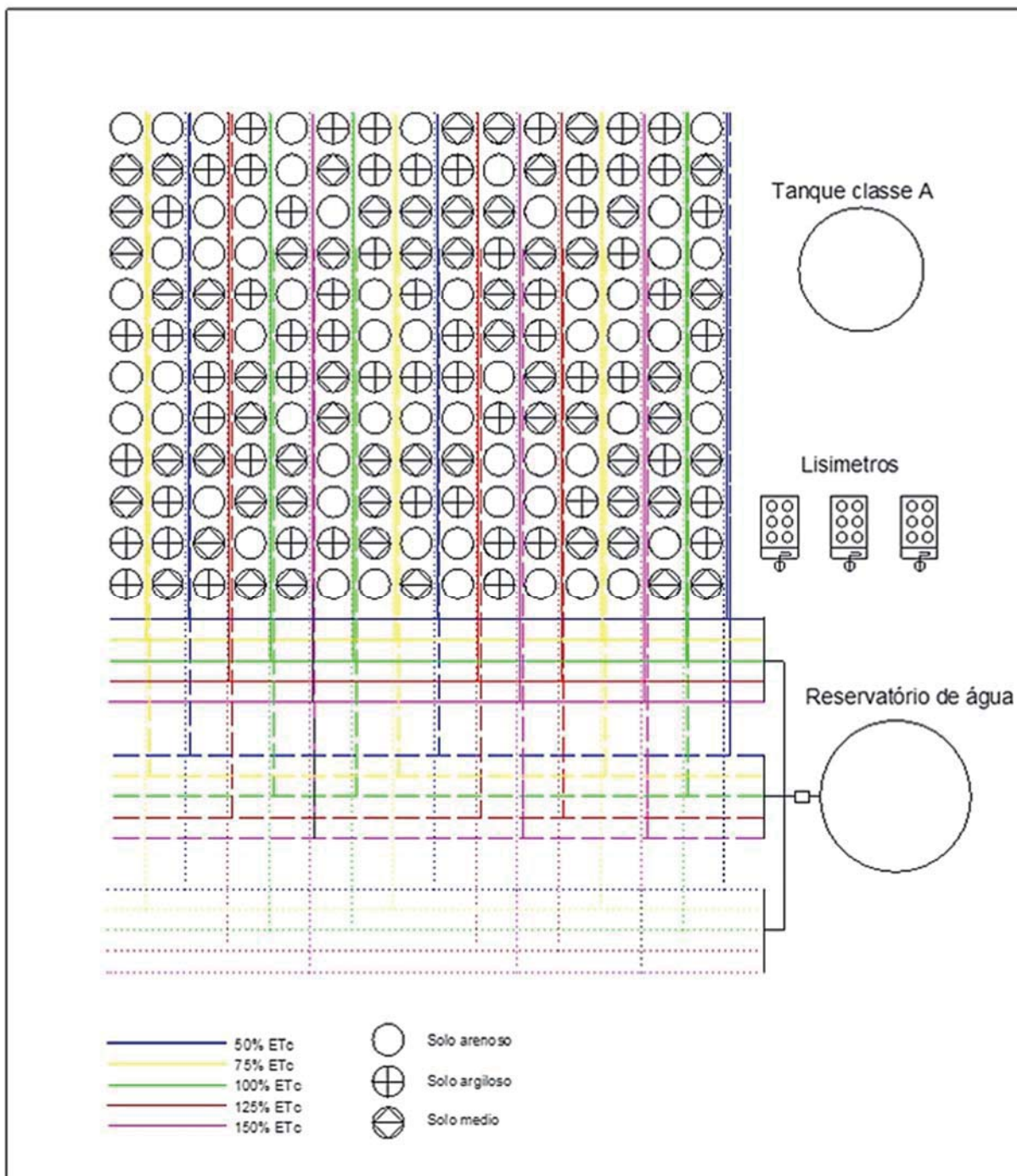
1.2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente a área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu – SP (FCA\UNESP) durante os períodos de 30/07/2016 a 21/12/2016 (inverno) e 22/12/2016 a 12/04/2017 (verão). As coordenadas geográficas da localidade são latitude 22°51'03" Sul e a longitude 48°25'37" Oeste, e a altitude média é de 786 m, o clima da região é classificado como subtropical, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A precipitação média anual é de 1750 mm com temperatura média anual de 20,6 °C e temperatura máxima média de 23,5 °C e mínima média de 17,4 °C. A casa de vegetação utilizada na condução do experimento possui 7 metros de largura por 30 metros de comprimento e 3 metros de pé direito. A região é classificada de acordo com Köppen como, o clima sendo do tipo Cfa, que é temperado quente úmido, apresentando inverno seco e chuvas no verão.

1.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em vasos de 14 litros com delineamento experimental inteiramente casualizado com 15 tratamentos, decorrentes da combinação de 5 lâminas de irrigação (50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ETc) e 3 texturas de solo (arenoso, médio e argiloso), com 12 repetições, totalizando 180 vasos (Figura 1), sendo cada tratamento composto por uma lâmina de irrigação diferenciada de acordo com a evapotranspiração da cultura (ETc) em cada textura de solo.

Figura 1 – Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio)



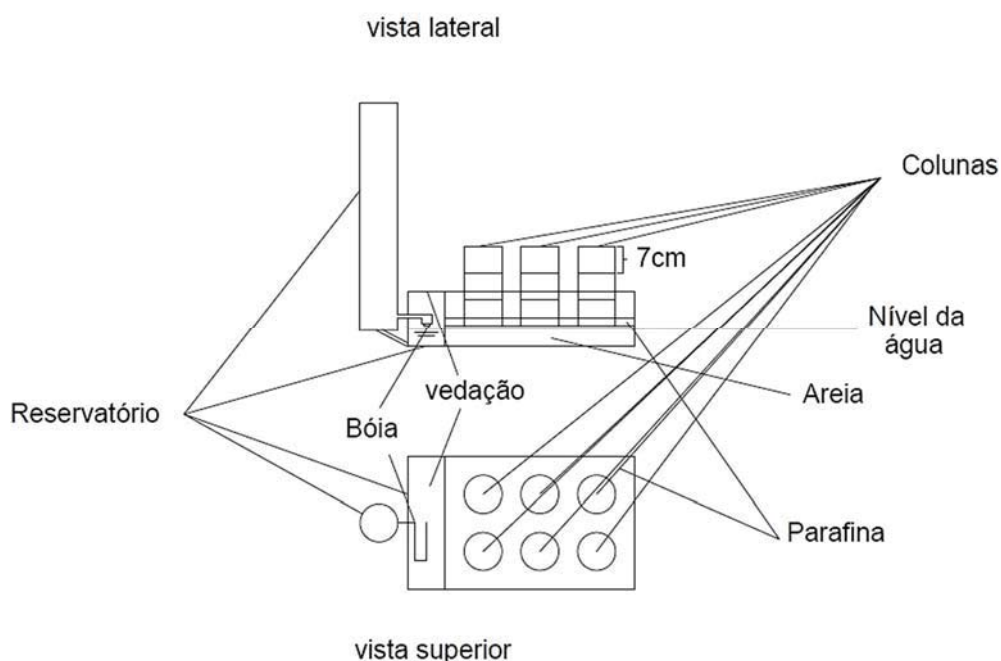
A evapotranspiração da cultura para cada tipo de solo foi obtida através de lisímetros (Figura 2). Os lisímetros utilizados consistem de um sistema fechado. As leituras de ETc foram realizadas diariamente às 9:00 horas pela diferença entre o nível

de água do reservatório de abastecimento e o nível do dia anterior (Equação 1), obtendo-se a ET_c de 100% em cada textura de solo.

$$ET_c = \text{leitura do dia} - \text{leitura do dia anterior} \quad (1)$$

Após determinada a ET_c de 100% e, com base nesse valor, foi calculado por proporcionalidade o volume aplicado nos diversos tratamentos (quinze).

Figura 2 - Esquema do lisímetro



Fonte: Adaptado de Silveira e Klar, 2006.

1.2.3 Irrigação e Evapotranspiração

As irrigações ocorreram de maneira independente para cada tratamento, de modo que o manejo da irrigação foi realizado com base na ET_c medida nos lisímetros que possuíam cada uma das três texturas de solo (arenoso, argiloso e médio) avaliadas.

Na casa de vegetação foi instalado uma estação meteorológica Campbell (Figura 3) e um tanque classe A para coleta de dados meteorológicos. Com base nestes dados foi calculada a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman – Monteith-FAO. (ALLEN et al., 1998) pela Equação 2:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left[\gamma \frac{900}{T + 273} \right] U_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 U_2) \right]} \quad (2)$$

Em que: R_n é o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); U_2 é a velocidade do vento a 2 m e altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa), e é a pressão do vapor d'água do ar (kPa); e Δ é a inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

Com os valores de evapotranspiração de referência e evapotranspiração da cultura foi possível calcular o coeficiente de cultivo nas diferentes fases da cultura pela Equação 3:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

Figura 3 – Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento



1.2.4 Semeadura e colheita

As sementes de coentro foram provenientes de sementes comerciais da marca TOPSEED cultivar Português e as mesmas foram semeadas diretamente no vaso com um total de 8 sementes por vasos e, posteriormente, foi realizado um desbaste deixando as 4 plantas mais vigorosas.

A semeadura de inverno foi realizada em 30/07/2016 e a colheita em 21/12/2016, e a semeadura de verão foi realizada em 22/12/2016 e a colheita em 12/04/2017, totalizando ciclos de 144 e 111 dias respectivamente. Resultados similares de duração de ciclo foram observados por Bhandari e Gupta (1991).

A colheita foi realizada separando-se a parte aérea da planta das sementes para obter resultados de massa seca e massa de sementes e ambas foram utilizadas para obter a produtividade.

1.2.5 Características do sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento utilizando-se um gotejador PCJ da empresa Netafim® autocompensante de vazão de 2 L h⁻¹ por vaso, sendo este conectado por microtubo de 16 mm à linha lateral de 25 mm. O sistema foi pressurizado por um conjunto motorbomba de 0,5 HP de potência e altura manométrica total de 30 mca. Porém o sistema foi adaptado para funcionar com pressão média de serviço de 15 mca. O teste de uniformidade do sistema foi realizado em bancada de ensaios para os gotejadores, que possui reservatório de água, moto-bomba para pressurizar o sistema e um filtro de tela metálica de 200 mesh. São 4 linhas laterais com recirculação de água com 6 metros comprimento além de 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros.

A uniformidade de aplicação de água foi calculada pela equação de uniformidade de Christiansen – CUC (4):

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |H_i - H_m|}{N \cdot H_m} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

Onde: H_i é a altura da água coletada no coletor (mm), H_m é a altura média da água de todos os coletores (mm) e N é o número de coletores.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), seguindo as normas da ABNT (2004), apresentou resultado de 98,5% de uniformidade, sendo classificado como excelente, conforme Mantovani (2001).

1.2.6 Características dos solos e qualidade da água

Com o objetivo de representar a maior parte dos solos encontrados no território brasileiro, que possui grande variabilidade, foram utilizadas três texturas de solo, os quais são classificados (EMBRAPA, 2006) como Neossolo Quartzarêncio Distrófico (arenoso), Latossolo Vermelho Distroférico (argiloso) e Latossolo Vermelho Distrófico (médio). Os solos utilizados foram coletados de áreas das Fazendas Experimentais Lajeado e Edgardia, localizadas em Botucatu-SP. Posteriormente foram peneirados e antes da semeadura, amostras de solo foram retiradas e encaminhada ao laboratório para realização das análises físicas e químicas, de acordo com RAIJ et al. (2001) e com a metodologia proposta por Claessen (1997). Os resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2, e foram utilizados para a correção da acidez e adubação de base. A adubação foi independente para cada textura de solo, sendo feita em cada vaso com base na análise química do solo. A saturação de bases, V (%) foi elevada a 80% para as três texturas de solo com calcário dolomítico (PRNT 98%). Como adubação de base foi utilizado como fonte de Nitrogênio a Ureia (45%), de Potássio o Cloreto de Potássio branco e de Fósforo o Superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Cálcio e 8% de Enxofre).

Tabela 1 - Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

Textura Do solo	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g/dm ³	Mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						
Arenosa	4,7	9	4	17	1,1	7	3	10	28	38
Argilosa	3,9	14	5	87	0,5	3	1	5	92	5
Média	4,1	16	4	77	0,7	3	1	4	81	5

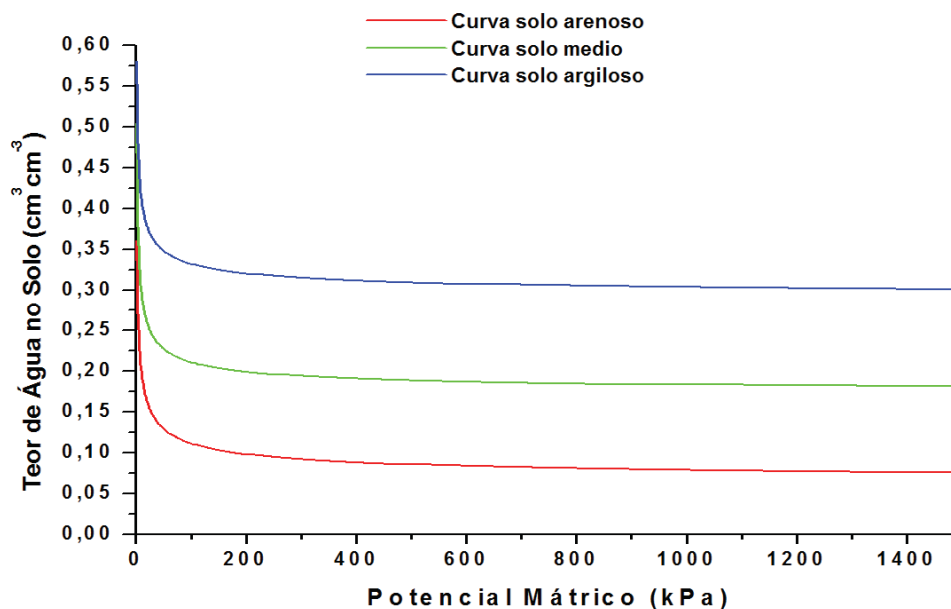
Tabela 2 - Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

Textura Do solo	Areia			Argila	Silte
	Grossa	Fina	Total		
Arenosa	258	699	957	34	9
Argilosa	185	251	436	456	108
Média	306	346	652	291	57

As coletas dos solos foram realizadas em campo na camada de 0 a 20 cm de profundidade em locais em que não havia presença de cultivos ou qualquer prática agrícola nos últimos 10 anos.

Foi determinada a curva de retenção característica de água no solo nas três texturas (Figura 4) utilizando o modelo de Genuchten (1980) por meio do programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC (DOURADO-NETO et al., 2000).

Figura 4 – Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média



De acordo com a característica química da água utilizada na irrigação, a mesma foi classificada como C1S1 e não apresenta restrição para irrigação (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008; BERNARDO et al., 2008) (Tabela 3).

Tabela 3 – Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP

pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.E
	----- mg L ⁻¹ -----												mS cm ⁻¹
7,32	4	1	22	18	10	5	3,80	0	0	0,16	0	0	0,073

Fonte: Laboratório de nutrição mineral de plantas, FCA, UNESP; n = 3.

1.2.7 Altura da planta (cm)

A altura da planta avaliada com auxílio de uma trena, medindo-se do nível do solo até o ápice da cultura, sendo esta realizada 3 vezes durante cada ciclo e avaliou-se 4 plantas dos vasos totalizando 45 vasos por avaliação. A primeira avaliação ocorreu aos 50 DAS, a segunda aos 63 DAS e a terceira aos 101 DAS, em ambos os ciclos.

1.2.8 Densidade estomática

A densidade estomática foi feita uma vez ao longo do ciclo (70 DAS), a contagem dos estômatos foi realizada com auxílio de um Microscópio Biológico BEL Photonics Biovídeo (Figura 5), as formas dos estômatos foram impressas em fita adesiva utilizando a metodologia proposta por Majumdar et al. (1972), sendo que o número de estômatos foi estimado para uma área de 1 mm².

Figura 5 – Microscópio Biológico BEL® Photonics Biovídeo



1.2.9 Matéria seca da parte aérea

Para a quantificação da matéria seca foram utilizadas todas as plantas, sendo estas coletadas, colocadas em sacos de papel do tipo kraft obtendo 12 amostras por tratamento e levadas para estufa na temperatura de 40 °C para não haver perda de componentes. O período de secagem foi de três dias e posteriormente pesadas.

1.2.10 Análise estatística

Os dados referentes as variáveis biométricas, e de eficiência fotossintética, assim como teor de óleo essencial, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o software Sisvar (FERREIRA, 2008).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar no interior da casa de vegetação variou entre 6,1 e 36,2 °C no ciclo de inverno e 14,5 e 34,2 °C no ciclo de verão (Figuras 6 e 7), essa variação corresponde a 30,1 °C no ciclo de inverno e 19,2 °C no ciclo de verão. As temperaturas médias foram de 20,9 e 23,7 °C para os ciclos de inverno e verão respectivamente, corroborando com outros trabalhos (FILGUEIRAS et al., 2015) que em Botucatu encontraram temperaturas elevadas nos meses de janeiro/fevereiro (verão) e amenas nos meses de junho/julho (inverno).

Figura 6 – Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de inverno

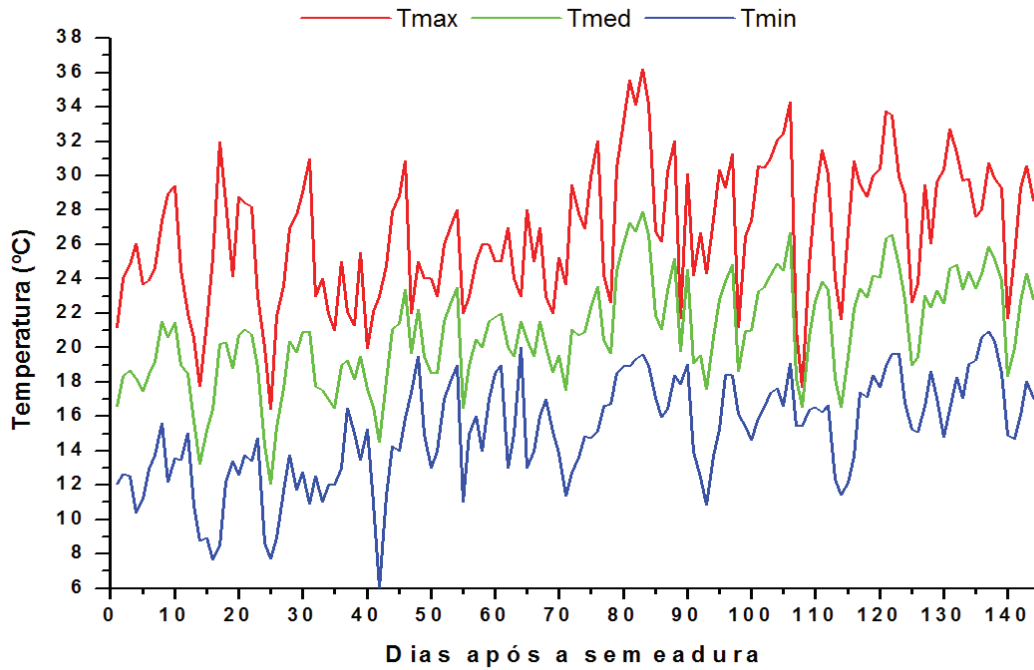
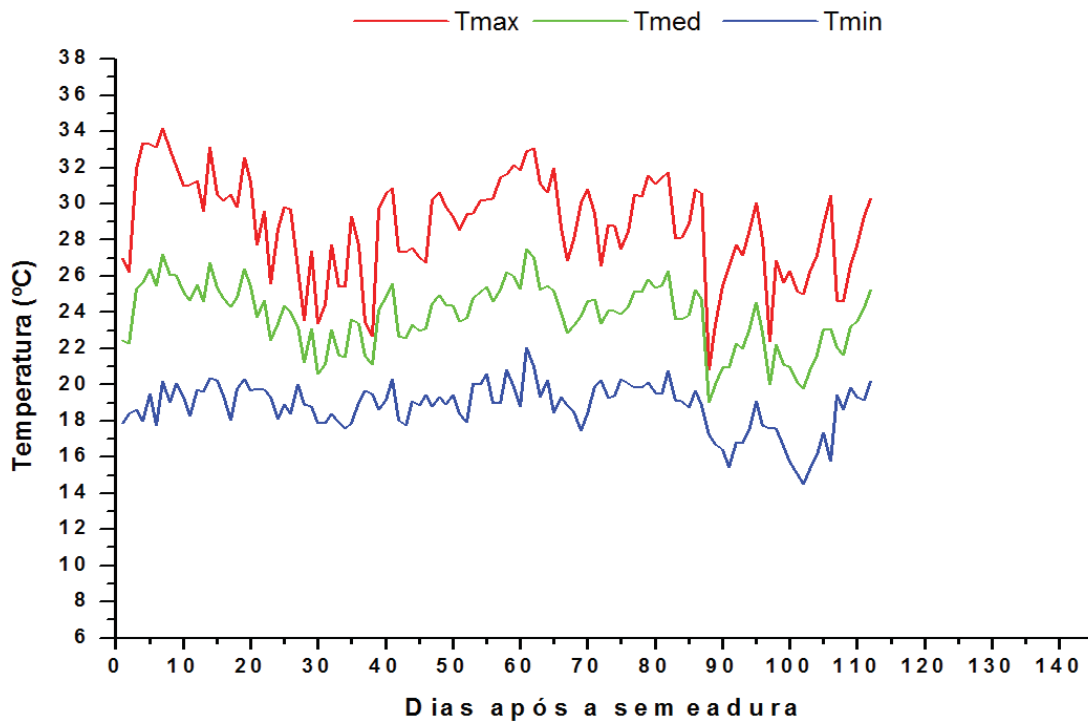


Figura 7 – Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de verão



A umidade relativa do ar durante os períodos de condução do experimento variou entre 14,7 e 99,5% no ciclo de inverno e 22,4 e 99,8% no ciclo de verão, com média de 74,5 e 68,9% nos ciclos de inverno e verão, respectivamente (Figura 8 e 9).

Figura 8 – Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de inverno

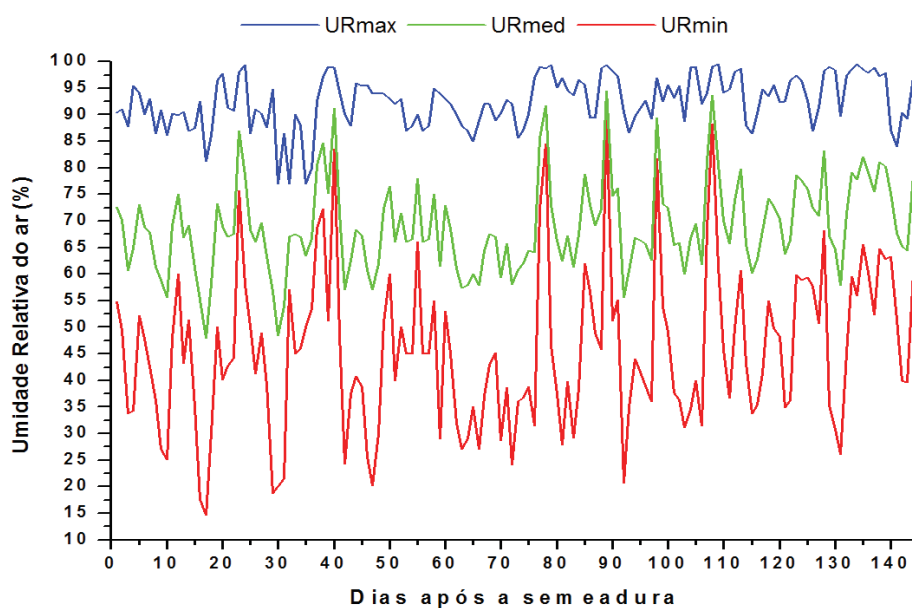
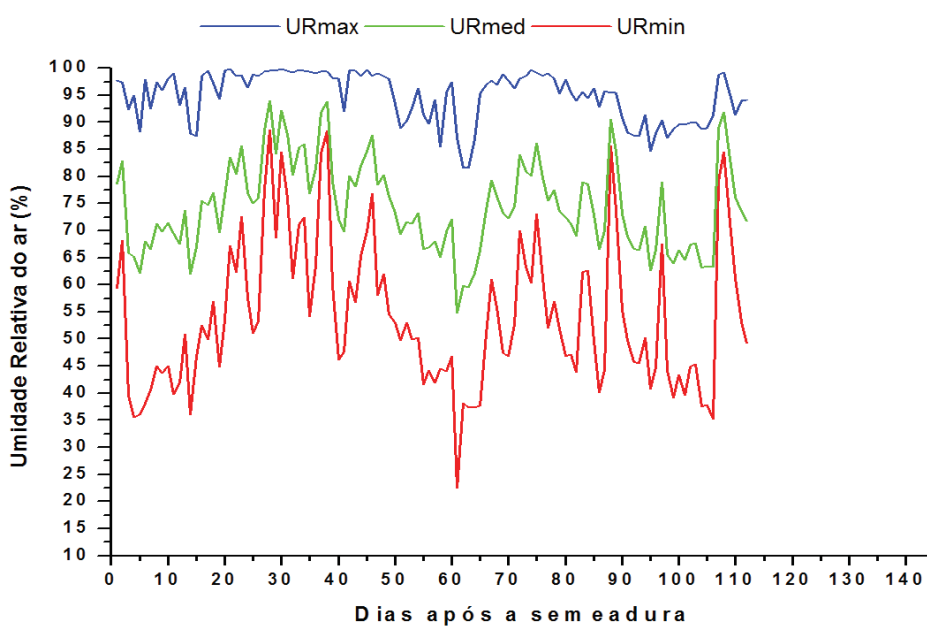


Figura 9 – Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de verão



1.3.1 Consumo hídrico da cultura

Nas Figuras 10 e 11 são apresentados o consumo de água acumulado ao longo do ciclo de cultivo de verão e de inverno respectivamente. Entre os ciclos é possível constatar que a lâmina total aplicada no ciclo de inverno foi inferior à do ciclo de verão e isso corrobora com os resultados obtidos na evapotranspiração, uma vez que a evapotranspiração de referência (ET_o) foi menor no ciclo de inverno, assim como também o coeficiente de cultivo (K_c) e como o nível de irrigação aplicado foi com base na evapotranspiração da cultura, que é a multiplicação da ET_o pelo K_c, o resultado obtido no ciclo de verão tornou-se maior.

Figura 10 – Consumo de água ao longo do ciclo de cultivo na cultura do coentro no período de condução do experimento, no ciclo de inverno

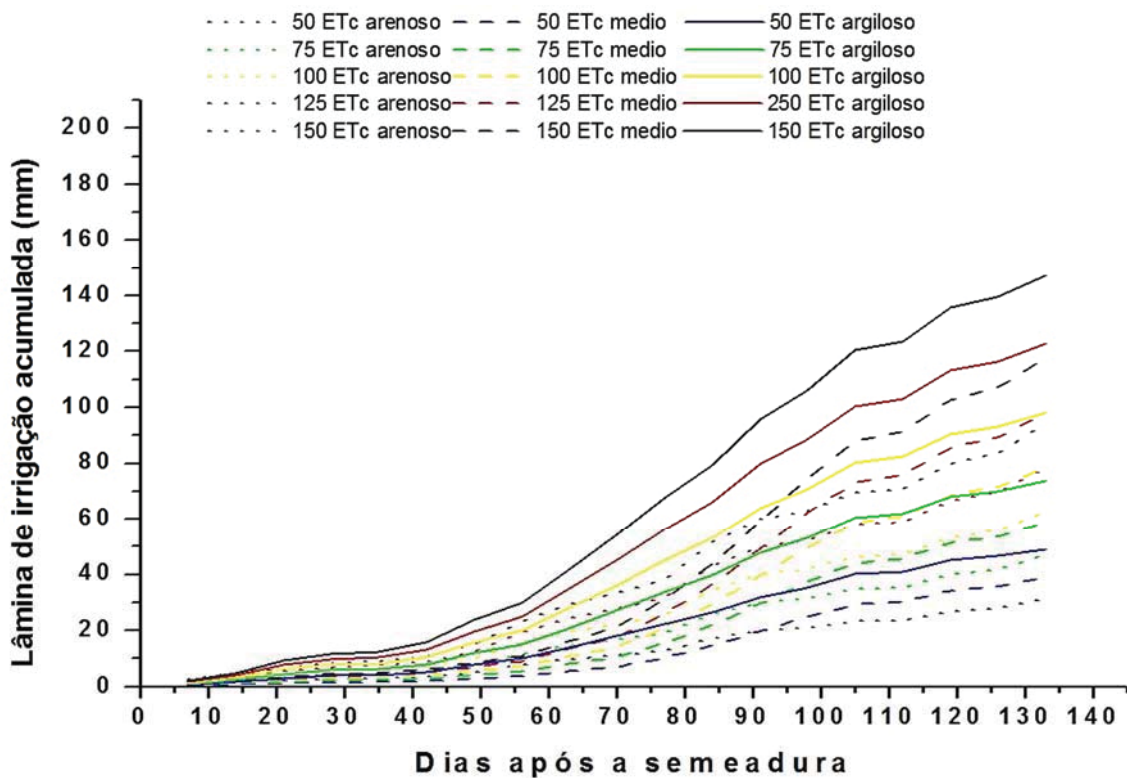
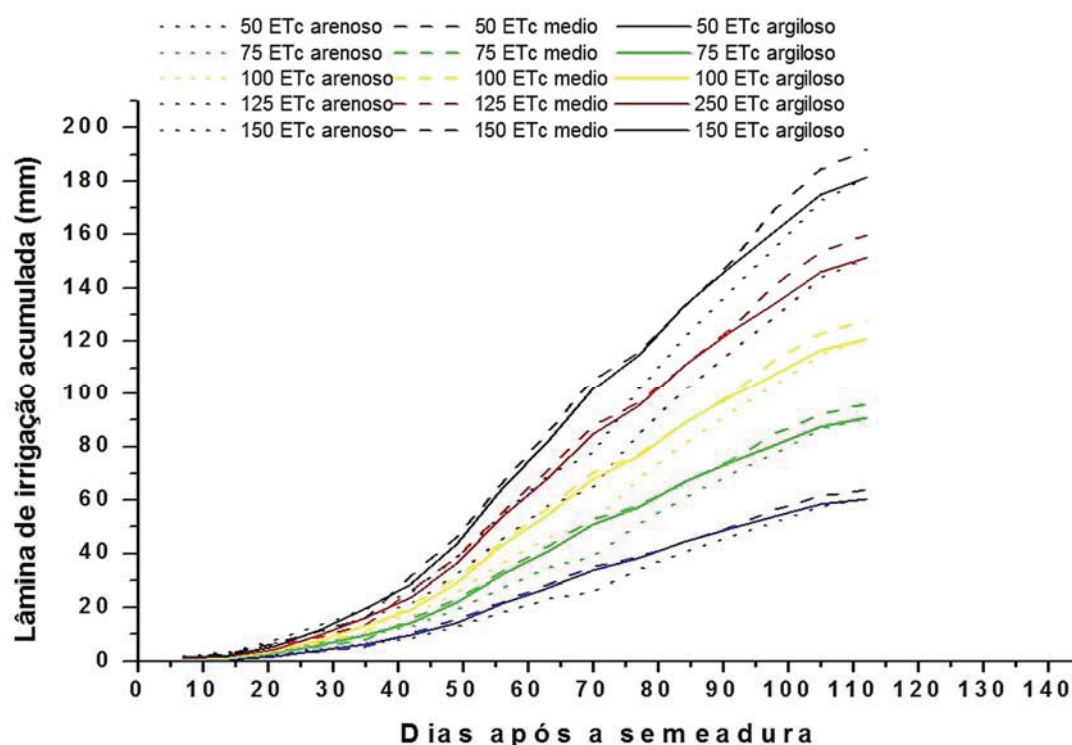


Figura 11 – Consumo de água ao longo do ciclo de cultivo na cultura do coentro no período de condução do experimento, no ciclo de verão



1.3.2 Variáveis agrícolas

1.3.2.1 Altura da planta

Durante o decorrer dos dois ciclos foram realizadas 3 avaliações em cada ciclo, sendo a primeira realizada com 50 dias após a semeadura (DAS), que corresponde ao período que normalmente é realizada a colheita para fins de utilização como tempero. A segunda com 63 (DAS – início do pendoamento) e a terceira com 101 (DAS – fim do ciclo, quando a cultura alcançou a altura máxima), sendo todas as avaliações submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5%.

1.3.2.1.1 Primeira avaliação da altura

A altura da planta é um dos principais critérios utilizados para a escolha das plantas a serem compradas no mercado. Inicialmente aos 50 DAS a cultura apresentou tamanho médio de 11,8 cm e 10,3 cm no ciclo de inverno e verão, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Bhandari e Gupta (1991) trabalhando com 200

genótipos de coentro observaram alturas entre 12 e 85 cm. Em ambos os ciclos não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% para os fatores lâminas de irrigação e textura dos solos, assim como também não houve interação entre essas variáveis. Um dos possíveis fatores para esse resultado pode ser explicado pelo fato que até este período do ciclo da cultura a planta é pequena, com isso as lâminas iniciais aplicadas foram muito próximas, como é visto nas Figuras 10 e 11.

Tabela 4 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável primeira altura de dossel no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâminas – L	0,1556	50	12,0	12,3	11,2	11,8	-
		75	10,1	11,5	10,4	10,7	-
		100	11,6	9,6	12,9	11,4	-
		125	13,2	12,3	12,8	12,8	-
		150	11,4	13,7	11,9	12,3	-
Textura – T	0,9366	Arenoso	11,6				-
		Argiloso		11,9			-
		Médio			11,8		-
Interação L x T	0,3561						
Coef. Variação (%)	15,44						
Média Geral					11,8		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável primeira altura de dossel no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,1192	50	9,6	8,6	9,6	9,3	-
		75	10,3	9,0	8,3	9,2	-
		100	9,0	8,6	11,3	9,6	-
		125	10,3	12,3	12,0	11,5	-
		150	13,0	12,0	10,3	11,7	-
Textura – T	0,9418	Arenoso	10,4				-
		Argiloso		10,1			-
		Médio			10,3		-
Interação L x T	0,718						
Coef. Variação (%)	25,70						
Média Geral					10,31		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

1.3.2.1.2 Segunda avaliação da altura

A segunda avaliação de alturas ocorreu aos 63 DAS nos dois ciclos, conforme é apresentado nas Tabelas 6 e 7, onde é observada diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% para o fator lâminas de irrigação no ciclo de inverno, porém não significativa no ciclo de verão. O fator textura do solo não foi significativo no ciclo de inverno, porém foi no de verão, as médias gerais de altura foram 16,4 e 18,6 cm para os ciclos de inverno e verão respectivamente.

Tabela 6 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável segunda altura de dossel no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0017	50	14,4	13,8	13,9	B
		75	15,0	15,4	16,4	AB
		100	14,5	15,5	17,5	AB
		125	16,6	18,8	20,4	A
		150	17,2	18,7	17,9	A
Textura – T	0,1730	Arenoso	15,5			-
		Argiloso			16,4	-
		Médio			17,2	-
Interação L x T	0,8400					
Coef. Variação (%)	14,35					
Média Geral						16,4

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 7 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável segunda altura de dossel no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,4531	50	16,8	16,8	18,5	-
		75	17,0	18,0	20,6	-
		100	18,0	18,7	22,3	-
		125	17,8	19,2	21,3	-
		150	15,2	19,0	19,8	18,0
Textura – T	0,0091	Arenoso	16,9			B
		Argiloso			18,7	AB
		Médio			20,5	A
Interação L x T	0,9722					
Coef. Variação (%)	15,86					
Média Geral						18,6

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na variável lâmina de irrigação no ciclo de inverno ocorreu maiores alturas de plantas nos níveis de 150 e 125% da ETc (17,9 e 18,6 cm, respectivamente) e a que menos cresceu foi de 50% da ETc (14,0 cm).

Na variável textura do solo no ciclo de verão a maior altura de plantas foi na textura média (20,5 cm) e a menor na textura arenosa (16,9 cm).

1.3.2.1.3 Terceira avaliação da altura

A terceira avaliação de altura ocorreu aos 101 DAS em ambos os ciclos, conforme é apresentado nas Tabelas 8 e 9. Observa-se que houve diferença significativa para a variável lâmina de irrigação e textura de solo em ambos os ciclos, porém não houve interação entre essas variáveis em ambos os ciclos. As médias gerais de altura foram 63,8 e 54,7 cm para o inverno e verão, respectivamente. Singh (2011) observou alturas entre 58,5 e 73,4 cm.

No ciclo de inverno, a variável lâmina de irrigação nos níveis de 150, 125 e 100% da ETc resultaram em maiores alturas (73,3, 72,6 e 66,4 cm, respectivamente) que no de 50% da ETc (49,2 cm). Hassan e Ali (2014), controlando a irrigação via tanque classe "A", obtiveram alturas entre 67,9 cm (40% da irrigação) e 73,1 cm (120% da irrigação) na safra 2007/2008 e na safra 2008/2009 valores entre 67,9 cm (40% da irrigação) e 74,3 cm (120% da irrigação). De modo aproximadamente similar, no ciclo de verão as maiores alturas de plantas ocorreram nos níveis de 125 e 100% da ETc (60,3 e 60,1 cm, respectivamente), quando comparados ao nível de 50% da ETc (44,2 cm).

Na variável textura do solo, a textura argilosa foi de 66,9 cm ea textura media de 50,8, conforme demonstrado na tabela 9. Aparentemente, a cultura tende a se desenvolver melhor no solo médio.

Tabela 8 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável terceira altura de dossel no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0007	50	33,5	43,0	71,0	B
		75	27,7	63,3	80,7	AB
		100	37,3	70,7	91,2	A
		125	47,2	79,2	92,0	A
		150	52,3	67,6	100,0	A
Textura – T	0,0001	Arenoso	39,6			C
		Argiloso		64,8		B
		Médio			87,0	A
Interação L x T	0,5939					
Coef. Variação (%)	19,3					
Média Geral						63,8

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 9 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável terceira altura de dossel no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0102	50	42,1	52,9	37,6	B
		75	44,3	66,0	50,3	AB
		100	47,7	73,7	59,0	A
		125	49,4	72,9	58,5	A
		150	48,3	69,4	48,7	55,5
Textura – T	0,0001	Arenoso	46,4			B
		Argiloso		66,9		A
		Médio			50,8	A
Interação L x T	0,8973					
Coef. Variação (%)	18,02					
Média Geral						54,7

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

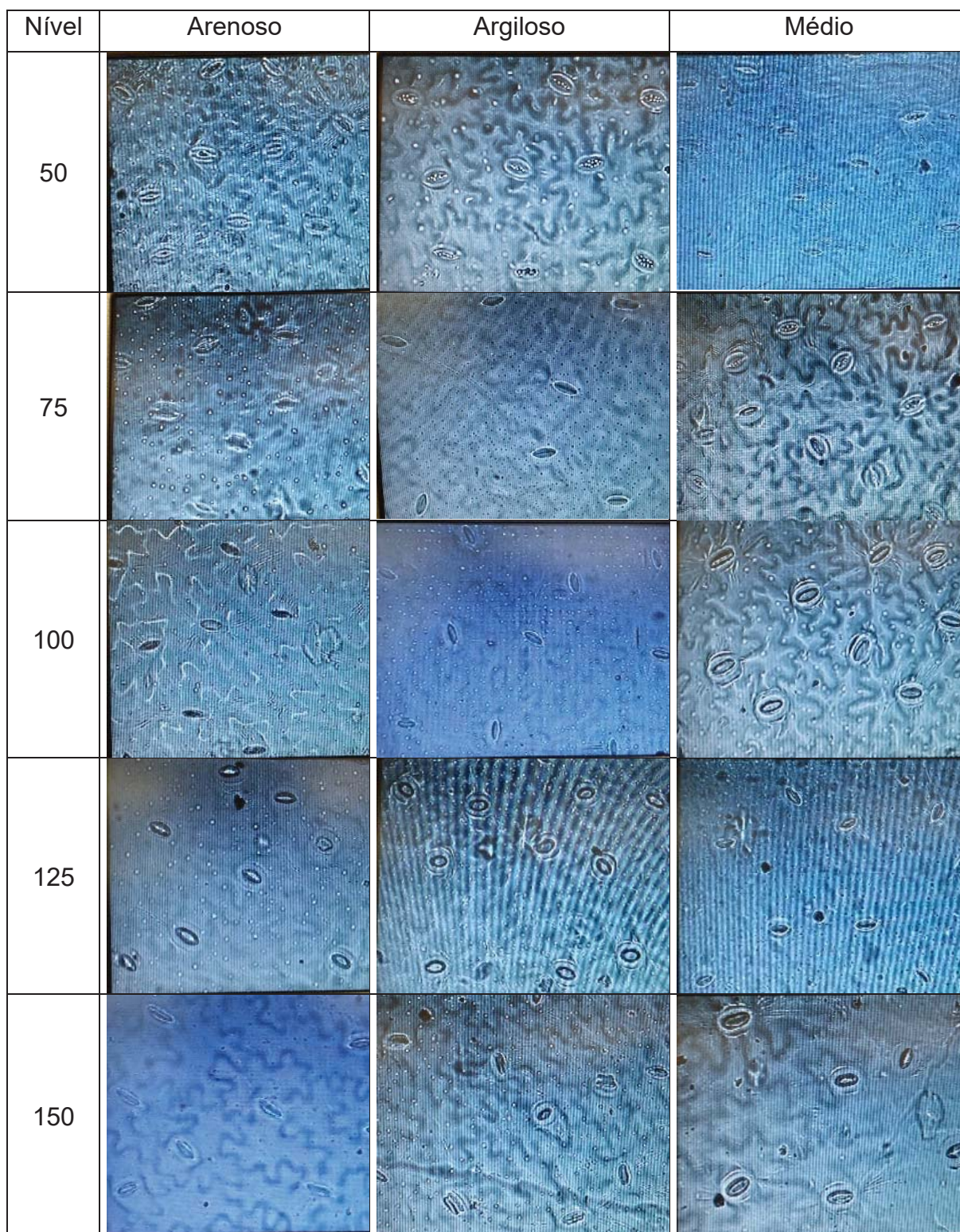
1.3.3 Densidade estomática

Quando o potencial hídrico do solo se torna muito negativo as plantas retardam a expansão celular e reduzem o crescimento das folhas, assim como também provocam o fechamento estomático e, conseqüentemente, reduz a absorção de CO₂ (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As Figuras 12 e 13 apresentam as fotografias das lâminas estomáticas da face abaxial dos estômatos ampliadas em microscópio nos ciclos de inverno e verão, respectivamente. Observa-se que os estômatos estão dispersos de forma aleatória. Essa é uma característica de plantas de folha larga.

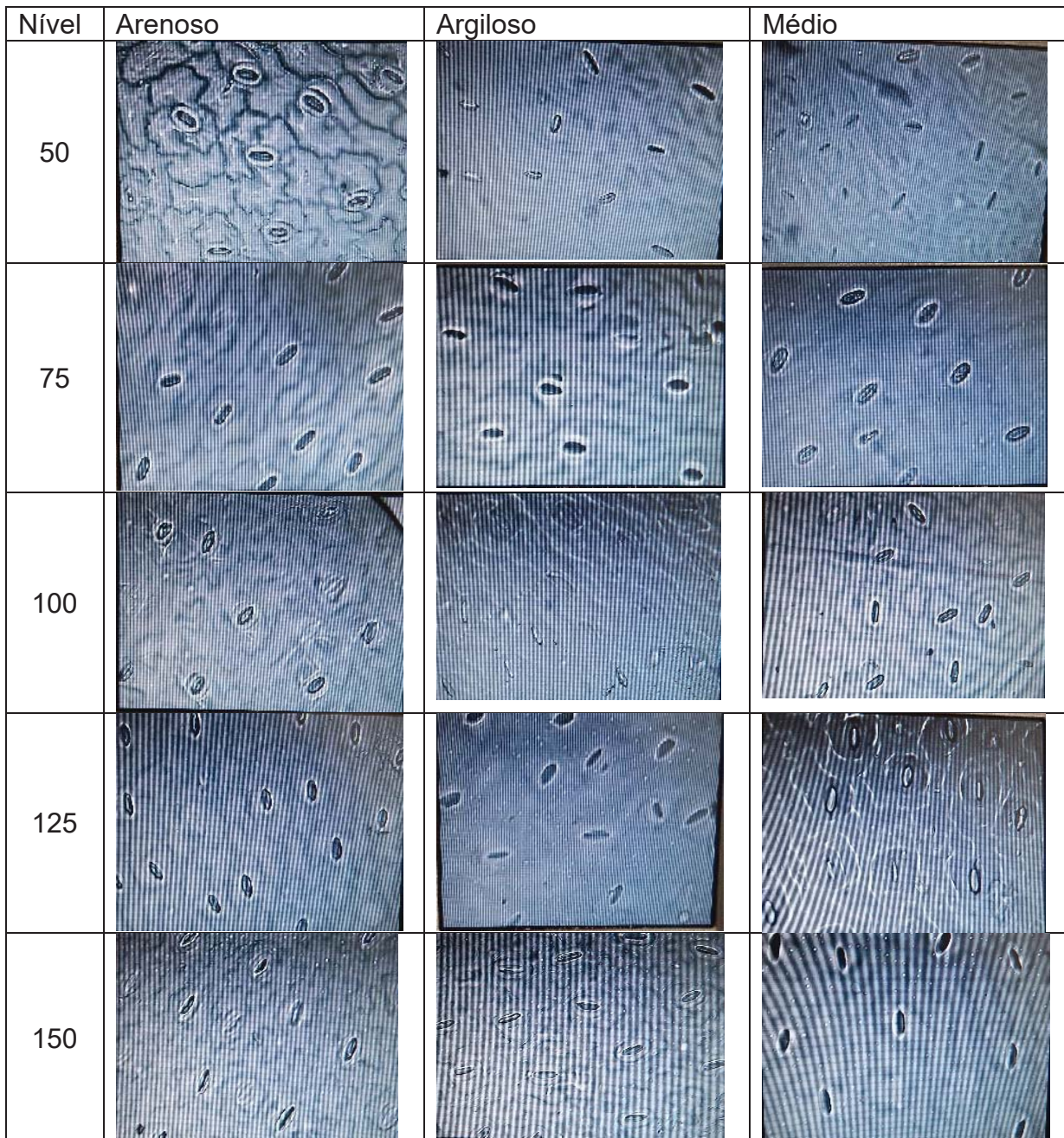
A contagem de estômatos foi realizada uma vez por ciclo aos 70 DAS, conforme é apresentado nas Tabelas 10 e 11 para os ciclos de inverno e verão, respectivamente. Observa-se que não houve diferença significativa para a variável lâmina de irrigação em ambos os ciclos, bem como para a variável textura do solo no ciclo de verão. Observa-se também que não houve interação entre as variáveis em ambos os ciclos, sendo que as médias gerais de números de estômatos foram 140 e 154 estômatos/mm² para o ciclo de inverno e verão, respectivamente.

Figura 12 – Estômatos na fase abaxial, de folhas de coentro submetidos á diferentes níveis de irrigação aos 70 DAS, no ciclo de inverno



Colunas apresentam as texturas de solos e linhas as lâminas de irrigação de acordo com a ETC

Figura 13 – Estômatos na fase abaxial, de folhas de coentro submetidos á diferentes níveis de irrigação aos 70 DAS no ciclo de verão



Colunas apresentam as texturas de solos e linhas as lâminas de irrigação de acordo com a ETc

Tabela 10 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável número de estômatos por mm² no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,3728	50	125,3	138,6	143,3	135,7	-
		75	165,6	166,0	152,3	161,3	-
		100	121,0	152,3	112,0	128,4	-
		125	130,0	165,3	116,6	137,3	-
		150	125,6	138,7	152,3	138,9	-
Textura – T	0,2954	Arenoso	133,5			-	
		Argiloso			152,2	-	
		Médio			135,3	-	
Interação L x T	0,8281						
Coef. Variação (%)	25,21						
Média Geral						140,3	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável número de estômatos por mm² no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,5388	50	174,3	219,3	62,6	152,1	-
		75	197,0	138,6	98,3	144,6	-
		100	170,3	170,0	183,9	174,6	-
		125	179,3	103,0	112,0	131,4	-
		150	170,3	179,0	161,3	170,2	-
Textura – T	0,0534	Arenoso	178,2			-	
		Argiloso			162,0	-	
		Médio			123,6	-	
Interação L x T	0,2293						
Coef. Variação (%)	39,08						
Média Geral						154,6	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

1.3.4 Massa seca da parte aérea

Os resultados experimentais da produção de massa seca (t ha⁻¹) da parte aérea de coentro nos ciclos de inverno e verão são apresentados nas Tabelas 12 e 13 para o ciclo de inverno e verão, respectivamente.

Tabela 12 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável massa seca da parte aérea no ciclo de inverno

Fonte de Variação NMS		Produtividade de matéria seca (t ha⁻¹)			Média
		Desdobramento L em T ↓			
		Arenoso	Argiloso	Médio	
Lâmina – L	0,0001				
Textura – T	0,0001				
Interação L x T	0,0001				
Coef. Variação (%)	10,06				
Desdobramento T em L → NMS		0,0195	0,0000	0,0000	
50	0,0000	3,56 Bc	6,98 Bb	11,88 Ca	7,47
75	0,0000	5,08 ABc	8,37 Bb	19,04 Ba	10,83
100	0,0000	5,35 ABc	11,45 Ab	21,47 Ba	12,76
125	0,0000	5,91 ABc	13,02 Ab	25,39 Aa	14,80
150	0,0000	7,19 Ac	13,40 Ab	25,47 Aa	15,33
Média	-	5,42 c	10,64 b	20,65 a	12,24

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observa-se que no ciclo de inverno houve efeito significativos para as lâminas de irrigação, para as texturas de solos e houve interação significativa entre a essas variáveis. Os resultados do desdobramento das texturas em cada lâmina de irrigação mostram que a textura média do solo foi a que proporcionou maior produtividade de matéria seca (média de 20,65 t.ha⁻¹), seguida da textura argilosa (média de 10,64 t.ha⁻¹) e com a menor massa a textura arenosa (média de 5,42 t.ha⁻¹). Por sua vez, o desdobramento das lâminas de irrigação em cada textura mostram que na textura média a produtividade de massa seca das lâminas de irrigação de 150 e 125% da ETc superaram àquelas de 100 e 75% e estas superaram a de 50%. No caso da textura argilosa, a produtividade de massa seca das lâminas de irrigação de 150, 125 e 100% da ETc superaram àquelas de 75 e 50%; e no caso da textura arenosa, a produtividade de massa seca da lâmina de irrigação de 150% da ETc somente superou àquela de 50% da ETc.

No ciclo de verão (Tabela 13), ambas as variáveis apresentaram significância, porém não houve efeito de interação. A lâmina de 50% da ETc foi a única que apresentou menor valor. Na variável textura do solo, somente houve diferença significativa entre o solo argiloso, mais produtivo, e o arenoso, menos produtivo.

O coentro pode ser plantado em uma ampla gama de tipos e texturas de solo desde que sejam ricos em matéria orgânica e bem drenados (Sharma e Sharma, 2012), entretanto o mesmo é mais adaptado a solos de textura média a argilosa.

Tabela 13 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produtividade de matéria seca (t ha⁻¹) da parte aérea no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0007	50	2,37	5,50	3,11	B
		75	4,09	8,31	7,03	A
		100	6,83	5,99	5,39	A
		125	5,99	7,11	6,56	A
		150	6,36	5,99	7,55	A
Textura – T	0,0398	Arenoso	5,13			B
		Argiloso		6,57		A
		Médio			5,92	AB
Interação L x T	0,0641					
Coef. Variação (%)	25,16					
Média Geral						5,88

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

1.4 CONCLUSÕES

A partir desta pesquisa sobre lâminas de irrigação e textura de solos na cultura do coentro, as seguintes conclusões são obtidas:

O coentro colhido com 50 dias após a semeadura pode ser irrigado com lâmina de 50% da ETc e em todas as texturas de solos.

A densidade estomática não apresentou diferenças entre os tratamentos nos dois ciclos.

A textura de solo que mais produziu massa seca foi a média no ciclo de inverno e a argilosa e média no ciclo de verão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da empresa Petroisa Irrigação

REFERÊNCIAS

ABCSEM. Associação Brasileira do Comércio de Sementes.
<www.abcsem.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2017.
http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2009.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15084**: irrigação localizada: microaspersores: requisitos gerais e métodos de ensaio. São Paulo, 2004. 11 p.

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

ALLEN, R. G. et al., **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES et al., Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, 2005.132-137p.

BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, 1991. v. 2, 377p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

BHANDARI, M. M.; GUPTA, A. Variation and association analysis in coriande. **Euphytica**, v. 58, p. 1-4, 1991.

CLAESSEN, M. E. C. **Manual de métodos e análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

DOURADO-NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, São Paulo v. 57, p. 191-192, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRAS et al., **Distribuição Temporal das Variáveis Climatológicas em Botucatu-SP**. IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias, Botucatu, 2015.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

Hassan, F. A. S.; Ali, E. F. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. plant. **Journal of the saudi society of agricultural sciences**, v. 13, n. 2, p. 155-161, 2014.

MAJUMDAR, R. K.; CHAKLADAR, B. P.; MUKHERJEE, S. K. Selection and classification of mango root stocks in the nursery stage. **Acta Horticulturae**, v. 24, p. 101-106, 1972.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MELO, E. A. et al. Antioxidant activity of coriander extracts (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.195-9, 2003.

OLIVEIRA et al., **Produção de coentro cultivado com esterco bovino e adubação mineral**. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 3, 2002. 477-479p.

RAIJ. B.V. et al. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: **IAC**, p. 285. 2001.

Sharma, M.M., Sharma, R.K., Coriander. In: K.V. Peter (Ed.), Handbook of Herbs & Spices, vol. 2. CRC, **Woodhead Publishing Limited**, p. 217–249, 2012.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E. Produção de matéria seca e evapotranspiração real da aveia preta (*Avena strigosa* S.) em seis níveis freáticos. **Irriga**, Botucatu, v. 1, 2006.

Singh M.X Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in a semi-arid tropical climate. **Journal of Spices and Aromatic Crops**. V. 20 (1) : p. 30-33, 2011.

Souza, J. V. R. S. et al. No-till and direct seeding agriculture in irrigated bean: Effect of incorporating crop residues on soil water availability and retention, and yield. **Agricultural Water Management, Elsevier**, v. 170 (C), p. 158-166, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

2 CAPÍTULO 2: TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “A” NA CULTURA DO COENTRO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO

RESUMO

No presente trabalho objetivo foi avaliar as trocas gasosas de folhas de coentro quando submetido à diferentes lâminas de irrigação e em diferentes texturas de solo. O trabalho foi conduzido em vasos dentro de casa de vegetação pertencente a área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu – SP (FCA\UNESP), durante os períodos de inverno e verão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 15 tratamentos, 5 lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da ET_c) e 3 texturas de solo (arenoso, médio e argiloso). As lâminas de irrigação foram definidas com base em lisimetria. Foram realizadas avaliações de trocas gasosas utilizando-se o IRGA 62, modelo LI-6400, LI-COR, uma vez em cada ciclo, aos 70 DAS. Foram realizadas avaliações de taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), taxa de transpiração (E , $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$), condutância estomática (GS , $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na folha (C_i , $\mu mol\ mol^{-1}$), eficiência do uso da água (A/E , $\mu mol\ CO_2\ (mmol\ H_2O)^{-1}$) e eficiência de carboxilação (A/C_i). A taxa de assimilação de CO_2 não diferiu para a variável lâminas e houve interação, porém a variável textura diferiu no ciclo de inverno. A condução estomática não possui interação entre lâminas e textura, porém no ciclo de inverno ocorreu diferença na variável lâmina e não diferiu a textura. Já no ciclo de verão diferiu a textura e não diferiu a lâmina. A concentração de CO_2 não diferiu com as lâminas e não houve interação entre lâmina e textura no ciclo de verão. Já no ciclo de inverno a variável textura diferiu. A transpiração não teve interação entre lâminas e textura, entretanto a variável textura de solo no ciclo de inverno e a variável lâmina no ciclo de verão são significativas. A eficiência no uso da água possui interação entre lâmina e textura de solo, e a eficiência da carboxilação não possui interação e não possui variável significativa.

Palaves-chave: Taxa de assimilação de CO_2 , taxa de transpiração, concentração interna de CO_2 na folha, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação.

ABSTRACT

The present work was aimed at the control of the gas exchange of coriander leaves when submitted to different irrigation slides and in different soil textures. The work was conducted in pots inside the greenhouse belonging to an experimental area of the Department of Rural Engineering of the Faculty of Agronomic Sciences, Campus Botucatu - SP (FCA/UNESP) during the winter and summer seasons. The experimental design was completely randomized with 15 treatments, 5 irrigation slides (50, 75, 100, 125 and 150% ET_c) and 3 soil textures (sandy, clayey). The irrigation slides were based on lysimetry and the evaluations were at 70 days after sowind using the LI-6400 LI-COR model. It was evaluated using a CO₂ assimilation rate (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), internal CO₂ concentration in the leaf (C_i, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), transpiration rate (E, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (G_s, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), water use efficiency (A/E, $\mu\text{molCO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) and carboxylation efficiency (A/C_i). The rate of assimilation of CO₂ is not different for the units of lower and lower interaction, since the texture variable does not differentiate the winter cycle, the conduction is not able to vary between the blades and texture textures, no longer summer cycle differed the texture and did not differentiate the lamina, the concentration of CO₂ did not differ by and was not presented between blades and textures without summer cycle, without winter cycle the variable texture different, the Transpiration does not have interaction between blades and texture, a variable soil texture without winter cycle and a variable rate in the cycle of the year are signified, the water use efficiency and the interaction between the blade and the soil texture, and the efficiency of the container are not able to interact and do not possess significant variable.

Keywords: Rate of CO₂ assimilation, transpiration rate, internal CO₂ concentration in the leaf, water use efficiency and carboxylation efficiency.

2.1 INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) possui atividades antibacterianas, antifúngicas e antioxidativas o que o torna uma excelente forma de prolongamento da vida útil dos alimentos, evitando que os mesmos venham a se deteriorar mais rapidamente (MANDAL E MANDAL, 2015), além de ser muito utilizado na culinária como tempero (Melo et al., 2003). De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a agricultura irrigada é o maior utilizador de água representando 70% da utilização global, seguido por indústria e usos domésticos com 20% e 10%, respectivamente. A irrigação é uma das principais formas de aumentar a produtividade agroindustrial dos cultivos agrícolas. Folegatti et al. (2011) comentam que apenas 17% das terras cultivadas são irrigadas, porém estas fornecem de 30 a 40% da produção mundial de alimentos. Estudos precisam ser realizados para determinar a real necessidade hídrica dos cultivos agrícolas para garantir produção e segurança alimentar e utilizando o mínimo possível de água e energia, obtendo a máxima produtividade econômica. Na física do solo são definidos quantitativamente e qualitativamente o tamanho das partículas (textura do solo) e seu arranjo no corpo do solo. Tais propriedades afetam a capacidade de retenção de água que, por sua vez, influencia as variáveis biofísicas (índice de área foliar, altura da planta, produtividade, número de sementes por planta). Com isso o propósito deste experimento é avaliar as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila "A" na cultura do coentro quando submetida a diferentes lâminas de irrigação e texturas de solo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Local e condução do experimento

O trabalho foi conduzido em ambiente protegido com dimensões de 7,0 m x 30,0 m na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Campus de Botucatu-SP, cujas coordenadas são: 22° 51'S, 48°27'W e 786 metros de altitude (Figura 1). A precipitação média anual é em torno de 1.750 mm e a evapotranspiração média anual de 945 mm, com temperatura média anual de 20,6 °C, temperatura máxima média de 23,5 °C e mínima média de 17,4 °C.

Figura 1 – Experimento foi conduzido em casa de vegetação, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu-SP



Foto: Marcos Antonio Liodório dos Santos - 2017

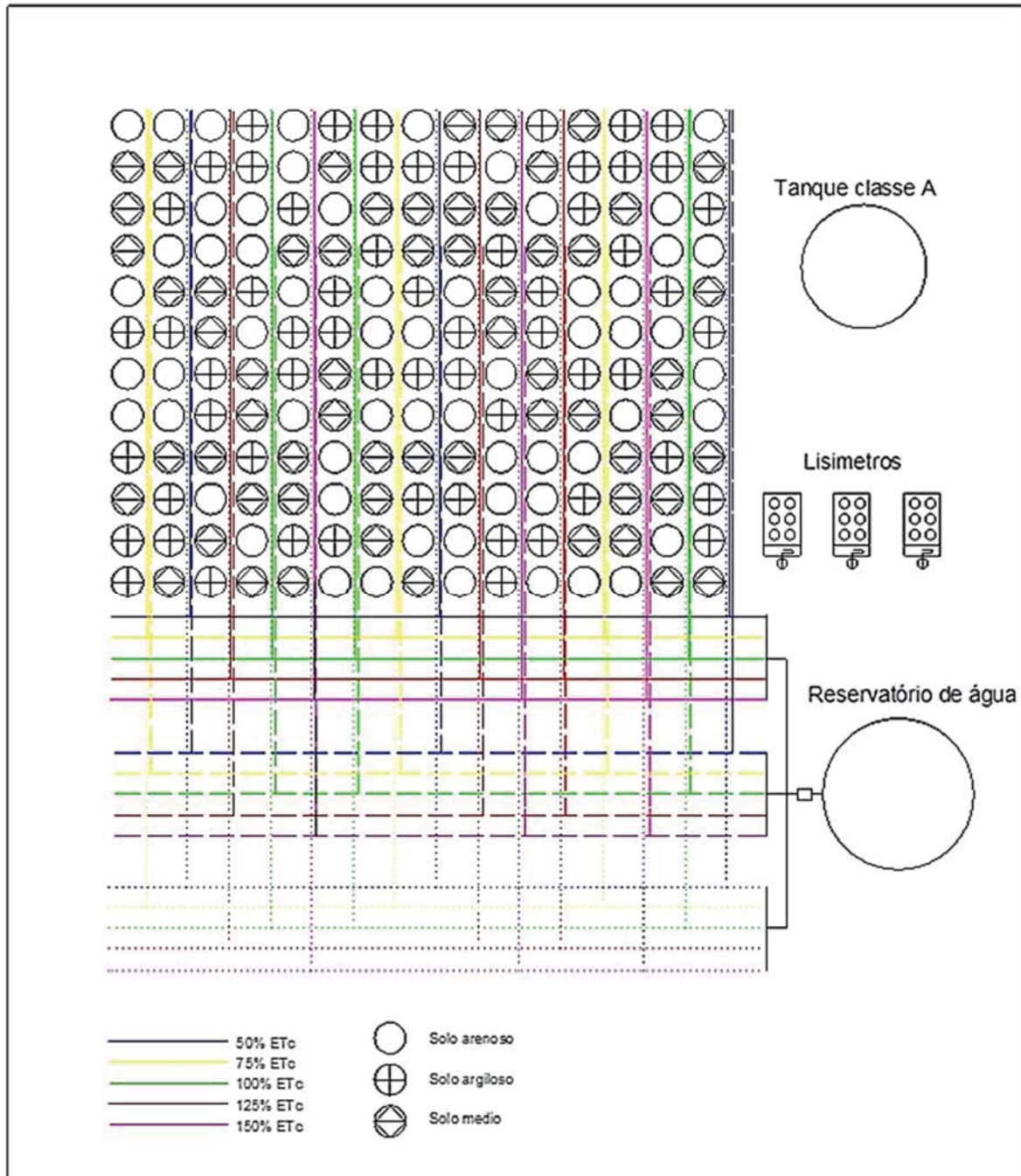
O experimento foi conduzido em vasos de 14 litros, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 5 (lâminas) x 3 (texturas de solos) x 12 (repetições), totalizando 180 vasos, conforme a Figura 2. As lâminas de irrigação foram definidas com base na evapotranspiração da cultura (50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura - ET_c), e as 3 texturas de solo (solo arenoso, solo argiloso e solo médio).

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) pela equação 1 e corrigida segundo metodologia proposta por Pai e Escobedo (2011):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left[\gamma \frac{900}{T + 273} \right] U_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 U_2) \right]} \dots \dots \dots (1)$$

Em que R_n é o saldo de radiação ($MJ m^{-2} dia^{-1}$), G é o fluxo de calor no solo ($MJ m^{-2} dia^{-1}$), U_2 é a velocidade do vento a 2m e altura ($m s^{-1}$), e_s é a pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa), e é a pressão do vapor d'água do ar (kPa) e Δ é a inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar ($kPa ^\circ C^{-1}$).

Figura 2 – Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio)



Durante a condução do experimento os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram armazenados em uma estação meteorológica Campbell modelo CR10X (Figura 3), que foi instalada no centro do experimento.

Figura 3 – Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento



O Coeficiente do tanque classe A (K_p) foi calculado com base na Equação 2:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,000376 U + 0,0045 UR \quad (2)$$

Em que B é a bordadura do tanque classe A, U é a velocidade do vento no Tanque Classe A (km dia^{-1}) e UR é a umidade relativa do ar, em %.

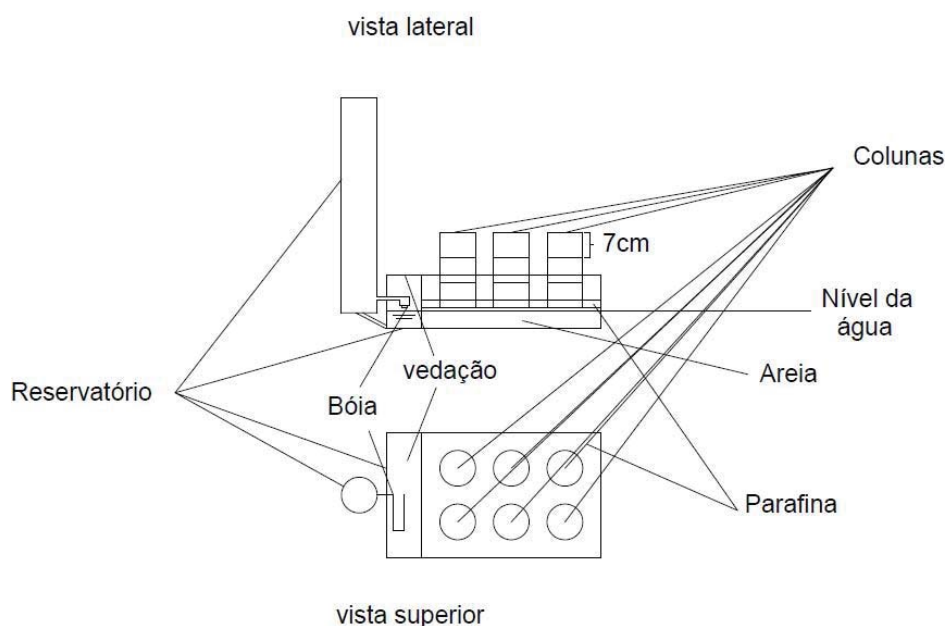
A irrigação foi realizada com base na ET_c dos lisímetros (Figura 4), sendo utilizados 3 lisímetros, cada um com 6 colunas de um mesmo tipo de solo (solo arenoso, solo argiloso e solo médio) para mensurar a ET_c em cada tipo de solo. Os conjuntos de colunas foram preenchidos com os respectivos solos e o reservatório foi completado com água uma semana antes da semeadura a fim de estabilizar o processo de capilaridade, conforme sugerido por Silveira e Klar (2006).

Figura 4 – Lisímetros usados para a mensuração da evapotranspiração da cultura



Foto: Marcos Antonio Liodorio dos Santos - 2017

Os lisímetros utilizados são equipamentos de sistema fechado, em que somente a ascensão capilar influencia a evapotranspiração, sendo que esta foi medida diariamente às 9:00 horas da manhã pela diferença no nível de água do reservatório de abastecimento e o nível do dia anterior, transformado em lâmina d'água pela simples divisão por 6 (seis) que é o número de colunas (plantas), já que o reservatório também é constituído de Tubo de PVC de diâmetro nominal 0,15 m, com altura de 0,80 m, correspondente ao consumo de água em seis colunas de mesmo diâmetro. Este sistema possui um compartimento intermediário que tem um flutuador para manter o nível da água. O fornecimento de água até o compartimento intermediário para a área útil da bandeja foi feito por um tubo de PVC com um diâmetro nominal de 0,02 m. Para avaliar apenas a evapotranspiração nos vasos, os espaços entre eles foram preenchidos com parafina e parte do reservatório foi vedado com isopor e manta plástica (Figura 5).

Figura 5 - Esquema lisímetro

Fonte: Adaptado de Silveira e Klar, 2006.

Com os valores de Evapotranspiração de referência e Evapotranspiração da cultura foi possível calcular o coeficiente de cultivo nas diferentes fases da cultura pela Equação 3:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, sendo os emissores autocompensantes do tipo on-line com vazão nominal de 2,0 L h⁻¹ e distanciados entre si de 0,40 m e entre linhas de 0,40 m. O gotejador foi conectado por um microtubo de 4 mm a uma linha de derivação de 16 mm, de modo que cada vaso possui um gotejador trabalhando com pressão de serviço de 15 mca. Após a montagem do sistema de irrigação foi realizado um teste de avaliação seguindo as normas de ABNT (2004), obtendo resultado de 98,5% de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), sendo assim classificado como excelente Mantovani (2001).

O manejo da irrigação (leitura dos lisímetros e a irrigação propriamente dita) foi realizado diariamente 9:00 horas da manhã e o volume aplicado nos diversos tratamentos (quinze) foi feito com base na ET_c apresentada nas três texturas de solos dos lisímetros, considerando a leitura como o nível de irrigação de 100% da ET_c de acordo com a equação 4:

$$ETc = \text{leitura do dia} - \text{leitura do dia anterior} \quad (4)$$

De acordo com a característica químicas da água utilizada na irrigação (Tabela 1), a mesma foi classificada como C1S1 e não apresenta restrição para irrigação (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008; BERNARDO et al., 2008).

Tabela 1 – Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP

pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.E
	----- mg L ⁻¹ -----												mS Cm ⁻¹
7,32	4	1	22	18	10	5	3,80	0	0	0,16	0	0	0,073

Fonte: Laboratório de nutrição mineral de plantas, FCA, UNESP; n = 3.

Os solos utilizados foram coletados de áreas das Fazendas Experimentais do Lajeado e Edgardia localizadas em Botucatu-SP, posteriormente foram peneirados e antes da semeadura, amostras de solo foram retiradas e encaminhadas ao laboratório para realização das análises físicas e químicas, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Foi determinada a curva de retenção de água no solo das texturas arenosa, argilosa e média (Figura 6) utilizando o modelo de Genuchten (1980) por meio do programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC (DOURADO NETO et al., 2001). Com base nos resultados químicos do solo: alumínio, matéria orgânica, pH, carbono orgânico, CTC efetiva, saturação de bases, nitrogênio no solo, nutrientes P, K, Ca e Mg disponíveis para as plantas, a correção do pH foi feita com calcário dolomítico PRNT 98% e a quantidade pelo método de saturação por bases para elevar o valor da saturação inicial até atingir 80% de acordo com (RAIJ et al., 2001). O cálculo da necessidade de calagem foi feito pela equação 5, sendo aplicados 3,0; 2,7 e 0,5 gramas por litro de solo para os solos arenoso, argiloso e médio, respectivamente. A adubação foi feita com superfosfato simples, ureia e KCl, sendo utilizados 1 grama por litro de solo em todos os solos de Superfosfato simples, 0,07 gramas por litro de ureia e 0,07 gramas por litro de KCl em todas as texturas de solo.

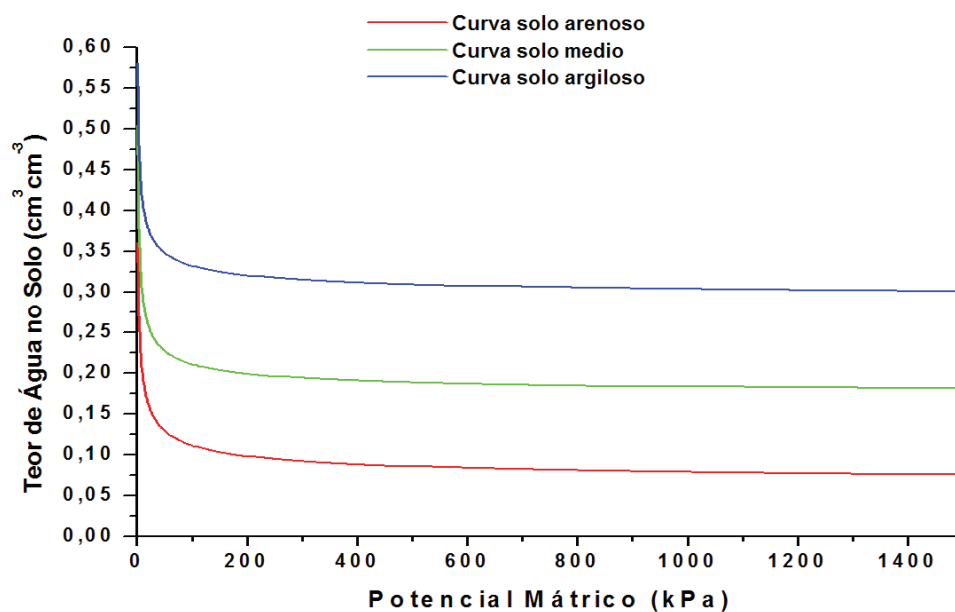
Tabela 2 - Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

Textura	pH	M.O.	Presina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Do solo	CaCl ₂	g/dm ³	Mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						
Arenosa	4,7	9	4	17	1,1	7	3	10	28	38
Argilosa	3,9	14	5	87	0,5	3	1	5	92	5
Média	4,1	16	4	77	0,7	3	1	4	81	5

Tabela 3 - Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

Textura	Areia			Argila	Silte
	Grossa	Fina	Total		
Do solo					
Arenosa	258	699	957	34	9
Argilosa	185	251	436	456	108
Média	306	346	652	291	57

Figura 6 – Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média



Os solos que foram utilizados são classificados como Neossolo Quartzarênico Distrofíco (arenoso), Latossolo Vermelho Distroférico (argiloso) e Latossolo Vermelho Distrofíco (médio) (EMBRAPA, 2006):

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1) \cdot f}{100} \quad (5)$$

Em que: NC é a necessidade de calcário, t ha⁻¹ considerando 2 milhões de litros em 10 mil m²; CTC é a capacidade de troca catiônica; V₂ é a saturação por bases desejada, V₁ é a saturação de bases inicial obtida pela análise de solo e f é o fator de correção do calcário (100/Poder Relativo de Neutralização Total - PRNT).

As sementes de coentro foram da marca TOPSEED variedade Português e as mesmas foram semeadas diretamente nos vasos, com um total de 8 sementes por vaso e posteriormente foi efetuado desbaste deixando as 4 plantas mais vigorosas. As semeaduras foram realizadas em 30/07/2016 e 22/12/2016 e as colheitas em 21/12/2016 e 12/04/2017.

A irrigação na germinação foi feita de forma idêntica para todos os tratamentos e em ambos os ciclos, de modo a não haver estresse hídrico e permitir plena germinação, após esta iniciaram-se os tratamentos. Ao final do ciclo quando todas as plantas possuíam sementes verdes, com o objetivo de acelerar o amadurecimento foi encerrada a irrigação.

O controle das plantas invasoras foi realizado por retirada manual, três vezes ao longo de cada ciclo, de acordo com as necessidades.

2.2.2 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram as avaliações fotossintéticas (IRGA). Estas foram realizadas aos 70 dias após a semeadura (DAS) em ambos os ciclos; esse período corresponde ao período de colheita para utilização dessa cultura como tempero. Foram realizadas avaliações de taxa de assimilação de CO₂ (A, μmol m⁻² s⁻¹), taxa de transpiração (E, mmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs, mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ na folha (C_i, μmol mol⁻¹), eficiência do uso da água (A/E, μmolCO₂ (mmol H₂O)⁻¹) e eficiência de carboxilação (A/C_i).

As trocas gasosas (eficiência fotossintética) foram realizadas com Infra Red Gas Analyser – IRGA modelo LI6400, LI-COR, sendo este um equipamento de sistema aberto de fotossíntese com analisador de vapor de água e CO₂ (Figura 7).

Figura 7 – Avaliação de eficiência fotossintética com - Infra Red Gas Analyse – IRGA, modelo LI-6400, LI-COR



2.2.3 Análise estatística

Os dados referentes as variáveis biométricas, e de eficiência fotossintética foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o software Sisvar (FERREIRA, 2008).

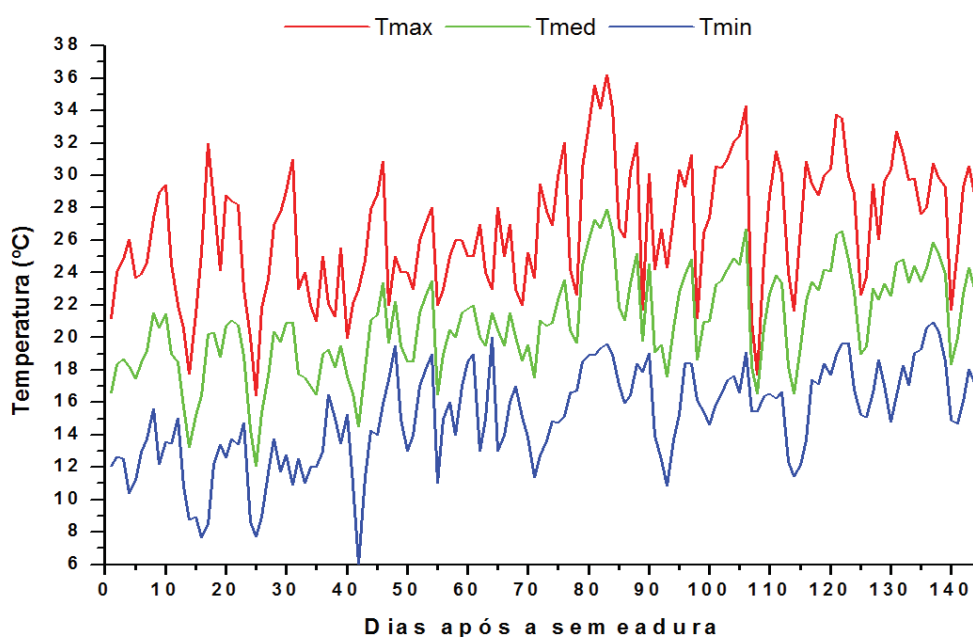
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Variáveis agrometeorológicas

2.3.1.1 Temperatura

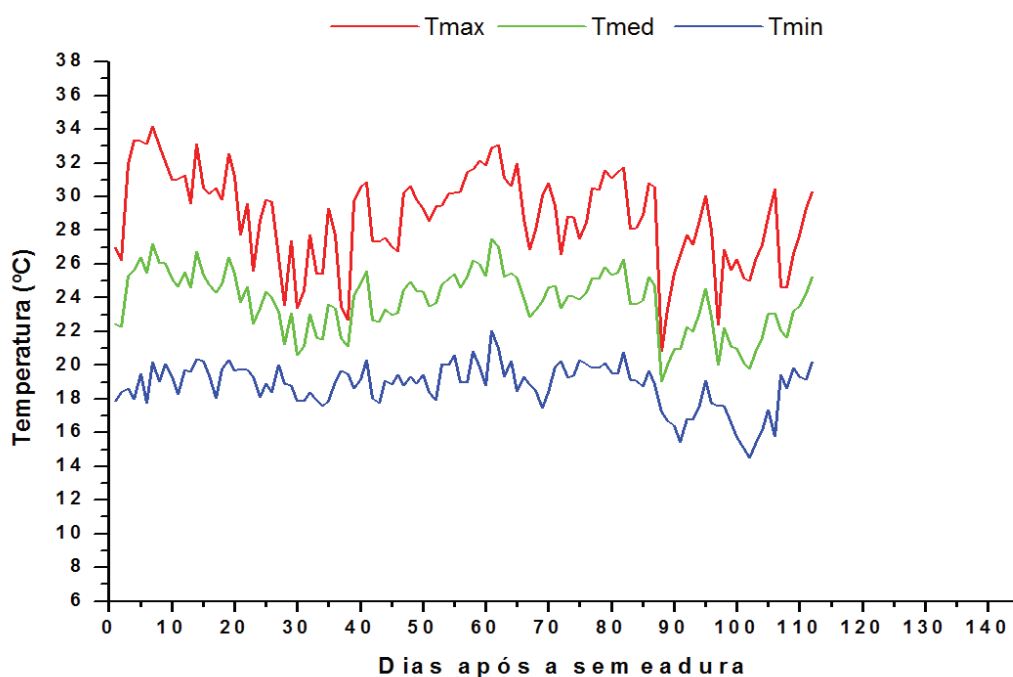
Os dados de temperaturas máxima, mínima e média durante o decorrer dos ciclos de cultivo são apresentados nas Figuras 8 e 9, é possível ver que a amplitude de temperatura durante o ciclo de inverno foi maior variando de 6,1°C a 36,2 °C, o que representa uma variação de 30,1 °C, enquanto que no 2º ciclo essa variação foi de 19,7 °C variando entre 14,5 °C e 34,2. As temperaturas médias durante os ciclos foram 20,9 °C e 23,7 °C (inverno/verão).

Figura 8 – Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de inverno



Ao analisar os dados de temperatura do ciclo de inverno, que iniciou no dia 30/07/2016 observa-se uma tendência de aumento da temperatura ao longo do ciclo o que se apresenta como sendo normal visto que a temperatura mínima no inverno ocorre nos meses de junho/julho e após isso começa a subir (FILGUEIRAS et al., 2015).

Figura 9 – Valores de temperatura máxima, mínima e média no período de condução do experimento, no ciclo de verão



A partir dos dados de temperatura do ciclo de verão que iniciou no dia 22/12/2016 observa-se uma tendência de redução de temperatura ao longo do ciclo o que se apresenta como sendo normal visto que a temperatura máxima ocorre nos meses de Janeiro/fevereiro e após isso começa a diminuir (FILGUEIRAS et al., 2015).

2.3.1.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar durante o decorrer dos ciclos de cultivo é apresentada nas Figuras 10 e 11. É possível ver que a mesma apresenta-se superior no ciclo de verão que vai do mês de dezembro de 2016 ao mês de abril de 2017 e no ciclo de inverno que vai de julho de 2016 a dezembro de 2016 com média de 74% e 69%, respectivamente.

A umidade mínima no ciclo de inverno foi de 15% enquanto que no ciclo de verão foi de 22%, mostrando assim uma maior variabilidade no segundo ciclo.

Figura 10 – Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de inverno

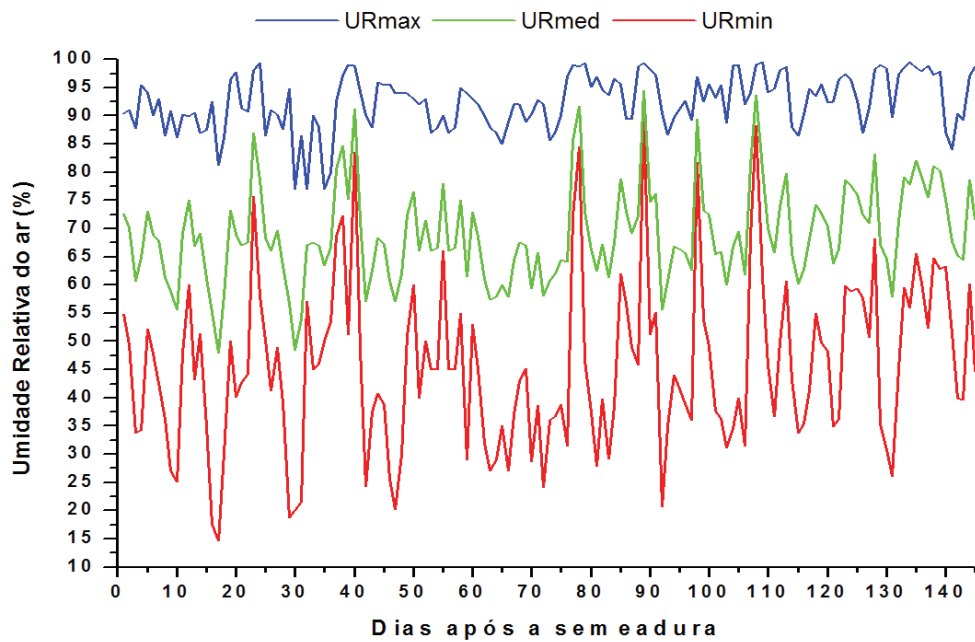
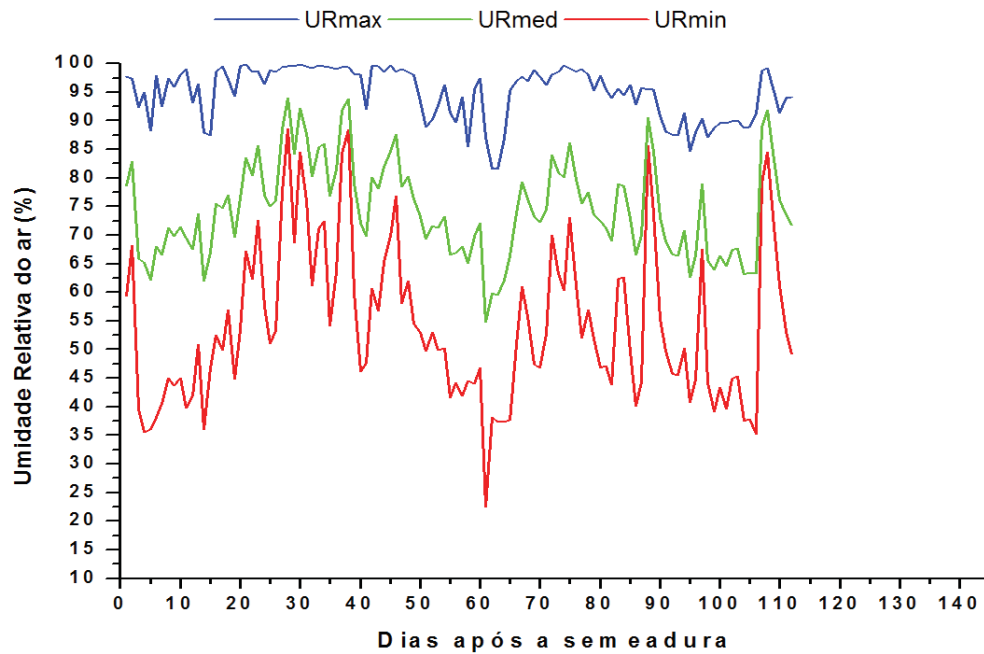


Figura 11 – Valores de umidade relativa do ar no período de condução do experimento, no ciclo de verão



2.3.3 Fotossíntese

As avaliações de fotossíntese foram realizadas aos 70 dias após a semeadura (DAS), em ambos os ciclos. Foram realizadas avaliações de taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ na folha (C_i, $\mu\text{mol mol}^{-1}$), eficiência do uso da água (A/E, $\mu\text{molCO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e eficiência de carboxilação (A/C_i)

2.3.3.1 Taxa de assimilação de CO₂ (A)

Síntese da análise de variância da taxa de assimilação de CO₂ é apresentada nas Tabelas 4 e 5. Observa-se que não houve diferença significativa para a variável lâmina de irrigação em ambos os ciclos, porém houve para a textura de solo no ciclo de inverno, o solo de textura média diferiu dos demais com a maior taxa de assimilação de CO₂, contudo, no ciclo de verão não houve diferença significativa para esta variável. Entre as variáveis estudadas não houve interação. As médias gerais de eficiência fotossintética foram 11,08 e 7,75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$, para os ciclos de inverno e verão, respectivamente. Esse resultado de CO₂ nas diferentes texturas de solo pode ter sido ocasionado pelo fato de que na textura arenosa a água da irrigação infiltrar mais rapidamente pelo perfil do solo por conta do arranjo dos microporos e macroporos, causando um estresse momentâneo e no caso da textura argilosa o excesso de microporos faz a água ficar muito retida no solo, com isso a taxa de assimilação de CO₂ é reduzida uma vez que para as plantas se torna mais oportuno restringir a entrada de CO₂ para evitar perda de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Estresse na planta em geral pode causar diferenças na taxa de assimilação de CO₂ (Erice et al., 2011).

Tabela 4 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Taxa de assimilação de CO₂ (em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0698	50	6,43	8,66	12,33	9,14	-
		75	9,08	9,15	13,98	10,74	-
		100	7,40	10,77	11,08	9,75	-
		125	11,01	13,08	18,53	14,21	-
		150	8,36	9,07	17,29	11,57	-
Textura – T	0,0003	Arenoso	8,45				B
		Argiloso		10,14			B
		Médio			14,64		A
Interação L x T	0,8519						
Coef. Variação (%)	34,41						
Média Geral					11,08		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Taxa de assimilação de CO₂ (em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$) no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0745	50	4,36	7,09	2,02	4,49	-
		75	8,79	8,63	7,83	8,41	-
		100	7,77	10,06	9,24	9,02	-
		125	6,52	8,57	10,76	8,62	-
		150	8,36	9,29	7,00	8,20	-
Textura – T	0,4387	Arenoso	7,15				-
		Argiloso		8,73			-
		Médio			7,37		-
Interação L x T	0,7762						
Coef. Variação (%)	46,40						
Média Geral					7,75		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.3.2 Condução estomática

Síntese da análise de variância da condução estomática nos dois ciclos é apresentada nas Tabelas 6 e 7, onde observa-se que não houve diferença significativa para a variável lâmina de irrigação no ciclo de inverno, porém houve diferença no ciclo de verão. No ciclo de verão a condutância estomática nas lâminas de irrigação de 150, 125 e 100% da ET_c superaram apenas àquela da lâmina de 50% da ET_c. Epron & Dreyer (1993) e Kubiske & Abrams (1994) concluíram que a condutância estomática

está associada a um baixo conteúdo de água no solo, isso corrobora parcialmente com os resultados obtidos neste experimento. Em relação à textura do solo, somente houve diferença significativa no ciclo de inverno, sendo que na textura média apresentou maior valor ($0,2880 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), diferindo-se da textura arenosa ($0,0966 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Isso evidencia que o arranjo do solo com textura arenosa pode ter provocado estresse hídrico as plantas, reduzindo a condução estomática para garantir a manutenção da água (TAIZ; ZEIGER; 2013). Tendo em vista que a maior condutância estômática da água geralmente aumenta a difusão de CO_2 na folha fazendo com que a planta obtenha mais biomassa (ERICE et al., 2011).

Tabela 6 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável condução estomática (em $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,1219	50	0,0566	0,1000	0,2233	0,1266	-
		75	0,0900	0,1066	0,2633	0,1533	-
		100	0,0700	0,2166	0,2566	0,1811	-
		125	0,1633	0,2233	0,3933	0,2600	-
		150	0,1033	0,2866	0,3033	0,2311	-
Textura – T	0,0004	Arenoso	0,0966				B
		Argiloso	0,1866				AB
		Médio	0,2880				A
Interação L x T	0,9193						
Coef. Variação (%)	61,27						
Média Geral					0,1904		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 7 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável condução estomática (em mol m⁻² s⁻¹) no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey		
		Arenoso	Argiloso	Médio				
Lâmina – L	0,0112	50	0,1166	0,1633	0,0766	0,1188	B	
		75	0,3333	0,2366	0,3000	0,2900	AB	
		100	0,1966	0,3300	0,4633	0,3300	A	
		125	0,3566	0,3133	0,3333	0,3344	A	
		150	0,3400	0,4033	0,3366	0,3600	A	
Textura – T	0,8228	Arenoso	0,2686				-	
		Argiloso		0,2893				-
		Médio			0,3020			-
Interação L x T	0,6222							
Coef. Variação (%)	51,30							
Média Geral					0,2866			

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.3.3 Concentração de CO₂ (Ci)

A concentração de CO₂ foi avaliada aos 70 DAS nos dois ciclos, conforme a síntese da análise de variância, apresentado nas Tabelas 8 e 9. Observa-se que não houve diferença significativa para a variável lâmina de irrigação em ambos os ciclos, assim como também não houve diferença para a variável textura do solo no ciclo de verão, porém houve no ciclo de inverno, sendo que na textura arenosa foram obtidos menores valores de Ci em relação às outras texturas. Contudo a redução da concentração interna de CO₂ ocorreu principalmente por conta do fechamento estomático e esses resultados corroboram com os obtidos por Arnau et al., 1997.

Tabela 8 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Ci (em $\mu\text{mol mol}^{-1}$) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0870	50	188,91	217,78	252,54	219,74	-
		75	156,02	211,68	279,36	215,69	-
		100	191,94	249,21	283,75	241,63	-
		125	241,45	261,67	284,25	262,46	-
		150	230,22	299,16	261,92	263,77	-
Textura – T	0,0007	Arenoso	201,71				B
		Argiloso		247,90			A
		Médio			272,46		A
Interação L x T	0,6116						
Coef. Variação (%)	18,90						
Média Geral						240,66	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 9 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Ci (em $\mu\text{mol mol}^{-1}$) no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0625	50	289,23	276,05	323,48	296,25	-
		75	318,12	304,99	315,32	312,81	-
		100	304,63	318,35	332,62	318,53	-
		125	337,88	319,96	311,95	323,26	-
		150	322,02	321,07	331,76	324,95	-
Textura – T	0,1895	Arenoso	314,38				-
		Argiloso		308,08			-
		Médio			323,02		-
Interação L x T	0,3278						
Coef. Variação (%)	6,95						
Média Geral						315,16	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.3.4 Transpiração

A Síntese da análise de variância da transpiração nos dois ciclos esta apresentada nas Tabelas 10 e 11. Observa-se que houve diferença significativa para a variável textura no ciclo de inverno e para as lâminas de irrigação no ciclo de verão. No ciclo de inverno a textura media obteve o maior resultado ($4,93 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e no no ciclo de verão a lâmina de 50% da ETc resultou em menor transpiração ($3,21 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação as demais lâminas. Esses resultados corroboram com Boyer (1970) e

Sadras et al. (1993) que demonstram a estratégia de adaptação à seca, por parte das plantas limitando a expansão foliar e a transpiração.

Tabela 10 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável transpiração (em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0223	50	1,34	2,22	3,54	2,37	-
		75	1,57	2,11	4,61	2,76	-
		100	1,54	3,60	4,35	3,16	-
		125	3,01	3,96	6,25	4,40	-
		150	2,22	5,17	5,25	4,43	-
Textura – T	0,0001	Arenoso	1,93				C
		Argiloso		3,41			B
		Médio			4,93		A
Interação L x T	0,9038						
Coef. Variação (%)	45,40						
Média Geral					3,42		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável transpiração (em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0076	50	3,03	4,31	2,28	3,21	B
		75	6,77	5,23	6,26	6,09	AB
		100	4,31	6,71	8,67	6,56	A
		125	7,34	6,75	6,94	7,01	A
		150	7,06	7,81	7,26	7,38	A
Textura – T	0,7874	Arenoso	5,70				-
		Argiloso		6,16			-
		Médio			6,28		-
Interação L x T	0,6095						
Coef. Variação (%)	39,91						
Média Geral					6,05		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação à textura do solo houve diferença significativa somente no ciclo de inverno, não havendo também interação entre as variáveis em ambos os ciclos. O solo de textura média apresentou os maiores valores de transpiração $4,93 \text{ mmol m}^{-2}$

s⁻¹, seguido da textura argilosa 3,41 mmol m⁻² s⁻¹ e, com menor valor, o solo de textura arenosa 1,93 mmol m⁻² s⁻¹.

2.3.3.5 Eficiência no uso da água (A/E)

A análise de variância da eficiência no uso da água é apresentada nas Tabelas 12 e 13, onde observa-se que houve interação dos fatores no ciclo de inverno apenas, sendo que a média geral foi 3,76 e 1,38 μmolCO_2 (mmol H₂O)⁻¹ para o ciclo de inverno e verão, respectivamente.

No ciclo de inverno houve interação das lâminas de irrigação nas texturas do solo, sendo que a textura média não diferiu nas diferentes lâminas de irrigação, mas a arenosa e argilosa sim. A eficiência no uso da água na lâmina de 75% da ETc foi superior àquelas de 125 e 150% da ETc no solo de textura arenosa. No caso da textura argilosa a lâmina de 75% da ETc apresentou maior eficiência somente em relação à lâmina de 150% da ETc.

No ciclo de verão ambas as variáveis não apresentaram efeito significativo assim como não houve interação entre elas. Esse resultado mostra que quanto menor a lâmina aplicada maior é a eficiência no uso da água e corrobora com outros trabalhos como Sousa et al. (2005). Com isso nem sempre o aumento da produtividade em função da quantidade de água otimiza o recurso água (SOUZA et al., 2000).

Tabela 12 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável eficiência no uso da água no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Eficiência no uso da água (μmolCO_2 (mmol H₂O)⁻¹)			Média
		Desdobramento L em T ↓			
Lâmina – L	0,0073	Arenoso	Argiloso	Médio	
Textura – T	0,0002	Desdobramento T em L →			
Interação L x T	0,0481	NMS	0,0364	0,0353	0,8560
Coef. Variação (%)	24,1				
50	0,1044	4,77 ABa	4,24 Aba	3,44 Aa	4,15
75	0,8857	5,93 Aa	4,60 Aa	3,25 Aa	4,59
100	0,6088	4,82 ABa	3,57 Aba	2,65 Aa	3,68
125	0,4456	3,77 Ba	3,35 Aba	3,05 Aa	3,39
150	0,8755	3,76 Ba	2,27 Ba	2,96 Aa	3,00
Média		4,16	3,61	3,07	3,76

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 13 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável eficiência no uso da água no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,5000	50	1,75	2,11	0,97	1,61	-
		75	1,44	1,70	1,52	1,55	-
		100	1,59	1,44	1,07	1,36	-
		125	0,88	1,31	1,56	1,25	-
		150	1,20	1,22	0,97	1,13	-
Textura – T	0,3739	Arenoso	1,37				-
		Argiloso		1,56			-
		Médio			1,22		-
Interação L x T	0,6532						
Coef. Variação (%)	46,99						
Média Geral					1,38		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.3.3.6 Eficiência de carboxilação (A/Ci)

Síntese da análise de variância da eficiência da carboxilação é apresentada nas Tabelas 14 e 15, onde observa-se que não houve diferença significativa tanto dos níveis de lâmina de irrigação quanto nos níveis de textura de solos em ambos os ciclos, assim como também não houve interação entre essas variáveis.

Tabela 14 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Eficiência de carboxilação (A/Ci) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,2878	50	0,034	0,040	0,047	0,040	-
		75	0,075	0,044	0,051	0,056	-
		100	0,039	0,042	0,038	0,040	-
		125	0,043	0,050	0,065	0,053	-
		150	0,036	0,030	0,066	0,044	-
Textura – T	0,2402	Arenoso	0,045				-
		Argiloso		0,041			-
		Médio			0,053		-
Interação L x T	0,3368						
Coef. Variação (%)	42,26						
Média Geral					0,0470		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Eficiência de carboxilação no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,1778	50	0,1523	0,0260	0,0063	0,0158	-
		75	0,0275	0,0285	0,0250	0,0270	-
		100	0,0259	0,0322	0,0280	0,0287	-
		125	0,0193	0,0269	0,0345	0,0269	-
		150	0,0259	0,0287	0,0212	0,0252	-
Textura – T	0,3438	Arenoso	0,0227				-
		Argiloso		0,0284			-
		Médio			0,0230		-
Interação L x T	0,6904						
Coef. Variação (%)	47,78						
Média Geral					0,0247		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

2.4 CONCLUSÕES

Em relação às variáveis avaliadas, pode-se concluir:

- Quanto à taxa de assimilação de CO₂, apenas o solo de textura média no ciclo de inverno apresentou maior valor (14,64 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) em relação aos demais;

- Quanto à condução estomática, no ciclo de verão nas lâminas de irrigação de 150, 125 e 100% da ETc esta variável foi superior apenas àquela da lâmina de 50% da ETc. Em relação à textura do solo, somente no ciclo de inverno na textura média esta variável apresentou maior valor (0,2880 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) apenas àquela de textura arenosa;

- Quanto à concentração de CO₂, apenas os solos de textura média e argiloso no ciclo de inverno apresentaram maiores valores (272,46 e 247,90 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente) em relação ao solo de textura arenosa;

- Quanto à transpiração houve diferença significativa para a variável nas lâminas de irrigação em ambos os ciclos, sendo que no verão a lâmina de 50% da ETc resultou em menor transpiração em relação àquelas nas lâminas de 100, 125 e 150% da ETc. Por sua vez, o solo de textura média apresentou os maiores valores de transpiração (4,93 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), seguido da textura argilosa (3,41 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e, com menor valor, o solo de textura arenosa (1,93 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$);

- Quanto à eficiência no uso da água, houve interação dos fatores no ciclo de inverno apenas, não havendo diferença das texturas de solo na eficiência do uso da água em cada nível de lâmina de irrigação, mas houve das lâminas de irrigação nas texturas do solo arenoso e argiloso;

- Quanto à eficiência da carboxilação, não houve efeito dos níveis de lâmina de irrigação e dos níveis de textura de solos em ambos os ciclos nesta variável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da empresa Petroisa Irrigação e ao Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura (Leca), pertencente à faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Câmpus de Botucatu.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15084**: irrigação localizada: microaspersores: requisitos gerais e métodos de ensaio. São Paulo, 2004. 11 p.

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

ALLEN, R. G. et al., **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942.

DOURADO-NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, São Paulo v. 57, p. 191-192, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa 2006. 306 p.

ERICE, G. et al. Water use efficiency, transpiration and net CO₂ exchange of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery.

Environmental and Experimental Botany, v.72, n.2, p.123-130, 2011.

EPRON, D.; DREYER, E. Photosynthesis of oak leaves and water stress maintenance of high photochemical efficiency of photosystem II and occurrence of non-uniform CO₂ assimilation. **Tree Physiology**, v. 13, p. 107-117, 1993.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRAS et al., **Distribuição Temporal das Variáveis Climatológicas em Botucatu-SP**. IV Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias, Botucatu, 2015.

FOLEGATTI, M. V.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; Zolin, C.A. ; PAULINO, J. ; VIDAS, N. B. ; IZIDORO, R. . Panorama da irrigação no Brasil. In: XIV World Water Congress, 2011, Porto de Galinhas. **Anais do XIV World Water Congress**, 2011.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

KUBISKE, M. E.; ABRAMS, M. D. Ecophysiological analyses of woody species in contrasting temperate communities during wet and dry years. **Oecologia**, v. 8, p. 303-312, 1994.

MANDAL, S.; MANDAL, M. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: chemistry and biological activity **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 6, p. 421–428, 2015.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MELO, E. A.; MACINI FILHO, J.; GUERRA, N. B. Atividade antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 23, p. 195-199p, 2003.

PAI, E. D.; ESCOBEDO, J. F. Estimativa da radiação solar global em estufa de polietileno a partir do brilho solar. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, p. 44-54, 2011.

RAIJ. B.V. et al. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: **IAC**, p. 285. 2001.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E. Produção de matéria seca e evapotranspiração real da aveia preta (*Avena strigosa* S.) em seis níveis freáticos. **Revista Irriga**, v. 01, 2006.

Sousa, V.F. et al. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUZA, V. F. et al. water use efficiency of the yellow passion fruit under different irrigation levels and potassium doses. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 9, n. 3, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

3 CAPÍTULO 3: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E TEXTURAS DE SOLO NO TEOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE COENTRO

RESUMO

A demanda por produtos naturais, como os óleos essenciais e aromáticos, empregados na culinária, nas indústrias alimentícias e bebidas ganha cada vez mais espaço no cenário brasileiro e mundial. A realização de trabalhos objetivando o aumento da quantidade e qualidade dos óleos essenciais extraídos por massa de matéria seca é importante, tendo em vista que a quantidade de óleo encontrada em muitas de plantas é muito baixa. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor e a composição de óleo essencial de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em diferentes texturas de solo e aplicando diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido no em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Rural, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP/Botucatu durante dois ciclos de cultivo (Inverno e verão). O plantio foi realizado em vasos de 14 litros e os tratamentos (15) foram compostos de 3 texturas de solo (arenoso, argiloso e médio) e 5 lâminas de irrigação que baseavam-se na evapotranspiração da cultura (ETc) obtida através de lisimetria (50, 75, 100 e 125% da ETc). Os óleos essenciais foram extraídos por hidrodestilação e analisados por cromatografia gasosa acoplada ao espectrometrias de massas (CG-EM). As maiores produtividades de semente foram observadas na lâmina de 125% da ETc e na textura argilosa. Já a produção de óleo essencial foi maior na lâmina de 75% da ETc e a textura com maior produção foi a argilosa, sendo a substância mais encontrado no óleo essencial o Linalol.

Palavras-chave: *Coriandrum sativum* L., linalool, sementes, Cromatografia

ABSTRACT

The demand for natural and essential products, such as volatile and aromatic oils, food production, industries and food and beverage production, are gaining more and more space in Brazil and worldwide. The works aiming at increasing the quantity and quality of the oils extracted by mass of the dry matter is important, considering that the amount of oil found in many types of plants is very low. Thereby The objective of this study was evaluate the essential oil content and composition from (*Coriandrum sativum* L.) in different soil textures and different irrigation levels. The experiment was made inside greenhouse at the Department of Rural Engineering, at Faculty of Agronomic Sciences of UNESP / Botucatu during two cycles (winter and summer). Vase of 14 liters were used and the treatments (15) were composed of 3 types of soil texture (sandy, clayey and medium) and 5 irrigation levels based on culture evapotranspiration (ETc) obtained by lisimetry (50 , 75, 100 and 125%from ETc). The essential oils were extracted by hydrodistillation and analyzed by gas chromatography coupled to the mass spectrum (CG-EM, Shimadzu, QP-5000), the identification of the chemical constituents was make comparing the substance mass spectra with the database (NIST 62. lib), literature (MCLAFFERTY; STAUFFER, 1989) and retention index (ADAMS, 2007). The biggest seed yields were observed on the 125% ETc and clayey texture, the production of essential oil was bigger in the 75% ETc and the texture with the biggest production was clayey, the most commonly found substance was Linalol.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., linalool, seeds, Chromatography

3.1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos naturais e essenciais ganha cada vez mais espaço no cenário brasileiro e mundial. A produção de plantas aromáticas, medicinais e condimentares é influenciada por vários fatores tais como as condições da cultura, manejo, o ambiente de cultivo, o processo de colheita e pós-colheita. Essa gama de fatores que influenciam na produção e composição dos óleos essenciais tem estimulado a realização de pesquisas com os mais diversos materiais a fim de melhorar a produção agroindustrial, visto que a quantidade de diversos componentes

químicos dentro dos óleos essenciais é relativamente baixa. Estima-se que informações sobre aspectos agrônômicos de milhares de plantas de interesse medicinal são restritas ou ainda não existem pesquisas sobre as mesmas, tanto com relação aos constituintes quanto com relação à concentração desses constituintes (FIGUEIREDO, 2003). Dentre as hortaliças mais consumidas no Norte e Nordeste do Brasil destacam-se a alface (*Lactuca sativa*) e o coentro (*Coriandrum sativum* L.), sendo que esta, além do uso culinário (LARIBI et al., 2015), tem sido utilizada para a obtenção de óleo essencial, sendo sua composição composta principalmente de linalol que é empregado na farmacopeia para corrigir o sabor e o aroma desagradável de certos medicamentos como os que são à base de sene, na aromatização de bebidas alcoólicas e na fabricação de perfumes. Entretanto, a produtividade do óleo essencial é pequena, 0,2 a 1,5% (MANDAL E MANDAL, 2015), com isso diversas pesquisas precisam ser realizadas para aumentar a produtividade tanto de óleo quanto de massa seca e uma das formas de elevar a produtividade dos cultivos agrícolas é por meio da irrigação.

Diante dessa vasta possibilidade de aplicações dos óleos essenciais, da importância da disponibilidade hídrica e da variabilidade dos solos e da reduzida realização de estudos com plantas medicinais, principalmente no Brasil, o trabalho proposto tem como objetivo avaliar a produtividade de sementes, o teor e composição química de óleo essencial de coentro cultivado em diferentes texturas de solo e aplicando diferentes lâminas de irrigação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local e condução do experimento

O experimento foi conduzido no período de 30/07/2016 a 21/12/2016 (ciclo de inverno) e 22/12/2016 a 12/04/2017 (ciclo de verão), na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu-SP, localizado nas coordenadas 22° 51'S, 48°27'W e 786 metros de altitude. A temperatura média anual é de 20,6 °C e a temperatura máxima média de 23,5 °C e mínima média de 17,4 °C. A precipitação fica em torno de 1.501 mm e a evapotranspiração média anual de 945 mm.

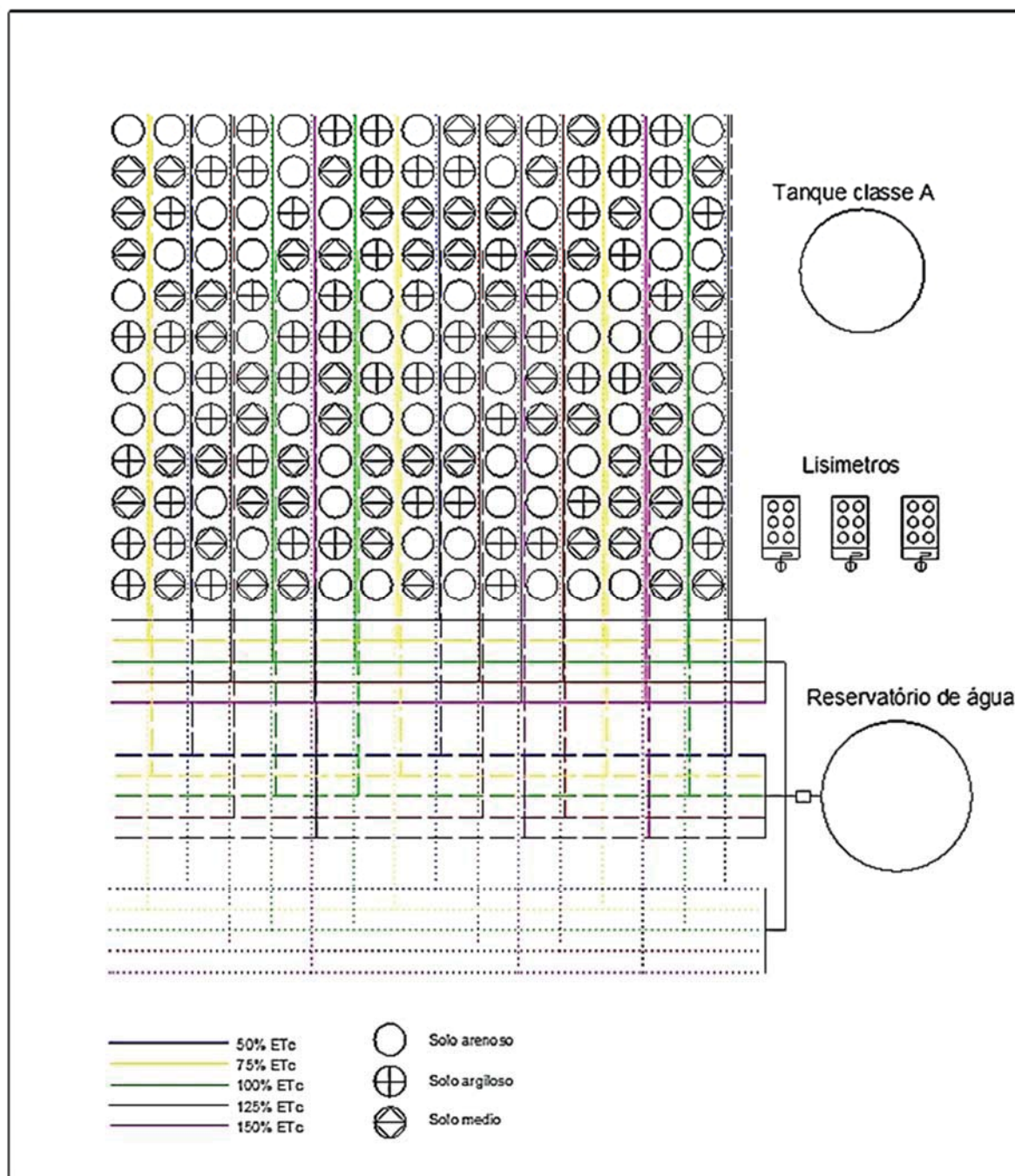
O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido com dimensões de 7,0 m x 30,0 m, com pé direito de 3,0 m e cobertura plástica de polietileno (Figura 1).

Figura 1 – Experimento foi conduzido em casa de vegetação, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu-SP



Foram utilizados vasos com volume de 14 litros, totalizando 180 vasos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em fatorial 5 (lâminas) x 3 (texturas de solos) x 12 (repetições). As 3 texturas de solo utilizadas foram arenosa, argilosa e média, as lâminas de irrigação foram definidas com base na evapotranspiração da cultura (50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evapotranspiração da cultura - ETc) (Figura 2).

Figura 2 – Croqui do experimento (linha inteira irrigação do solo arenoso, linha tracejada irrigação do solo argiloso e linha pontilhada irrigação do solo médio).



Os solos utilizados foram classificados como Neossolo Quartzarênico Distrofíco (arenoso), Latossolo Vermelho Distroférico (argiloso) e Latossolo Vermelho Distroférico (médio) (EMBRAPA, 2006). Para caracterização química e física (Tabela 1 e 2, respectivamente) foram coletadas amostras e enviadas ao laboratório.

Tabela 1 - Características químicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

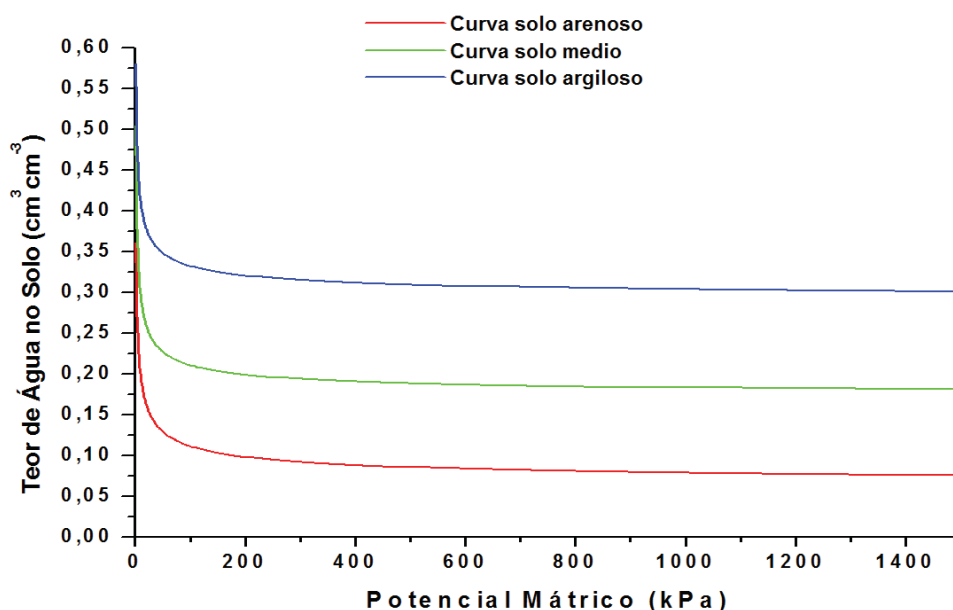
Textura	pH	M.O.	P(resina)	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Do solo	CaCl ₂	g/dm ³	Mg/dm ³	-----mmolc/dm ³ -----						
Arenosa	4,7	9	4	17	1,1	7	3	10	28	38
Argilosa	3,9	14	5	87	0,5	3	1	5	92	5
Média	4,1	16	4	77	0,7	3	1	4	81	5

Tabela 2 - Características físicas dos solos utilizados no experimento, Botucatu-SP

Textura	Areia			Argila	Silte
	Grossa	Fina	Total		
Arenosa	258	699	957	34	9
Argilosa	185	251	436	456	108
Média	306	346	652	291	57

Após as coletas dos solos nas Fazendas Experimentais do Lajeado e Edgardia, localizadas em Botucatu-SP, os solos foram peneirados e foi determinada a curva de retenção característica de água no solo das texturas arenosa, argilosa e média com base no modelo de Genuchten (1980), com o auxílio do programa computacional Soil Water Retention Curve SWRC (DOURADO NETO et al., 2001) (Figura 3).

Figura 3 – Curvas características de água no solo referentes as texturas arenosa, argilosa e média



Com base nos resultados químicos do solo, alumínio, matéria orgânica, pH, carbono orgânico, CTC efetiva, saturação de bases nitrogênio no solo, nutrientes disponíveis para as plantas P, K, Ca e Mg, foi feita a correção do pH com calcário dolomítico, PRNT 98%, sendo a quantidade calculada pelo método de saturação por bases para elevar o valor da saturação inicial até 80% de acordo com Raij et al. (2001), descrito pela Equação 1. Foram aplicados 3,0; 2,7 e 0,5 gramas por litro de solo para os solos arenoso, argiloso e médio, respectivamente. A adubação foi feita com superfosfato simples, ureia e KCl, sendo utilizados 1 grama por litro de solo em todos os solos de Superfosfato simples 0,07 gramas por litro de ureia e 0,07 gramas por litro de KCl em todas as texturas de solo.

$$NC = \frac{CTC (V_2 - V_1) \cdot f}{100} \quad (1)$$

Em que: NC é a quantidade de calcário, t ha⁻¹ considerando 2 milhões de litros em 10 mil m²; CTC é a capacidade de troca catiônica; V₂ é a saturação por bases desejada, V₁ é a saturação de bases inicial obtida pela análise de solo e f é o fator de correção do calcário (100/Poder Relativo de Neutralização Total - PRNT).

Para a semeadura foram utilizadas sementes de coentro comerciais da marca TOPSEED, variedade Português. A semeadura ocorreu de forma direta nos vasos, com um total de 8 sementes por vaso e posteriormente foi efetuado o desbaste, deixando as 4 plantas mais vigorosas.

Logo após a semeadura a irrigação foi realizada de forma idêntica para todos os tratamentos, em ambos os ciclos, de modo a não haver estresse hídrico e permitir plena germinação. Após esta iniciou-se a diferenciação das lâminas de irrigação. Ao final do ciclo quando todas as plantas possuíam sementes verdes e, com o propósito de acelerar o amadurecimento, foi encerrada a irrigação.

As plantas daninhas foram controladas de forma manual, três vezes ao longo dos ciclos, de acordo com as necessidades.

Foi instalada no centro do experimento uma estação meteorológica Campbell modelo CR10X (Figura 4).

Figura 4 – Estação meteorológica Campbell® modelo CR10X que foi instalada no centro do experimento



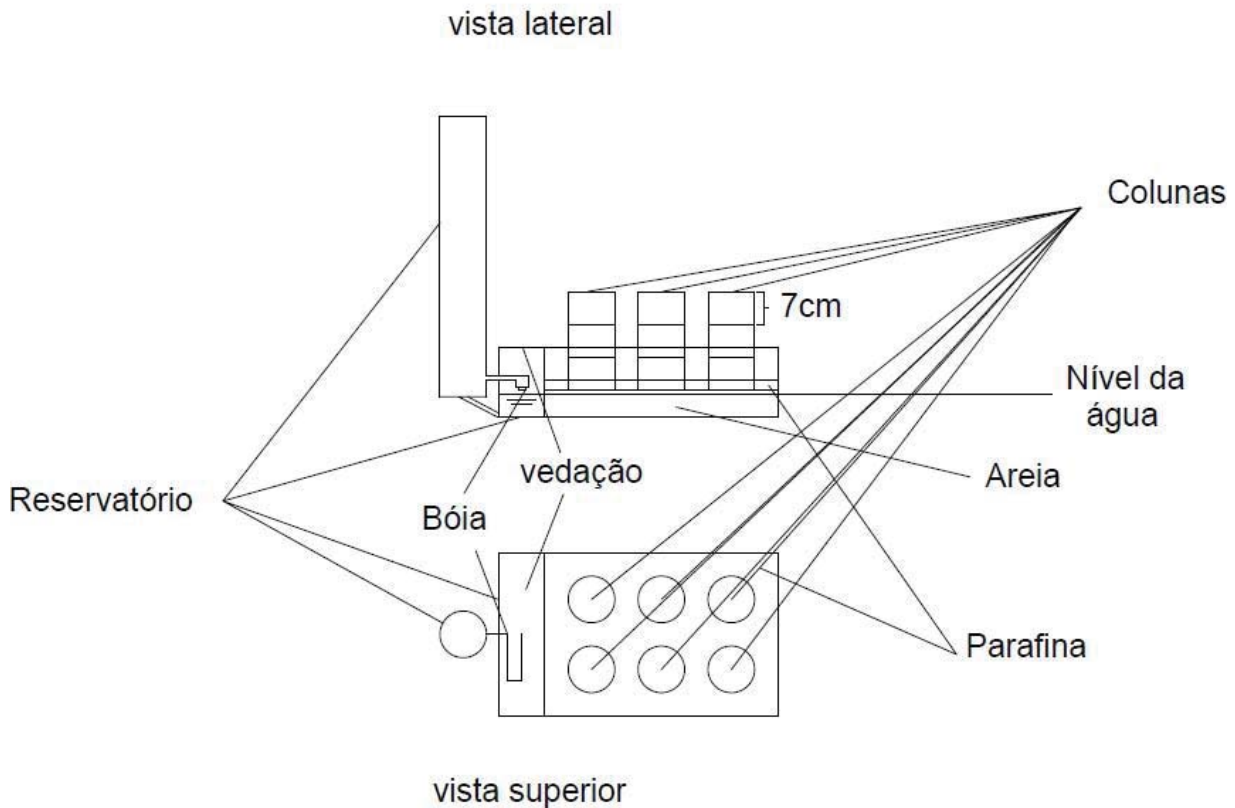
A Evapotranspiração da cultura (ET_c) foi o parâmetro utilizado para a irrigação, que foi obtida através de lisimetria (Figura 5), sendo montado um lisímetro para cada textura de solo (textura de solo arenosa, textura de solo argilosa e textura de solo média), cada um com 6 colunas. Utilizando a metodologia proposta por Silveira e Klar (2006) os conjuntos de colunas foram preenchidos com os respectivos solo e o reservatório foi completado com água uma semana antes da semeadura afim de estabilizar o processo de capilaridade.

Figura 5 – Lisímetros usados para a mensuração da evapotranspiração da cultura



Apenas a ascensão capilar influencia a evapotranspiração dos lisímetros utilizados. As leituras foram realizadas diariamente às 9:00 horas da manhã pela diferença no nível de água do reservatório de abastecimento e o nível do dia anterior, transformado em lâmina d'água pela simples divisão por 6 (seis) que é o número de colunas (plantas), já que o reservatório também é constituído de tubo de PVC de diâmetro nominal 0,15 m, com altura de 0,80 m, correspondente ao consumo de água em seis colunas de mesmo diâmetro. Este sistema possui um compartimento intermediário que tem um flutuador para manter o nível da água. O fornecimento de água para o compartimento intermediário para a área útil da bandeja foi feito por um tubo de PVC com um diâmetro nominal de 0,02 m. Para avaliar apenas a evapotranspiração nos vasos, os espaços entre eles foram preenchidos com parafina e parte do reservatório foi vedado com isopor e manta plástica (Figura 6).

Figura 6 – Esquema do lisímetro



Fonte: Adaptado de Silveira e Klar, 2006.

Para garantir uniformidade de aplicação das lâminas foi utilizado sistema de irrigação via gotejamento, com emissores autocompensantes on-line com vazão nominal de $2,0 \text{ L h}^{-1}$. Foi instalado um gotejador por vaso, distanciados em 0,40 m entre linhas e 0,40 m entre plantas. O gotejador foi conectado a um microtubo de 4 mm a uma linha de derivação de 16 mm, a pressão de trabalho foi controlada com auxílio de um controlador de pressão de 15 mca. Após a montagem do sistema de irrigação foi realizada sua avaliação seguindo as normas de ABNT (2004), obtendo resultado de 98,5% de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), sendo assim classificado como excelente Mantovani (2001).

O manejo da irrigação foi realizado diariamente as 9:00 horas. As aferições de nível de água eram realizadas subtraindo a leitura do dia pela leitura do dia anterior (Equação 2), desta forma obteve-se o volume evapotranspirado (mm) e, com base nesse valor foi calculado por proporcionalidade o volume aplicado nos diversos tratamentos (quinze).

$$ETc = \text{leitura do dia} - \text{leitura do dia anterior} \quad (2)$$

As características da água utilizada na irrigação são apresentadas na Tabela 3. A mesma é classificada como C1S1, desta forma não apresenta restrição para irrigação (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008; BERNARDO et al., 2008).

Tabela 3 – Características químicas da água utilizada na irrigação do experimento, Botucatu-SP

pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C.E
		-----mg L ⁻¹ -----											mS cm ⁻¹
7,32	4	1	22	18	10	5	3,80	0	0	0,16	0	0	0,073

Fonte: Laboratório de nutrição mineral de plantas, FCA, UNESP; n = 3.

3.2.2 Produtividade agrícola

Para a avaliação da produtividade agrícola das sementes secas foram utilizadas todas as plantas, sendo separadas as sementes, limpas e divididas de acordo com os tratamentos. Após a divisão, as sementes foram postas em sacos de papel pequenos do tipo kraft e individuais e colocada em estufa a 40 °C por três dias e posteriormente pesadas.

3.2.3 Teor de óleo essencial

O óleo essencial foi extraído das sementes pelo método de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger, modificado por Wasicky (1963) com duração de 45 minutos. Este processo foi realizado no Laboratório de Plantas Medicinais do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – SP (Figura 7).

Figura 7 – Extração de óleo essencial utilizando clewenger



Foto: Marcos Antonio Liodorio dos Santos - 2017

3.2.4 Composição do óleo essencial

A análise da composição química do óleo essencial de cada tratamento foi realizada no Laboratório de Produtos Naturais do Centro de Recursos Genéticos Vegetais do Instituto Agrônomo (IAC), Campinas - SP. Estas análises foram feitas em cromatografo a gás acoplado a espectrômetro de massas (CG-EM, Shimadzu, QP-5000), operando a 70 eV, dotado de coluna capilar de sílica fundida DB-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 um), hélio como gás de arraste (1,9 mL/min), injetor a 230 °C, detector a 240 °C e o seguinte programa de temperatura: 60 °C – 170 °C, 3 °C/min; 60 °C – 135 °C, 5 °C/min; 135 °C – 240 °C, 8°C/min; 170 °C – 240 °C, 8 °C/min e Split 1/20 (Figura 8).

Figura 8 – Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massa (Shimadzu QP-5000)



A identificação dos constituintes químicos foi realizada por meio da análise comparativa dos espectros de massas das substâncias com o banco de dados do sistema CG-EM (Nist 62. lib), literatura (MCLAFFERTY; STAUFFER, 1989) e índice de retenção (ADAMS, 2007). Os índices de retenção (IR) das substâncias foram obtidos com uma mistura padrão de n-alcenos (C_9H_{20} - $C_{25}H_{52}$ Sigma Aldrich, 99%), aplicando-se a equação de Van den Dool e Kratz (VAN DEN DOOL; KRATZ, 1963).

3.2.5 Análise estatística

O resultado referente à produtividade de sementes teve a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2008), sendo utilizadas 12 repetições de cada nível de tratamento.

Para a variável produtividade de óleo essencial, devido a baixa produtividade de alguns tratamentos houve a necessidade de se reduzir o número de repetições, mantendo-se um número de repetições (3) suficiente para realização da análise de variância e teste de Tukey (5%) das substâncias encontradas no óleo essencial.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Produtividade agrícola da cultura

3.3.1.1 Produção de sementes

Os resultados experimentais da produção de sementes de coentro nos dois ciclos de cultivo são apresentados nas Tabelas 4 e 5 para os ciclos de inverno e verão, respectivamente. Observa-se que no ciclo de inverno os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e não houve interação significativa entre as lâminas e as texturas.

Os resultados do ciclo de inverno mostram que a textura de solo com maior produtividade de sementes foi a argilosa ($1,35 \text{ t ha}^{-1}$), seguida pela média ($0,86 \text{ t ha}^{-1}$) e arenosa ($0,07 \text{ t ha}^{-1}$). Em relação aos níveis de irrigação, a lâmina de 50% da ETc obteve a menor produtividade ($0,41 \text{ t ha}^{-1}$) e a lâmina de 125% da ETc obteve a maior produtividade ($1,08 \text{ t ha}^{-1}$).

Tabela 4 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produção de sementes (t ha^{-1}) no ciclo de inverno

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0072	50	0,08	0,54	0,60	B
		75	0,06	1,40	0,70	AB
		100	0,03	1,30	0,87	AB
		125	0,10	1,74	1,40	A
		150	0,10	1,78	0,74	0,88
Textura – T	0,0001	Arenoso	0,07			C
		Argiloso	1,35			A
		Médio	0,86			B
Interação L x T	0,0793					
Coef. Variação (%)	46,07					
Média Geral						0,76

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

No ciclo de verão os dados obtidos mostram que não houve variação nos resultados da variável lâmina irrigação, nem interação entre lâmina de irrigação e

textura de solo. Porém a textura do solo apresentou efeito significativo, sendo o solo argiloso o que obteve maior produtividade.

Tabela 5 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produção de sementes no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,1640	50	0,02	1,34	0,09	0,51	-
		75	0,13	3,37	0,73	1,41	-
		100	0,01	1,18	0,38	0,52	-
		125	0,06	1,98	0,40	0,82	-
		150	0,10	1,70	0,10	0,63	-
Textura – T	0,0001	Arenoso	0,068			B	
		Argiloso	1,93			A	
		Médio	0,34			B	
Interação L x T	0,5913						
Coef. Variação (%)	107,73						
Média Geral						0,78	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As médias gerais de produtividade de semente foram 0,76 e 0,78 t ha⁻¹ para os ciclos de inverno e verão, respectivamente. Com valores entre 0,03 e 1,78 t ha⁻¹ para o ciclo de inverno e 0,01 e 3,37 t ha⁻¹ para o ciclo de verão, estando estes valores dentro da margem de produção de cultivo convencional no estado de Pernambuco (HORTIVALE, 1987) que é de 1,5 t ha⁻¹. Outros autores encontraram produtividades variando de 0,8 a 2,29 t ha⁻¹ (KOTHARI et al., 1989; JELIAZKOVA et al., 1997; ALBERTA AGRICULTURE, 1998; AYANOGLUE et al., 2002).

3.3.1.2 Teor de óleo essencial

Os resultados da produtividade de óleo essencial são apresentados na Tabela 6. No ciclo de inverno a textura de solo com maior produtividade de óleo essencial foi a argilosa e a menor foi a arenosa com média de 5,61 e 0,74 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses resultados são semelhantes ao ciclo de verão, em que a produtividade de óleo essencial variou entre 7,91 e 0,02 kg ha⁻¹. A textura de solo com menor produtividade foi a arenosa e a maior foi a argilosa com média 0,34 e 4,49 kg ha⁻¹ respectivamente. Entre as lâminas de irrigação, a que obteve maior produtividade foi a de 75% da ETc com média de 4,20 kg ha⁻¹. Esses resultados corroboram com outros trabalhos

(KOTHARI et al., 1989; ZHELJAZKOV e ZHALNOV, 1995; JELIAZKOVA et al., 1997) que apresentaram resultados entre 1,11 e 7,95 kg ha⁻¹.

Tabela 6 - Produtividade de óleo essencial de sementes de coentro nos ciclos de inverno e verão (kg ha⁻¹)

Lâmina de irrigação	Ciclo de inverno			Ciclo de verão		
	Arenoso	Argiloso	Médio	Arenoso	Argiloso	Médio
50	0,21	1,76	0,65	0,52	3,15	0,02
75	1,01	6,30	1,39	0,45	7,91	4,22
100	0,01	6,82	1,49	0,16	2,77	0,52
125	0,25	6,90	6,57	0,20	4,65	1,20
150	0,23	6,26	3,24	0,36	3,99	0,28

Esses resultados quando comparados com as produtividades de sementes nos ciclos mostram que o teor de óleo essencial de coentro variou na ordem de 0,02 a 1,68%, valores que corroboram com a literatura que possui valores entre 0,18 e 1,40% (Kothari et al., 1989; Pino et al., 1996; Anitescu et al., 1997; Jeliazkova et al., 1997; Lenardis et al., 2000; Ayanoglue et al., 2002).

3.3.1.3 Composição química do óleo essencial

Foram visualizadas 7 substâncias nas análises de óleo essencial de coentro como podem ser vistos na Figura 9. A composição química dos óleos essenciais está descrita na tabela 7. Zheljazkov e Zhalnov (1995) e Pino et al. (1996) encontraram mais de 35 compostos diferentes em óleo essencial de coentro.

Tabela 7. Composição química do óleo essencial proveniente das sementes de coentro nos ciclos de inverno e verão (%)

Pico	Substância	Ciclo inverno		Ciclo verão	
		min	max	min	max
1	α -pineno	0,00	0,00	-	-
2	mirreno	0,00	0,09	0,00	0,19
3	p-cimeno	0,00	0,80	0,00	0,48
4	limoneno	0,00	0,37	0,00	0,45
5	γ -terpineno	0,00	2,22	0,00	2,86
6	terpinoleno	0,00	0,24	0,00	0,21
7	linalol	80,00	86,88	82,01	85,85
8	cânfora	0,00	4,03	2,47	3,76
9	terpinen-4-ol	0,11	0,23	0,14	0,26
10	α -terpineol	0,24	0,45	0,24	0,43
11	n-decanal	0,19	1,13	0,13	0,72
12	geraniol	2,31	6,50	2,41	5,19
13	2-decenal	1,67	4,19	1,30	2,80
14	geranial	0,16	0,74	0,19	0,55
15	acetato de geranila	1,47	6,10	0,79	3,22
16	<i>E</i> -cariofileno	0,00	0,22	0,00	0,16
17	2 <i>E</i> -dodecenal	0,00	1,33	0,85	2,51
18	n-tetradecanol	0,00	0,64	0,99	1,81
Total identificados		86,15	116,16	91,52	111,45
Hidrocarboneto monoterpênico		0,00	3,72	0,00	4,19
Monoterpeno oxigenado		84,29	104,93	88,25	99,26
Hidrocarboneto sesquiterpênico		0,00	0,22	0,00	0,16
Outros		0,19	3,10	1,97	5,04

Os resultados da análise química do coentro foram submetidos a uma análise de principais componentes (PCA), seguindo a metodologia proposta por Jolliffe (1972), onde são listados os principais compostos (80%), tendo como resultado geranial, n-decanal e terpinen-4-ol no ciclo de inverno e Terpinolen, linalol e acetato de geranila no ciclo de verão.

Os compostos mais abundantes no óleo essencial de coentro foram linalol, geraniol, acetato de geranila, 2-decanal e cânfora. Figueiredo (2003), estudando a mesma cultura na mesma região observou resultados condizentes com os apresentados neste trabalho com predominância das substâncias linalol, heptanal, γ -terpineno, 2-decenal, cânfora e decanal.

3.3.2 Ciclo de inverno

Os resultados da análise química do coentro no ciclo de inverno foram submetidos a uma análise de principais componentes (PCA), onde os principais compostos (80%) são Geraniol, n-decanal e terpinen-4-ol.

3.3.2.1 Geraniol (12º pico)

O Geraniol é um monoterpeneo com formula molecular $C_{10}H_{16}O$. O resultado experimental do teor desta substância é apresentado na Tabela 8, onde observa-se que no ciclo de inverno os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e houve interação significativa entre as lâminas e a textura.

Tabela 8 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável concentração de Geraniol no ciclo de inverno (%)

Fonte de Variação NMS		teor de Geraniol (%)			Média
		Desdobramento L em T			
		Arenoso	Argiloso	Médio	
Lâmina – L	0,0001				
Textura – T	0,0001				
Interação L x T	0,0001				
Coef. Variação (%)	5,46				
Desdobramento T em L	↓ NMS →	0,0000	0,0000	0,0000	
50	0,0000	6,50 Aa	5,75 Ab	3,75 Ac	5,33
75	0,0000	4,34 Ba	2,31 Cb	2,48 CDb	3,04
100	0,0000	4,83 Aa	2,52 BCc	3,27 Bb	3,54
125	0,0000	4,81 ABa	2,92 Bb	2,81 BCb	3,51
150	0,0000	4,53 ABa	2,86 Bb	2,31 Dc	3,23
Média	-	5,00	3,27	2,92	3,73

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O teor deste composto encontrado nessa pesquisa variou entre 2,31 a 6,50%, valores bem superiores aos encontrados por Figueiredo (2003) que observou variação entre 0,27 e 1,50%. Outros autores também encontraram esse composto em suas pesquisas no óleo essencial de sementes de coentro (MSAADA et al., 2009; ZEKOVÍČ et al., 2016; PAVLÍČ et al., 2015; ZEKOVÍČ et al., 2016).

3.3.2.2 n-decanal (11º pico)

O n-decanal é um composto orgânico com a fórmula molecular $C_9H_{20}CHO$. No óleo essencial de coentro essa substância é encontrada no 11º pico. O resultado

experimental do teor desta substância é apresentado na Tabela 9, onde observa-se que no ciclo de inverno os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e houve interação significativa entre as lâminas e a textura.

Tabela 9 - Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de n-decanal no ciclo de inverno (%)

Fonte de Variação		NMS	teor de n-decanal (%)			Média
			Desdobramento I em T			
Lâmina – L		0,0001	Arenoso	Argiloso	Médio	
Textura – T		0,0001				
Interação L x T		0,0001				
Coef. Variação (%)		3,30				
Desdobramento S em I		↓ NMS →	0,0000	0,0000	0,0000	
50		0,0000	0,29 Cc	0,36 Cb	0,88 Da	0,51
75		0,0000	0,35 Bb	0,30 Dc	1,07 Ba	0,57
100		0,0000	0,38 ABb	0,30 Dc	1,12 Aa	0,60
125		0,0000	0,19 Db	0,54 Aa	0,52 Ea	0,41
150		0,0000	0,40 Ac	0,49 Bb	0,99 Ca	0,62
Média		-	0,32 C	0,40 B	0,92 A	0,54

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de

3.3.2.3 Terpinen-4-ol (9º pico)

O terpinen-4-ol é um isômero de Terpeneol com peso molecular de 154,249 g/mol, com efeito antibacteriano e antifúngico e possui a fórmula química C₁₀H₁₈O. O resultado experimental do teor desta substância é apresentado na Tabela 10, onde observa-se que no ciclo de inverno os resultados foram significativos para as lâminas, porém não foram para as texturas de solo e não houve interação significativa entre a lâmina e a textura.

O resultado desse composto obteve média de 0,19% e variou entre 0,11 e 0,22%. Para a variável lâmina de irrigação houve a formação de dois grupos, o de menor percentual desse composto foi composto pela lâmina de 150% da ETc, e o de maior percentual dessa substância para as demais lâminas.

Tabela 10 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de terpinen-4-ol no ciclo de inverno (%)

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0001	50	0,19	0,19	0,18	0,19	A
		75	0,21	0,20	0,21	0,21	A
		100	0,22	0,21	0,22	0,21	A
		125	0,20	0,20	0,18	0,19	A
		150	0,15	0,18	0,11	0,14	B
Textura – T	0,1548	Arenoso	0,19				-
		Argiloso		0,19			-
		Médio			0,18		-
Interação L x T	0,3339						
Coef. Variação (%)	13,31						
Média Geral					0,19		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

3.3.2.3 Ciclo de verão

O resultado da análise química do coentro no ciclo de verão foi submetido a uma análise de principais componentes (PCA), onde os principais compostos (80%) são Terpinoleno, Linalol e Acetato de geranila.

3.3.3.1 Terpinoleno (6º pico)

O Terpinoleno é um monoterpeneo que possui efeitos antimicrobianos. O resultado experimental do teor desta substância no coentro no ciclo de verão é apresentado na Tabela 11. Onde observa-se que os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e que não houve interação significativa essas variáveis.

Tabela 11 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de terpinoleno produção de sementes no ciclo de verão (%)

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey
		Arenoso	Argiloso	Médio		
Lâmina – L	0,0020	50	0,00	0,00	0,06	B
		75	0,00	0,20	0,16	A
		100	0,00	0,12	0,12	AB
		125	0,00	0,10	0,11	AB
		150	0,00	0,12	0,12	0,08
Textura – T	0,0001	Arenoso	0,00			B
		Argiloso		0,11		A
		Médio			0,11	A
Interação L x T	0,1053					
Coef. Variação (%)	62,63					
Média Geral					0,07	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A lâmina de irrigação que apresenta maior concentrações de terpinoleno é a 75% da ETc e a que possui menos é a de 50% da ETc. Na variável textura de solo o solo arenoso difere dos demais sem concentração dessa substância, enquanto que os demais possuem 0,11%. A média geral dessa substância é 0,07%.

3.3.3.2 Linalol (7º pico)

O Linalol é o monoterpeneo que possui maior concentração no óleo essencial de coentro. O resultado experimental do teor dessa substância em óleo essencial de coentro no ciclo de verão é apresentado na Tabela 12, onde observa-se que os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e que não houve interação significativa essas variáveis.

Tabela 12 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de linalol produção de sementes no ciclo de verão (%)

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey	
		Arenoso	Argiloso	Médio			
Lâmina – L	0,0001	50	82,15	82,83	82,00	82,33	D
		75	84,09	83,93	83,53	83,85	C
		100	84,55	85,03	84,30	84,62	B
		125	84,22	84,48	83,87	84,19	C
		150	85,18	85,84	85,03	85,35	A
Textura – T	0,0001	Arenoso	84,04				B
		Argiloso		84,42			A
		Médio			83,75		C
Interação L x T	0,4163						
Coef. Variação (%)	0,35						
Média Geral					84,07		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A lâmina de irrigação que apresenta maior teor de linalol é a 150% da ETc (85,35%), e a que possui menor teor é a de 50% da ETc (82,33%). Na variável textura de solo o maior teor é visto na textura de solo argilosa (84,42%) e o menor teor na textura de solo arenosa (84,04%). A média geral dessa substância é 84,07% sendo esta a substância mais abundante no óleo essencial de coentro, resultado semelhante ao encontrado no trabalho de Gil et al., 2002, que obteve resultados entre 72 e 83% de teor de linalol, outros autores encontraram valores inferiores a esse (JELIAZKOVA et al., 1997 de 70 a 75% e PINO et al., 1996) de 55%.

3.3.3.3 Acetato de geranila (16º pico)

O Acetato de Geranila é um monoterpene. O resultado experimental do teor de acetato de geranila no coentro no ciclo de verão é apresentado na Tabela 13. Onde observa-se que os resultados foram significativos para as lâminas, para as texturas e que não houve interação significativa essas variáveis.

Tabela 13 – Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável teor de acetato de geranila produção de sementes no ciclo de verão

Fonte de Variação	NMS	Tipo de solo			Média	Tukey		
		Arenoso	Argiloso	Médio				
Lâmina – L	0,0001	50	2,43	3,21	2,39	2,67	A	
		75	1,48	1,82	1,21	1,50	B	
		100	2,33	3,22	2,34	2,63	A	
		125	1,00	1,69	0,91	1,20	C	
		150	1,04	1,41	0,79	1,08	C	
Textura – T	0,0001	Arenoso	1,66				B	
		Argiloso		2,27				A
		Médio			1,52			B
Interação L x T	0,1287							
Coef. Variação (%)	8,96							
Média Geral					1,81			

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A lâmina de irrigação que apresenta maior teor de acetato de geranila é a 50 e 100% da ETc, e a que possui menor teor é a de 125 e 150% da ETc. Na variável textura de solo o maior teor é visto na textura de solo argilosa (2,27%) e o menor teor na textura de solo arenosa e media (1,66 e 1,52%). A média geral dessa substância é 1,81%.

3.3.4 Avaliação do óleo essencial nos ciclos de verão e inverno

Diversos fatores tais como hora de colheita, manejo, clima, variedades entre outros afetam de forma mais intrínseca o metabolismo especializado das culturas produtoras de óleo essencial alterando assim a quantidade das substâncias contidas no óleo essencial (GLOBBO-NETO e LOPES, 2006), motivo para não necessariamente a PCA no ciclo de inverno ser igual a do ciclo de verão e vice versa, além de justificar a realização de trabalhos científicos com óleo essencial, principalmente os trabalhos com manejo.

3.4 CONCLUSÕES

Os maiores rendimentos de sementes foram observados na lâmina de 125% da ETc e a textura de solo de maior produtividade foi a argilosa.

A produção de óleo essencial foi maior na lâmina de 75% da ETc e a textura com maior produtividade foi a argilosa.

Os compostos mais encontrados no óleo essencial foram linalol, geraniol e cânfora em ambos os ciclos.

O Linalol foi a substância mais encontrada no óleo essencial (80 a 86%) e sua maior produção ocorreu nas maiores lâminas em ambos os ciclos.

Os principais compostos no ciclo de inverno foram Geraniol, N-9-tetradecanol e terpinen-4-ol. No ciclo de verão foram terpinoleno, Linalol e Acetato de geraniol.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da empresa Petroisa Irrigação e ao Instituto Agrônomo– IAC pela colaboração com análises de óleo essencial.

REFERÊNCIAS

- ABNT 2004: Associação brasileira de normas técnicas. Irrigação localizada: microaspersores - requisitos gerais e métodos de ensaio. PNBR 04:015.08 – 015. São Paulo, 11 p. 2004.
- ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publ. Corp. 2007. 803 p.
- Alberta Agriculture, Food and Rural Development, 1998. Coriander. Agdex 147/20-2.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 528 p.
- ANITESCU, G.; DONEANU, C.; RADULESCU, V. Isolation of coriander oil: comparison between steam distillation and supercritical CO₂ extraction. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 12, p. 73-176, 1997.
- AYANOGLUE, F. et al. Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. **J. Herbs Spices Med. Plants**, v. 9, p. 71–76, 2002.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942.
- DOURADO-NETO, D. et al. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, São Paulo v. 57, p. 191-192, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, R. O. **Qualidade de sementes, teor e composição do óleo essencial de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.), em diferentes épocas do ano**. 2003 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) -Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Botucatu, 2003.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

Gil, A., De-La-Fuente, E.B., Lenardis, A.E., Pereira, M.L., Suarez, S.A., Arnaldo, B., Van Baren, C., Di Leo, L.P., Ghersa, C.M., 2002. Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions. *J. Agric. Food Chem.* 50, 2870–2877.

GLOBBO-NETO L.; LOPES N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 374-381, 2007.

HORTIVALE. **Sementes de coentro verdão: informativo ao agricultor**. Vitória de Santo Antão, 1987. 2p. Boletim Informativo.

JELIAZKOVA, E. A.; CRAKER, L. E.; ZHELJAZKOV, V. D. Irradiation of seeds and productivity of coriander, *Coriandrum sativum* L. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Orlando, v. 5, p. 73-79, 1997.

JOLLIFFE I.T. Discarding Variables in a Principal Component Analysis. I: Artificial Data. **Journal of the Royal Statistical Society**, 1972.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 959-964, 2000.

KOTHARI, S. K., SINGH, J. P., SINGH, K. Chemical weed control in Bulgarian coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Tropical Pest Management**., v. 35, p. 2-5, 1989.

LARIBI, B. et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia**, v. 103, p. 9-26, 2015.

Lenardis, A. D. et al. Response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to nitrogen availability. **J. Herbs Spices Med. Plants**, v. 7, p. 47–58, 2000.

Mandal S.; Mandal M. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 6, p. 421–428, 2015.

MANTOVANI, E. C. Avalia: Programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MSAADA, et al. Regional and maturational effects on essential oils yields and composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits. **Scientia Horticulturae**, p. 116-124, 2009.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ DJ. A generalization of the retention index system including liner temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal Chromatography**, v. 11, p. 463-467, 1963.

PAVLIĆ, B. et al. Isolation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil by green extractions versus traditional techniques. **J. Supercrit. Fluids**, v. 99, p. 23–28, 2015.

PINO, J. A.; ROSADO, A.; FUENTES, V. Chemical composition of the seed oil of *Coriandrum sativum* L. from Cuba. **Journal of Essential Oil Research.**, v. 8, p. 97-98, 1996.

RAIJ. B.V. et al. Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Campinas: **IAC**, p. 285. 2001.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E. Produção de matéria seca e evapotranspiração real da aveia preta (*Avena strigosa* S.) em seis níveis freáticos. **Revista Irriga**, v. 01, 2006.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 2002. 45 p

WASICKY, R **Estudo cromatográfico de essências de folhas de *pneumus boldus* Molina, extraídos de amostras comerciais da droga** Revista. Fac. Farm. Bioquim. Univ. São Paulo, v.1, 1963. 69-75p

ZEKOVIĆ, Z. et al. Chemical characterization of polyphenols and volatile fraction of coriander (*Coriandrum sativum* L.) extracts obtained by subcritical water extraction. **Industrial Crops and Products**, p. 54-63, 2016.

ZEKOVIĆ, Z. et al. Optimization of microwave-assisted extraction (MAE) of coriander phenolic antioxidants –response surface methodology approach. **J. Sci. Food Agric.**, 2016. In press.

ZHELJAZKOV, V. D.; ZHALNOV, I. Effect of herbicides on yield and quality of *Coriandrum sativum* L. **Journal Essential Oil Res.**, v. 7, p. 633–639, 1995.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos e nas experiências vivenciadas na condução deste experimento e com o propósito de contribuir para o desenvolvimento de estudos futuros, sugere-se que pesquisas sejam realizadas com outras espécies aromáticas em áreas irrigadas e em diferentes texturas de solos visando um melhor entendimento das relações de metabolitos secundários e da produção de óleo essencial.

REFERÊNCIAS

- ABCSEM. Associação Brasileira do Comercio de Sementes. <www.abcsem.com.br>. Acesso em: 24 ago. 2017.
http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2009.pdf
- ALLEN, R. G. et al., **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES et al., Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, 2005.132-137p.
- AYOUGHI, F. et al. Chemical Compositions of Essential Oils of *Artemisia dracuncululus* L. and Endemic *Matricaria chamomilla* L. and an Evaluation of their Antioxidative Effects. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. 13, p. 79-88, 2011.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, 1991. v. 2, 377p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- BUSTAMANTE, F. M. L. **Plantas Medicinales y Aromaticas: Estudio, cultivo y procesado**. 3. ed. Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 365 p.
- CARDOSO, M. G. et al., **Plantas Aromáticas e Condimentares**. Lavras: UFLA, 2005 (Boletim Técnico).
- COSTA, A. F. **Farmacognosia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. v. 1, 853 p.
- DAKER, A. **A água na agricultura** 6ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. V. 3.
- DARUGHE, F.; BARZEGAR, M.; SAHARI, M. A Antioxidant and antifungal activity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil in cake. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 3, p. 1253- 1260, 2012.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting cropwater requirements**. Rome: Estudio FAO, 1975. 179p. (Irrigation and Drainage, Paper, 24)
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa 2006. 306 p.

FLEXAS, J. et al., **Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration.** *New Phytologist*, v.172, 2006. 73-82p.

GIACOMETTI, D.C. **Ervas condimentares e especiarias.** São Paulo, Nobel, 1989. 158p.

GLOBBO-NETO L.; LOPES N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 374-381, 2007.

GUERRA, N. B.; MELO, E. A.; MANCINI-FILHO, J. Antioxidant compounds from coriander (*Coriandrum sativum*) etheric extract. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, p. 193-199, 2005.

HERNANDEZ, F. B. T.; ALVES JÚNIOR, J. A.; LOPES, A. S. **Irrigação na cultura da pupunha:** curso sobre cultivo processamento e comercialização de palmito pupunha. Londrina: IAPAR, 2001. 14 p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. **A faixa de umidade menos limitante ao crescimento vegetal e a sua relação com a densidade do solo ao longo de um perfil de um Latossolo roxo.** *Revista Ciência Rural*, v.30, 2000. 959-964p.

KRAMER, P. J e BOYER J. **Water Relations of Plants and Soils.** San Diego: Academic Press, 1995. 16-41p.

LIMA, J. S. S. et al. Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 4, p. 407-413, 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais no Brasil:** nativas e exóticas. 2^a ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 2008.

MELO, E. A.; MACINI FILHO, J.; GUERRA, N. B. Atividade antioxidante de extratos de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v. 23, p. 195-199p, 2003.

OLIVEIRA, et al. Produção de coentro cultivado com esterco bovino e adubação mineral. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 477-479, 2002.

PENMAN, H. L. Experiments on irrigation of sugar beet. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 42, p. 286- 292, 1952.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-143, 1997.

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 531-539, 2007.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

POLA, J. F. **Cultivo de Plantas medicinales, aromáticas y condimenticias**. Barcelona, Omega p. 301, 1996.

SEDIYAMA, A. D. **Estudos de métodos para estimativa de evapotranspiração potencial em Viçosa**. 1972. 43 p. Tese (Doutorado)-UFV, Viçosa, 1972.

Sharma, M.M., Sharma, R.K., Coriander. In: K.V. Peter (Ed.), Handbook of Herbs & Spices, vol. 2. CRC, **Woodhead Publishing Limited**, p. 217–249, 2012.

SILVA, M. L. O. et al. Viabilidade técnica e econômica do cultivo de safrinha do girassol irrigado na região de Lavras, MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 200–205, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

TEODORO, I. et al. Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil – STAB**, Maceió, v. 27, n. 4, p. 46–49, 2009.

VIGGIANO, J. Produção de sementes de algumas umbelíferas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, p. 60-65, 1984.