

IVAN CALDEIRA ALMEIDA ALVARENGA

**ESTRESSE HÍDRICO EM ALECRIM-PIMENTA (*Lippia sidoides* Cham.):
ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, concentração em Agroecologia, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Ernane Ronie Martins

Montes Claros

A473e **Alvarenga, Ivan Caldeira Almeida.**
2010 **Estresse Hídrico em Alecrim-pimenta (*Lippia Sidooides* Cham.): aspectos fisiológicos e produtivos / Ivan Caldeira Almeida Alvarenga. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2010.**

61 f: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

Orientador: Prof. Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Mauro Koji Kobayashi, Flávio Gonçalves Oliveira, Lourdes Silva de Figueiredo, Ernane Ronie Martins.

Inclui bibliografia: f. 55-61.

1. Planta medicinal – Alecrim-pimenta. 2. Fitopatologia – Estresse hídrico. Martins, Ernane Ronie. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.88

IVAN CALDEIRA ALMEIDA ALVARENGA

**ESTRESSE HÍDRICO EM ALECRIM-PIMENTA (*Lippia sidoides* Cham.):
ASPECTOS FISIOLÓGICOS E PRODUTIVOS**

Aprovada em 3 de agosto de 2010.

Prof. Mauro Koji Kobayashi
(UNIMONTES)

Prof.^a Lourdes Silva de Figueiredo
(ICA/UFMG)

Prof. Flávio Gonçalves Oliveira
(Coorientador ICA/UFMG)

Prof. Ernane Ronie Martins
Orientador (ICA/UFMG)

**Montes Claros
2010**

*Dedico aos meus pais,
Fernando Caldeira Alvarenga
Maria Lúcia Almeida Alvarenga*

AGRADECIMENTOS

Ao São Pedro, por prolongar as chuvas em Montes Claros em 2010,

Ao professor Ernane Ronie Martins, pela orientação e confiança no trabalho realizado,

Ao professor Flávio Gonçalves Oliveira, pelas sugestões valiosas,

Ao amigo Rafael Vasconcelos, pela colaboração indispensável aos trabalhos de campo,

Aos colegas do PET-Agronomia,

Aos colegas de mestrado, pelo apoio, amizade e companheirismo,

Aos amigos Adélio e Cláudio,

À Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade de poder concluir o curso de mestrado,

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico pelo financiamento do projeto,

Aos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

"A satisfação está no esforço e não apenas na realização final."

(Mahatma Gandhi)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2 - SENSIBILIDADE DO ALECRIM PIMENTA (LIPPIA SIDOIDES HAM.) ÀS DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

- GRÁFICO 1 -** Sensibilidade ao estresse hídrico (K_y) da produção de matéria seca do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham) em função da evapotranspiração real (ET_r) em Montes Claros-MG..... **29**
- GRÁFICO 2 -** Sensibilidade ao estresse hídrico (K_y) do teor de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham) em função da evapotranspiração real (ET_r) em Montes Claros - MG..... **30**
- GRÁFICO 3 -** Massa fresca (g/planta) da parte aérea do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em função da ET_c, Montes Claros – MG..... **31**
- GRÁFICO 4 -** Massa seca (g/planta) da parte aérea do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em função da ET_c, em Montes Claros – MG..... **32**

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA NO ALECRIM-PIMENTA (LIPPIA SIDOIDES CHAM).....

- FIGURA 1 -** Câmara de pressão tipo Scholander (Arquivo pessoal).... **41**
- GRÁFICO 1 -** Oscilação das temperaturas máximas, médias e mínimas durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de junho de 2010 (T_{máx}-Temperatura máxima; T_{med}-Temperatura média; T_{min}-Temperatura mínima) Montes Claros-MG-2010..... **45**
- GRÁFICO 2 -** Oscilação da umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta(*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de junho de 2010. Montes Claros-MG-2010..... **46**
- GRÁFICO 3 -** Evapotranspiração de referência durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta(*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de **47**

junho de 2010. Montes Claros-MG-2010.....

GRÁFICO 4 - Decréscimo do teor de óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham. de acordo com o índice de estresse hídrico diário (WSDI) **51**

GRÁFICO 5 - Decréscimo do teor relativo de flavonoides de *Lippia sidoides* Cham. de acordo com o índice de estresse hídrico diário (WSDI) **52**

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 2 - SENSIBILIDADE DO ALECRIM PIMENTA (LIPPIA IDOIDES HAM.) ÀS DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

1 -	Atributos químicos e físicos do solo onde ocorreu o plantio.....	24
-----	------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA NO ALECRIM-PIMENTA (LIPPIA SIDOIDES CHAM)

1 -	Atributos químicos e físicos do solo onde ocorreu o cultivo.....	39
-----	------------------------------------------------------------------	----

2 -	Valores médios de tensão, temperatura de folhas e teor de óleo essencial em <i>Lippia sidoides</i> Cham. sob períodos de estresse hídrico antes da colheita, em Montes Claros-MG.....	48
-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETc	Evapotranspiração da Cultura
ETo	Evapotranspiração de Referência
ETr	Evapotranspiração Real
EUA	Eficiência do Uso de Água
FAO	Food Agriculture Organization of The United Nations
ICA	Instituto de Ciências Agrárias
kC	Coeficiente de Cultura
Ky	Sensibilidade da Cultura ao <i>Déficit</i> Hídrico
MSC	Matéria Seca dos Caules
MSF	Matéria Seca das Folhas
MSR	Matéria Seca das Raízes
MST	Matéria Seca Total
R/PA	Raiz/Parte
SAEG	Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1- REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
1	Estresse hídrico nas plantas cultivadas.....	12
2	INTRODUÇÃO.....	15
2.1	Plantas medicinais.....	15
2.2	Alecrim pimenta (Lippia sidoides Cham.).....	15
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	Objetivo geral.....	18
3.2	Objetivos específicos.....	18
	CAPÍTULO 2 - SENSIBILIDADE DO ALECRIM PIMENTA (LIPPIA IDOIDES HAM.) ÀS DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO.....	19
	RESUMO.....	19
	ABSTRACT.....	20
1	INTRODUÇÃO.....	21
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1	Instalação do experimento.....	23
2.2	Determinação dos componentes do balanço hídrico.....	25
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.1	Sensibilidade da cultura ao estresse hídrico.....	28
4	CONCLUSÃO.....	33
	CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA NO ALECRIM-PIMENTA (LIPPIA SIDOIDES CHAM)	34

	RESUMO.....	34
	ABSTRACT	35
1	INTRODUÇÃO.....	36
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1	Balanço hídrico.....	40
2.2	Temperatura foliar.....	41
2.3	Medição da tensão de folhas.....	41
2.4	stresse hídrico diário.....	42
2.5	Produtividade de matéria fresca, seca, teor de óleo essencial e de flavonoides totais.....	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1	Tensão de folhas.....	47
3.2	Produtividade e óleo essencial.....	49
3.3	Estresse hídrico diário.....	50
3.4	Flavonoides Totais.....	51
3.5	Temperatura foliar.....	53
4	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

CAPÍTULO 1- REFERENCIAL TEÓRICO

1 Estresse hídrico nas plantas cultivadas

A água participa como reagente em numerosas reações metabólicas e na sua falta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais podem ser afetados (KRIEG, 1993; LARCHER, 2000). Diversos processos fisiológicos e bioquímicos, tais como a troca de gases entre o interior da folha e a atmosfera, o metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e outros compostos orgânicos, são alterados pela deficiência hídrica (SIRCELJ *et al.*, 2005; PAGTER *et al.*, 2005). A regulação estomática para restringir a perda de água excessiva por transpiração é um dos primeiros mecanismos de defesa das plantas à falta de água, atuando como recurso para evitar a desidratação dos tecidos, mantendo sua turgescência por um período maior (MATTOS, 1992; LARCHER, 2000).

Assim, como há a redução da difusão do CO₂ para o interior das células, há também uma diminuição da produção de fotoassimilados e conseqüentemente redução da produção (LARCHER, 2000). A manutenção do turgor celular também pode ocorrer pelo acúmulo de substâncias orgânicas e íons inorgânicos em resposta ao *déficit* hídrico (CHARTZOULAKIS *et al.*, 1999; NOGUEIRA; SILVA, 2002). Esse mecanismo, denominado de regulação osmótica, contribui para a redução do potencial hídrico celular e assim favorece o fluxo de água para o interior do vegetal (SILVA, 2008). Visto que a disponibilidade hídrica afeta o metabolismo das plantas, inúmeros estudos avaliaram esses efeitos na produtividade.

Em milho (*Zea mays* L.), Villela e Bulz (1999) avaliaram o crescimento da espécie sob *déficit* hídrico em interação com diferentes doses de potássio e verificaram que o nutriente não incrementou a matéria seca das plantas sob estresse; no entanto, as plantas mais bem nutridas em potássio produziram mais massa seca, independente dos níveis de água utilizados. Já Costa *et al.* (2008) avaliaram a produção em diferentes estádios fenológicos, duas

variedades e quatro níveis de estresse hídrico, observando que a redução do nível de água disponível afetou negativamente a produção de matéria seca da parte aérea das plantas, nos dois estádios fenológicos da cultura (vegetativo e reprodutivo), sendo que o estresse aplicado na fase vegetativa reduziu o conteúdo relativo de água, área foliar, matéria seca das raízes e parte aérea das planta.

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) foi avaliado em cinco épocas de coleta por Correia e Nogueira (2004), sendo que as variáveis analisadas foram altura, o número de folhas e a área foliar, matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e total (MST) e alocação de biomassa para folhas, caules e raízes, bem como a razão raiz/parte aérea (R/Pa), sendo esses fatores influenciados pelo controle (plantas irrigadas) e pela supressão total de rega. Os resultados indicaram que o *déficit* hídrico por 35 dias provoca redução do crescimento de plantas de amendoim, sem, contudo, paralisá-lo, além de reduções na altura, número de folhas e área foliar das plantas e na matéria seca das folhas e dos caules, sendo que a suspensão total de rega promoveu redução na alocação de biomassa, para as folhas e caules, e aumentou a alocação de biomassa para as raízes, indicando que a planta investe seus recursos para a captação de água no solo.

Em girassol, (*Heliantus annuus* L.) foram avaliadas algumas características como área de folha, volume de raízes e teor de clorofila, em duas condições de umidade do solo, a 70% da capacidade de campo e 40%, sendo o último o regime de estresse. Os resultados indicaram que no tratamento com menor disponibilidade hídrica, houve decréscimo da área foliar, de altura das plantas, volume de raízes, conteúdo de clorofila, aumento da atividade da enzima peroxidase e alteração dos ácidos graxos presentes no óleo, aumentando o teor de ácido linoléico nas plantas sob estresse (PETCU *et al.*, 2001).

As alterações morfológicas das folhas, densidade de estômatos, diâmetro equatorial e polar dos estômatos de duas variedades de café foram avaliados por GRISI *et al.* 2008. As variedades apresentaram comportamento

diferenciado entre si, sendo que as condições de estresse provocaram alterações morfológicas nas plantas, de modo a preservar os processos metabólicos e evitar a dessecação dos tecidos.

Em se tratando de plantas medicinais, podem-se citar trabalhos sobre a influência da disponibilidade hídrica em trançagem (*Plantago major*), alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*), manjerição (*Ocimum basilicum*), sambacatiá (*Hyptis pectinata*), orégano (*Origanum vulgare*), calêndula (*Callendulla officinallis*), sendo observado que as plantas medicinais apresentam comportamentos distintos com relação ao estresse hídrico, apresentando, na maioria das vezes, uma resposta produtiva positiva ao fornecimento hídrico (BONFIM *et al.*, 2007; COSTA FILHO *et al.*, 2006; FERRAZ, 2008; SANTOS *et al.*, 2004; BERNARDI FILHO, 2007; BORTOLO *et al.*, 2009).

Assim, esses exemplos ilustram a importância do estudo das relações hídricas nas culturas e o comportamento de cada uma em relação ao *déficit* hídrico, sendo que esses trabalhos são importantes para se fazer o manejo correto de irrigação, pois se consegue determinar parâmetros produtivos relacionados à irrigação, o comportamento da cultura frente ao *déficit* hídrico, escolha de variedades e influência do estresse no ciclo de cultivo.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Plantas medicinais

As plantas medicinais têm, historicamente, função importante para as populações tradicionais, e seus princípios ativos também servem como insumo para a fabricação de medicamentos, fornecendo também intermediários, que são usados na produção de drogas semissintéticas. O interesse pelos fitomedicamentos e por produtos naturais em geral, como plantas para infusões, extratos, óleos essenciais, medicamentos, suplementos e cosméticos, continua crescendo no mundo e tornando atraente a produção das plantas medicinais (MAGALHÃES *et al.*, 2006)¹. Cerca de 25% dos medicamentos comercializados nos Estados Unidos contêm extratos de plantas ou princípios ativos preparados de vegetais superiores (FARNSWORTH *et al.*, 1986).

Na Europa, esse valor chega a 40% e, em países como China e Índia, o uso de medicamentos de origem vegetal é maior do que o de quimiossintéticos (GRAÇA, 1990). Além do aspecto social, que envolve o largo uso das plantas pelas populações carentes, há de se destacar a importância econômica dessas espécies, tanto para as indústrias farmacêuticas, quanto para os agricultores. O mercado de plantas medicinais no mundo está em pleno crescimento, no Brasil pode-se supor que esse valor chegue perto da casa de US\$ 1 bilhão. A maior parte das espécies utilizadas é nativa, obtidas por meio do extrativismo, sem o uso de manejo sustentado. Somente algumas espécies medicinais são cultivadas e, quase sempre, em pequena escala (MING, 1998).

2.2 Alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham.)

A espécie medicinal *Lippia sidoides* tem origem no nordeste do Brasil,

¹ http://www.multiciencia.unicamp.br/art01_7.htm

pertence à família Verbenaceae e é conhecida popularmente como alecrim-pimenta ou estrepa-cavalo (MATOS, 1994). A espécie ocorre também no semiárido mineiro. É um arbusto caducifólio, ereto, muito ramificado e quebradiço, com cerca de 2 a 3 m de altura, os frutos são do tipo aquênio, muito pequenos e as sementes raramente germinam (LORENZI; MATOS, 2002).

Essa planta é indicada, para impingens, acne, micoses, aftas, escabiose, caspa, maus odores nos pés e axilas, sarna infecciosa e pé-de-atleta, além de inflamações da boca e garganta, como antiespasmódico e estomáquico (MARTINS *et al.*, 1994). As folhas e flores secas e trituradas do alecrim-pimenta, também são usadas como temperos para carnes e pizzas (LORENZI; MATOS, 2002). Na fitoterapia, destaca-se pelas suas propriedades antibacterianas, analgésicas, sedativas, expectorantes, estimulantes e estomáquicas (SILVA; CASALI, 2000). Foi comprovado o uso veterinário na profilaxia ou tratamento de doenças da cavidade oral de cães (GIRÃO *et al.*, 2001).

De acordo com Lorenzi e Matos (2002), as folhas do alecrim-pimenta apresentam até 4% de óleo essencial, dos quais 60% de timol ou uma mistura de timol e carvacrol, dois terpenos fenólicos, e dentre seus componentes químicos fixos estão flavonoides e quinonas. O timol é a substância responsável pelo cheiro característico, tem forte ação antimicrobiana contra fungos e bactérias (CARVALHO *et al.*, 2003). A substância timol, presente nessa planta, aplicado na larva do *Aedes aegypti*, causa 100% de mortalidade (CARVALHO *et al.*, 2003).

Em estudos com óleo essencial de *Lippia sidoides*, Mendonça *et al.* (1990) avaliaram sua toxicidade e alergenidade na utilização como cosméticos, onde foram feitos testes oftálmicos e cutâneos em coelhos e humanos verificando-se que não houve reação positiva quando utilizado na concentração de 1%.

Trevisan e Macedo (2003) avaliaram a atividade anticolinesterase de componentes extraídos de algumas plantas, entre as quais, *L. sidoides*, para o tratamento da doença de Alzheimer. Os estudos mostraram que extratos

metanólico e etanólico das folhas de *L. sidoides* inibiram 60% e 77%, respectivamente, a enzima acetilcolinesterase. Esses percentuais de inibição, segundo os autores, são indicativos para o aprofundamento dos estudos através do fracionamento dos extratos para se descobrir quais compostos possuem atividades anticolinesterase.

Cada hectare cultivado, com irrigação, pode produzir o equivalente a 20 toneladas de folhagem, o que pode render 150 litros de óleo por ano (SIQUEIRA, 2006). No entanto, o mercado ainda é limitado e as dificuldades no seu cultivo vêm sendo superadas, tais quais resposta a adubação orgânica e calagem, sombreamento, espaçamento de cultivo (ALVARENGA *et al.*, 2009; ASSIS *et al.*, 2009; MELO, 2009). Ainda precisa ser esclarecida a sua necessidade hídrica bem como os efeitos do estresse hídrico/osmótico sobre o teor de óleo essencial e flavonoides, além de aspectos fisiológicos da planta.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o comportamento fisiológico e produtivo do alecrim-pimenta submetido ao estresse hídrico e lâminas de irrigação.

3.2 Objetivos específicos

- Acompanhamento dos potenciais hídricos da folha do alecrim-pimenta sob diferentes períodos de estresse hídrico;
- Determinar a sensibilidade do alecrim-pimenta (K_y) em função de diferentes lâminas de irrigação, para a produção de matéria seca, fresca e para o teor de óleo essencial e flavonoides.
- Determinar o índice de estresse hídrico diário (WSDI), para a cultura do alecrim-pimenta em função do teor de óleo essencial e teor de flavonoides.
- Caracterizar a cultura do alecrim-pimenta quanto à tolerância ao estresse, pelo conceito do WSDI;
- Avaliar o comportamento térmico das folhas de alecrim-pimenta ao longo dos períodos de estresse.

CAPÍTULO 2 - SENSIBILIDADE DO ALECRIM PIMENTA (*LIPPIA SIDOIDES* HAM.) ÀS DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O recurso hídrico é fator limitante para o desenvolvimento vegetal, pois está relacionado com importantes fatores fisiológicos. A planta medicinal *Lippia sidoides* Cham. é originária do nordeste brasileiro e regiões semiáridas do Norte de Minas Gerais, tendo como propriedade medicinal a atividade antimicrobiana, devida ao seu óleo essencial. O trabalho teve por objetivo avaliar a sensibilidade do alecrim-pimenta às diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em lisímetros de drenagem instalados no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, *Campus* Montes Claros. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos realizados com sete lâminas de irrigação: 0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,4; 1,65 e 1,9 da ETo calculada), com três repetições. A Eto foi calculada pelo método de Penman-Monteith e o cálculo da ETc foi realizado de acordo com o método de balanço hídrico no solo. Aos 120 dias de cultivo foi feita a coleta das amostras para determinação da produção de matérias fresca e seca, e o teor de óleo. As plantas apresentaram resposta crescente quanto à disponibilidade hídrica, apresentando produção de matéria seca de 10 até 80 g/planta⁻¹, respectivamente, para a menor e maior disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: Plantas medicinais. Óleo essencial. Disponibilidade hídrica.

CHAPTER 2 - SENSIBILITY OF ALECRIM PIMENTA (*LIPPIA SIDOIDES* CHAM.) TO DIFFERENT IRRIGATION BLADES

ABSTRACT

The water resource is a limiting factor for vegetable development because it is related with important physiological factors. The medicinal plant *Lippia sidoides* Cham. is native of the Brazilian northeast and semi-arid regions of the north of Minas Gerais State, having as medicinal property the antimicrobial activity, due to its essential oil. The study aimed to evaluate the sensibility of the alecrim pimenta to different irrigation blades. The experiment was conducted in drainage lysimeters installed at the Institute of Agricultural Sciences of the Federal University of Minas Gerais, at Montes Claros Campus. The experimental delimitation used it was randomized in blocks, with treatments of seven irrigation slides (0.5; 0.75; 1.0; 1.2; 1.4; 1.65 and 1.9 of the ETo calculated), with three repetitions. The Eto was calculated by Penman-Monteith method and the calculation of ETc was performed according to the method of water balance in the soil. After 120 cultivation days, it was made the collect of the samples to determine the production of fresh and dry matter and oil content. The plants showed increasing response as water availability, with dry matter production from 10 to 80 g plant⁻¹, respectively for lower and higher water availability.

Keywords: Medicinal plants. Essential oil. Water availability.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento vegetal é influenciado pela disponibilidade de nutrientes, luz, temperatura e água em proporções adequadas. Esse conjunto de fatores aliados a genética da planta cultivada vão determinar a produtividade de uma cultura, de modo que as alterações ocorridas nos mesmos vão contribuir para a queda ou aumento da produção.

Taiz e Zeiger (2004) avaliaram que, para cada grama de matéria orgânica produzida, são translocados pela planta aproximadamente 500g de água, sendo absorvida pela zona pilífera radicular, transportada pelo xilema e perdida pelos estômatos, na transpiração. A necessidade de água das plantas é suprida com a água presente no perfil do solo e algumas vezes, pela umidade presente na atmosfera.

Para as culturas, muitas vezes a água proveniente da precipitação é suficiente para obter boa produtividade, porém em locais em que a precipitação é deficitária ou irregular, a necessidade hídrica é complementada por meio da irrigação. Essa prática consiste na aplicação da água em quantidade adequada, em períodos críticos de *déficit* hídrico para as culturas e do modo mais eficiente possível, evitando o desperdício de recursos energéticos e hídricos. Para se manejar corretamente a irrigação, faz-se necessário determinar alguns parâmetros das culturas correlacionados com a demanda hídrica, tais como a Evapotranspiração de Referência (ET_o), Evapotranspiração da Cultura (ET_c), o Coeficiente de Cultura (K_c), a sensibilidade da cultura ao *déficit* hídrico (K_y) e a Eficiência do Uso de Água (EUA).

A ET_c é a evapotranspiração real da cultura em qualquer estágio fenológico, estando a planta sofrendo ou não limitação hídrica ou outro fator que impeça a sua taxa potencial. Diz-se que a ET_c é máxima ou potencial quando a cultura não sofre limitações tanto hídrica quanto de outros fatores como ataque de doenças, pragas, restrição mineral (BERNARDO *et al.*, 2005). De acordo com Bergamaschi *et al.* (1999), a ET_o é a evapotranspiração de uma cultura bem adaptada, selecionada para

propósitos comparativos, sob dadas condições meteorológicas e com adequada bordadura, em condições hídricas apropriadas para a referida cultura e região.

Medeiros *et al.* (2004) citam o Kc como um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado, contudo, para defini-lo, sob condições de campo, exige um grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e custos, em virtude da quantidade de informações, controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico em uma área irrigada. Para Doorenbos e Kassam (1979), a eficiência do uso de água (EUA) das culturas pode ser determinada para a produção biológica, onde a eficiência do uso de água reflete na capacidade que o vegetal possui em transformar o recurso hídrico em produção.

O *déficit* hídrico influencia na evapotranspiração da cultura, que por sua vez interfere na produção. Tendo observado essa relação, Doorenbos e Kassam (1994) elaboraram o fator de resposta da cultura ao estresse hídrico (Ky), onde se pode determinar em qual fase fenológica a planta é mais sensível. O Ky é um fator recorrente da redução na produtividade relativa de acordo com a diminuição da evapotranspiração da cultura causada pelo *déficit* hídrico. Em geral, o decréscimo na produtividade, devido a *déficit* de água durante o período vegetativo e de maturação é relativamente pequeno, enquanto que haverá grande decréscimo produtivo durante o florescimento e os períodos de formação da produção (ALLEN *et al.*, 1998).

Tendo em vista a importância de se conhecer o comportamento da cultura diante de diferentes lâminas de irrigação, o presente estudo objetivou determinar a sensibilidade do alecrim-pimenta pelo fator Ky.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação do experimento

O experimento foi instalado na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias - ICA da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG situado no município de Montes Claros – MG, 16° 44' 02.8" de latitude S e 43° 51' 23.3" de longitude W e altitude de 646m. O clima é denominado Aw – clima tropical de savana com inverno seco e verão chuvoso, semiárido, segundo a classificação de Koeppen (LEITE *et al.*, 2004).

O experimento ocorreu no período de 15 de maio a 15 de setembro de 2009. O tipo de solo na área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, sua caracterização química e física (TAB. 1) foi realizada no Laboratório de Análises de Solos do ICA, UFMG.

TABELA 1

Atributos químicos e físicos do solo onde ocorreu o plantio

Atributos do solo	Amostra	
	Valor	Nível
pH em água	5,00	Baixo
P Mehlich (mg Kg ⁻¹)	0,30	Muito Baixo
P remanescente (mg L ⁻¹)	18,30	
K (mg Kg ⁻¹)	78,00	Bom
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,40	Médio
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,30	Baixo
Al (cmolc dm ⁻³)	2,36	Muito Alto
H + Al (cmolc dm ⁻³)	6,66	Alto
SB (cmolc dm ⁻³)	1,90	Médio
t (cmolc dm ⁻³)	4,26	Médio
m (%)	55,00	Alto
T (cmolc dm ⁻³)	8,56	Médio
V (%)	22,00	Baixo
Mat. Orgânica (dag Kg ⁻¹)	1,35	Baixo
Areia grossa (dag Kg ⁻¹)	2,90	
Areia fina (dag Kg ⁻¹)	41,10	
Silte (dag Kg ⁻¹)	20,00	
Argila (dag Kg ⁻¹)	36,00	Argiloso

As mudas do alecrim-pimenta foram produzidas por meio de estacas oriundas de material presente no Horto de Plantas Medicinais da mesma instituição. O plantio do alecrim-pimenta foi realizado em covas com espaçamento de 0,4 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas na linha, formando uma área por planta de 0,16 m², totalizando nove unidades por lisímetro (composto de três fileiras, com três plantas cada), sendo 189 plantas no total do experimento.

2.2 Determinação dos componentes do balanço hídrico

Visando atingir a capacidade de campo, o solo de cada parcela experimental foi saturado com água e as caixas cobertas com lona por um período de três dias, de maneira a conservar o máximo de umidade e permitir a percolação do excedente hídrico. Com isso iniciou-se o experimento para a realização do balanço hídrico.

Logo após a drenagem total dos lisímetros foi realizado o transplântio das mudas, 30 dias após o plantio das estacas. Foi feita adubação de 12 Kg.m² com esterco bovino curtido, antes do plantio, para promover um maior desenvolvimento das mudas (ASSIS *et al.*, 2009). Na determinação da evapotranspiração de referência (ET_o), foi utilizado o método da FAO-Penman-Monteith, recomendado como método padrão para a definição e cálculo da evapotranspiração de referência, sendo a equação (1) descrita a seguir.

Equação (1)

$$ET_o = \frac{0,408.\Delta.(Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)},$$

Onde:

ET_o: evapotranspiração de referência, em mm d⁻¹;

Rn: saldo de radiação à superfície, em MJ m⁻²d⁻¹;

G: fluxo de calor no solo, em MJ m⁻²d⁻¹,

T: temperatura do ar a 2 m de altura, em °C;

U₂: velocidade do vento à altura de 2 m, em m s⁻¹;

e_s: pressão de saturação de vapor, em kPa;

e_a: pressão de vapor atual do ar, em kPa;

(e_s - e_a): déficit da pressão de vapor, em kPa;

Δ: declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em kPa °C⁻¹;

γ : constante psicrométrica, em $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Os dados necessários para essa determinação foram coletados em estação meteorológica presente na área experimental, sendo que alguns dados são tabelados. A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada a partir do balanço hídrico, que tem seu fundamento na lei da conservação das massas, apresentada por Reichardt (1985):

Equação (2):

$$P + I - D - \text{ETc} = \pm\Delta h$$

Em que:

P: precipitação natural, em mm

I: irrigação, em mm

D: drenagem profunda, em mm

ETc: evapotranspiração da cultura, em mm

Δh : variação da armazenagem da água no solo dentro dos lisímetros, em mm.

O K_y , ou fator de sensibilidade da cultura é determinado a partir da equação elaborada por Doorembos e Kassam (1994) descrita a seguir:

Equação (3):

$$y = \frac{1 - \frac{y_r}{y_m}}{1 - \frac{y_r}{y_m}}$$

Onde:

K_y : Fator de sensibilidade da cultura;

y_r : rendimento real da cultura obtido nos tratamentos;

y_m : rendimento máximo da cultura;

ETr: evapotranspiração real da cultura obtida nos tratamentos submetidos a estresse hídrico;

ETm: evapotranspiração máxima da cultura.

Os tratamentos consistiram na aplicação de sete lâminas de irrigação sendo elas 0,5; 0,75; 1,0; 1,2; 1,4; 1,65 e 1,9 da ETo calculada. Cada

tratamento conteve três repetições, perfazendo 21 unidades experimentais em delineamento de blocos casualizados.

Aos 120 dias de cultivo, foram coletadas amostras para determinar a produção de matéria seca e fresca, bem como a produção de óleo essencial. Na determinação da matéria seca, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada por 72 horas, à temperatura constante de 60 °C. Na determinação do teor de óleo essencial. As amostras de material fresco foram colocadas em extrator do tipo Clevenger, durante 4 horas. A partir dos dados de produção e do cálculo das ETc, ETr e ETm foi possível determinar a sensibilidade da cultura do alecrim pimenta ao estresse hídrico, pelo fator Ky.

Os dados de produção de matérias fresca e seca foram submetidos à análise de regressão pelo Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (2007), sendo ajustadas as equações de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sensibilidade da cultura ao estresse hídrico

De acordo com Dorenboos e Kassam (1994), a classificação das culturas quanto à sensibilidade ao estresse hídrico pode ser feita em quatro categorias: baixo ($K_y < 0,85$); baixo/médio ($0,85 < K_y < 1,00$); médio/alto ($1,00 < K_y < 1,15$) e alto ($K_y > 1,15$). Assim, o alecrim-pimenta se mostrou uma cultura sensível ao déficit hídrico, apresentando valor de K_y superior a 1,15 (GRAF. 1).

O ponto máximo dos valores de K_y para matéria seca, que reflete a real produção da cultura, foi de 2,04. Esse valor foi encontrado para a evapotranspiração real de 400 mm, sendo que as lâminas consumidas, superiores a essa, apresentaram sensibilidades menores. Com isso, com o aumento da lâmina aplicada e conseqüentemente da disponibilidade hídrica para a planta, a sensibilidade ao estresse hídrico diminuiu. Como a planta não estava sob estresse hídrico, a sensibilidade conseqüentemente diminuiu, sendo observado esse comportamento decrescente a partir da Evapotranspiração Real de 400 mm.

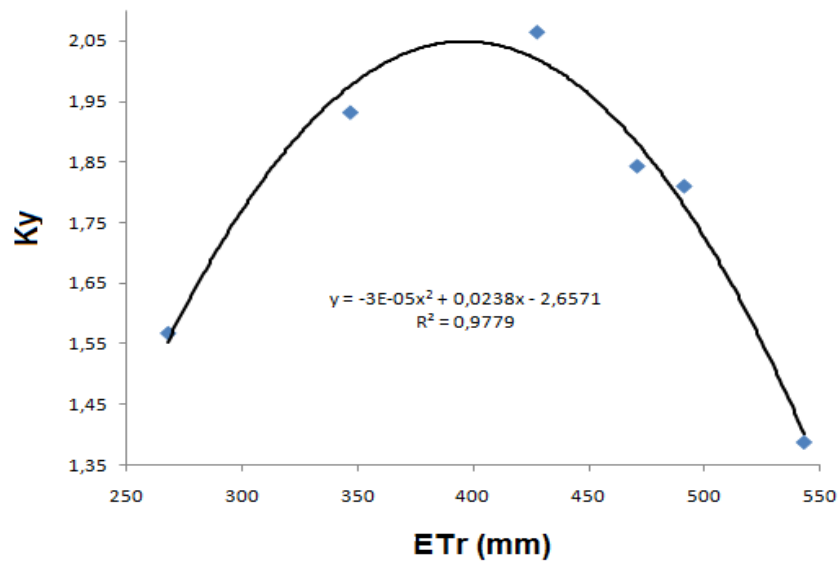


GRÁFICO 1- Sensibilidade ao estresse hídrico (K_y) da produção de matéria seca do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham) em função da evapotranspiração real (ETr) em Montes Claros - MG.

Estudos mostram que, dependendo da cultura, a limitação do recurso hídrico interfere na produtividade, porém, para o alecrim-pimenta, a melhor época de colheita, se considerado o teor de timol nas folhas, é após o florescimento (LEAL *et al.*, 2003). Contudo, não foram encontrados estudos relacionando lâminas de irrigação com a melhor época de colheita.

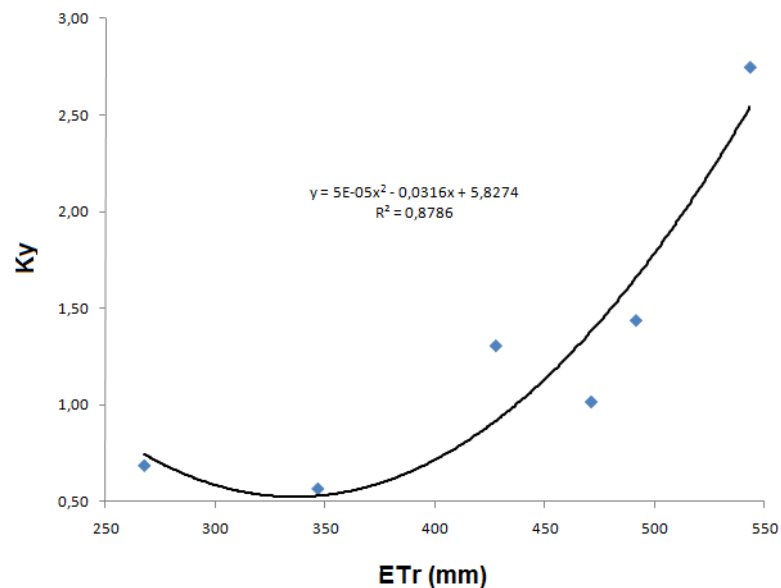


GRÁFICO 2 - Sensibilidade ao estresse hídrico (Ky) do teor de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham) em função da evapotranspiração real (ETr) em Montes Claros - MG.

Para o teor de óleo essencial, o GRAF. 2 ilustra a sensibilidade da planta, sendo observado que à medida que há o aumento da disponibilidade de água, há incremento nas respostas metabólicas para produção de biomassa e de óleo essencial, tornando-se então mais sensível ao *déficit* hídrico. Em contraste, em baixa oferta de água, a planta não se mostra sensível, obtendo-se valores de Ky inferiores a 1. Com relação à disponibilidade hídrica e teor de óleo essencial, Lopes (2010) verificou que quanto maior a disponibilidade hídrica, maior a produção de óleo essencial.

Já em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.) Santos *et al.* (2004), observaram efeito linear decrescente para a massa foliar em função dos dias de estresse hídrico, sendo que o resultado foi inversamente proporcional ao teor de óleo essencial, verificando-se neste último o efeito linear crescente, sendo que o maior teor de óleo e produção de massa foliar ocorreu com 1,5 dias de estresse hídrico.

Em condições de maior disponibilidade hídrica, houve maior solubilização dos nutrientes do solo. Conseqüentemente, as plantas responderam positivamente a esse fator, apresentando comportamento produtivo linear crescente, apresentando as menores produções nas lâminas menores e maiores produções nas lâminas maiores (GRAF. 3 e 4).

Em manjerição *Ocimum basilicum* L. Ferraz (2008) observou que a lâmina de 1,2 da ETo apresentou a máxima produção de fitomassa e que a partir dessa lâmina, a planta não respondeu à disponibilidade hídrica, nas condições de cultivo do trabalho, indicando que as plantas medicinais, muitas vezes, respondem positivamente ao aumento da lâmina de água.

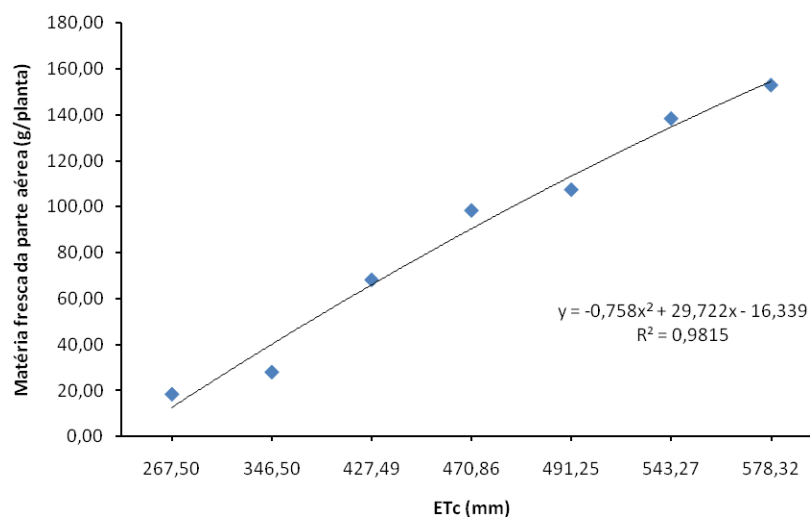


GRÁFICO 3 - Massa fresca (g/planta) da parte aérea do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em função da ETc, Montes Claros - MG.

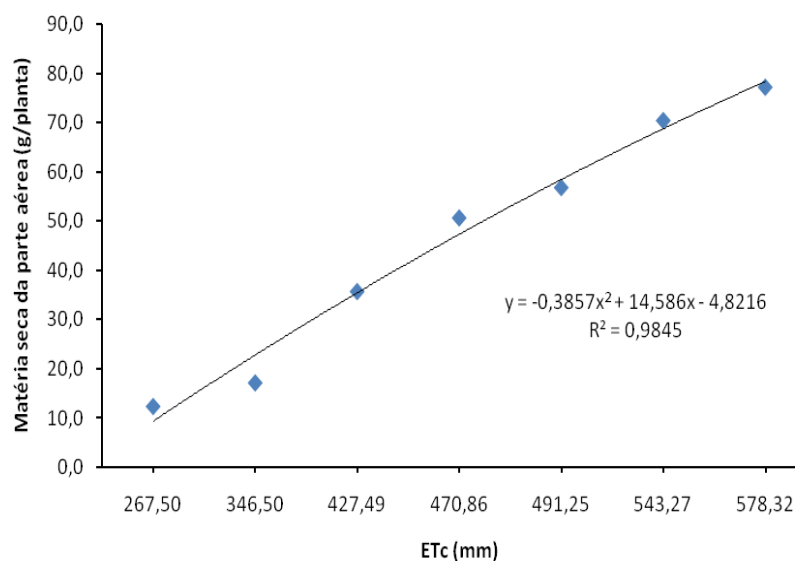


GRÁFICO 4 - Massa seca (g/planta) da parte aérea do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em função da ETc, em Montes Claros - MG.

Outra observação verificada foi a persistência das folhas durante o período de cultivo, mesmo nos tratamentos com menores lâminas aplicadas, indicando que o seu comportamento caducifólio (LORENZI; MATOS 2004) está relacionado com a disponibilidade hídrica.

4 CONCLUSÃO

O alecrim-pimenta se mostrou sensível ao *déficit* hídrico para a produção de matéria fresca e teor de óleo apresentando valores médios de Ky de 1,57 e 1,29 respectivamente, sendo que os maiores valores de Ky foram observados com umidade próximos à capacidade de campo.

A planta se manteve com folhas durante todo o período de estudo, indicando que a sua fenologia é influenciada pelo *déficit* hídrico.

A maior disponibilidade hídrica favoreceu a produção de massa fresca e seca.

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA SUPRESSÃO DE IRRIGAÇÃO ANTES DA COLHEITA NO ALECRIM-PIMENTA (*LIPPIA SIDOIDES* CHAM).

RESUMO

A água é um dos mais importantes fatores para o desenvolvimento das culturas. Sua disponibilidade afeta a produção das culturas. O efeito do *déficit* hídrico em plantas medicinais e aromáticas como o alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) ainda é muito pouco estudado. O alecrim-pimenta é planta nativa de regiões semiáridas do Brasil. Apresenta em seu óleo essencial efeito antimicrobiano, sendo bastante utilizado na medicina popular. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento da planta frente a diferentes períodos de estresse hídrico antes da colheita. O trabalho foi realizado em lisímetros de drenagem instalados no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais - *Campus* Montes Claros, com um cultivo de 270 dias, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos: 8 (T5), 6 (T4), 4(T3), 2 (T2) e 0 (T1) dias de supressão de irrigação antes da colheita, com quatro repetições. Foi observada a produção de matéria fresca e seca, teor de óleo essencial, teor de flavonoides totais, tensão e temperatura de folhas, sendo feita a caracterização da cultura pelo conceito de estresse hídrico diário, com base na tensão de folhas e no teor de óleo essencial. Os resultados observados indicaram que os períodos de estresse não influenciam no teor de óleo e de flavonoides totais, porém aumentam a temperatura das folhas no tratamento com 8 dias de supressão.

Palavras-chave: Tensão de folhas. Óleo essencial. Estresse hídrico.

CHAPTER 3 - THE INFLUENCE OF THE SUPPRESSION OF IRRIGATION BEFORE HARVEST IN ALECRIM-PIMENTA (LIPPIA SIDOIDES CHAM.)

ABSTRACT

The water is one of the most important factors for the development of cultures, and its availability affects the production of them. The effect of water deficit in medicinal and aromatic plants as alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) is still little studied. The alecrim-pimenta is a native plant from semi-arid regions of Brazil, which has in its essential oil antimicrobial effect and it is a lot used in folk medicine. Thus, this study aimed to evaluate the behavior of the plant to different periods of water stress before harvest. The study was conducted in drainage lysimeters installed at the Institute of Agricultural Sciences of the Federal University of Minas Gerais, at Montes Claros Campus, with a cultivation of 270 days in a randomized delimitation with five treatments: (T5), 6 (T4), 4(T3), 2 (T2) e 0 (T1) days of irrigation suppression before harvest, with four replications. It was observed the production of fresh and dry matter, essential oil content, total flavonoids, tension and temperature of leaves, making the characterization of the culture by the concept of the daily water stress, based on the tension leaves and essential oil content. The observed results indicate that the periods of stress do not influence the oil content and total flavonoids, but it increased the temperature of leaves in the treatment of 8 days of suppression.

Keywords: Leaves tension. Essential oil. Water stress.

1 INTRODUÇÃO

O estresse por deficiência hídrica ocorre quando pouca água está disponível em um estado termodinâmico apropriado. Essa situação pode ocorrer por uma série de razões, tais como, excesso de evaporação, água ligada osmoticamente aos solos salinos, ou ainda, devido ao congelamento nos solos. O estresse causado pela seca, gradualmente intensificado, pode ser também o resultado da absorção inadequada de água pelas plantas que crescem em solos muito rasos, incapazes de proporcionar um pleno desenvolvimento radicular (LARCHER, 2000). As plantas têm mecanismos bioquímicos desenvolvidos para lidar com a falta de água, os processos desencadeados pela seca e a adaptação à alta disponibilidade de água em períodos curtos é ainda bastante desigual, sendo que cada célula tem mais de um mecanismo para reagir à seca, e tem por assim dizer, uma rede de segurança múltipla (SCHULZE *et al.*, 2004).

O metabolismo secundário também é afetado pela restrição hídrica. Estudos avaliando o comportamento de plantas medicinais demonstram grande influência do *déficit* hídrico tanto na produção, como na formação de compostos como partenolíticos, flavonoides, óleos essenciais e alcaloides, (CARVALHO *et al.*, 2003; BORTOLO *et al.*, 2009; PENKA, 1978; CASTRO *et al.*, 2004). O nível e a duração do estresse são fundamentais na resposta das plantas aromáticas e medicinais, assim, estudos têm indicado que plantas de qualidade podem ser obtidas por meio de sistemas de reduzida irrigação (CHARLES *et al.*, 1990; MORVANT *et al.*, 1998).

A manutenção da temperatura foliar igual ou ligeiramente inferior à temperatura do ar comprova a capacidade de refrigeração das plantas, por meio da transpiração, no intuito de manter a planta protegida das faixas térmicas muito elevadas. Esse é um comportamento desejável e foi observado em várias espécies vegetais (LUDLOW; MUCHOW, 1990). Também, foi sugerido que o comportamento da temperatura foliar em relação à temperatura do ar pode ser usado como indicador da condição hídrica da

planta, o qual, devidamente obtido, pode ser utilizado como indicador para a irrigação (MILLAR, 1972).

O estresse hídrico oferece resistência para a absorção da água do solo pela planta. Com isso, o seu potencial hídrico diminui, desencadeando alterações de uma série de funções celulares conforme o valor de potencial atingido (TAIZ; ZEIGER, 2004). Como a restrição hídrica limita a produção, Katerji *et al.* (2001) propuseram um método de determinação da sensibilidade da cultura a esse *déficit*, baseado na hipótese de que a tolerância da cultura a esse *déficit* é causado por falta de água ou por salinidade. O decréscimo de produtividade é considerado como um resultado do *déficit* de água interno imposto à cultura durante a estação de crescimento.

O alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) é uma planta aromática e medicinal, nativa, originária do Nordeste brasileiro e de regiões semiáridas do Norte de Minas Gerais, sendo utilizada na medicina popular para o combate de micoses, inflamações bucais, escabiose, maus odores nos pés e axilas. Seu óleo essencial, composto por uma mistura de timol e carvacol, apresenta propriedades antimicrobianas contra fungos e bactérias, além de ser eficiente no controle de larvas de *Aedes aegypti*. Os estudos sobre o cultivo irrigado do alecrim-pimenta são incipientes, não se conhecendo o comportamento da planta frente a condições de estresse (ALVARENGA, *et al.* 2009).

Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em condições de estresse hídrico, por meio de avaliações das tensões hídricas e temperatura das folhas, além da análise sobre os teores de óleo essencial e de flavonoides totais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias - ICA da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG situado no município de Montes Claros – MG, cujas coordenadas são 16° 44' 02.8" de latitude S e 43° 51' 23.3" de longitude W e altitude de 646m. O clima é denominado Aw – clima tropical de savana com inverno seco e verão chuvoso, semiárido, segundo a classificação de Koeppen (LEITE *et al.*, 2004).

O trabalho foi conduzido em lisímetros de drenagem, com capacidade para 1 m³ e diâmetro médio de 1,305 m (caixas de polietileno com diâmetro superior de 1,51 m e inferior de 1,10 m) e altura de 0,76 m. O volume ocupado foi de 0,900 m³ e a densidade do solo correspondeu a 1,06 g.cm⁻³. O tipo de solo na área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, sua caracterização química e física (TAB. 1) foi realizada no Laboratório de Análises de Solos do ICA, UFMG.

TABELA 1

Atributos químicos e físicos do solo onde ocorreu o cultivo

Atributos do solo	Amostra	
	Valor	Nível
pH em água	5,00	Baixo
P Mehlich (mg Kg ⁻¹)	0,30	Muito Baixo
P remanescente (mg L ⁻¹)	18,30	
K (mg Kg ⁻¹)	78,00	Bom
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,40	Médio
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,30	Baixo
Al (cmolc dm ⁻³)	2,36	Muito Alto
H + Al (cmolc dm ⁻³)	6,66	Alto
SB (cmolc dm ⁻³)	1,90	Médio
t (cmolc dm ⁻³)	4,26	Médio
m (%)	55,00	Alto
T (cmolc dm ⁻³)	8,56	Médio
V (%)	22,00	Baixo
Mat. Orgânica (dag Kg ⁻¹)	1,35	Baixo
Areia grossa (dag Kg ⁻¹)	2,90	
Areia fina (dag Kg ⁻¹)	41,10	
Silte (dag Kg ⁻¹)	20,00	
Argila (dag Kg ⁻¹)	36,00	Argiloso

O período de cultivo se compreendeu entre 15 de setembro de 2009 a 11 de junho de 2010, totalizando 270 dias de cultivo. As plantas foram oriundas de rebrota de plantas colhidas com 120 dias de transplante, sendo que as mudas foram produzidas com material propagativo do Horto de Plantas Medicinais da referida instituição.

Os tratamentos consistiram na supressão de irrigação por cinco períodos, ou seja, 8 (T5), 6 (T4), 4 (T3), 2 (T2) e 0 (T1) dias antes da colheita, perfazendo cinco tratamentos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Aos 95 dias de cultivo foi feita uma adubação

suplementar com esterco bovino curtido com 12 kg m⁻² (ASSIS *et al.*, 2009). As plantas foram caracterizadas, antes do início dos tratamentos, quanto à altura, diâmetro de copa e diâmetro de colo, sendo, para tal medição, utilizada trena graduada e paquímetro digital respectivamente.

2.1 Balanço hídrico

Para início do experimento, o solo do lisímetro foi saturado e mantido na capacidade de campo até o período de supressão da irrigação. Porém, o volume total consumido pela cultura não pode ser determinado, pois a estrutura não contava com cobertura na área e, ao iniciar a estação chuvosa, não foi possível determinar a lâmina percolada. A irrigação era realizada com base na evapotranspiração de referência (ET_o) calculada conforme a equação 1 de Hargreaves-Samani (PEREIRA *et al.*, 1997) apresentada abaixo:

Equação (1):

$$E_{to} = [(T_{med} + 17,8) \cdot 0,0023 \cdot Q_o \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5}]$$

em que:

ET_o: evapotranspiração potencial de referência, em mm.dia⁻¹;

T_{med}: temperatura média diária, em °C;

T_{max}: temperatura máxima diária, em °C;

T_{min}: temperatura mínima diária, em °C;

Q_o: radiação extraterrestre em mm.d⁻¹.

Os parâmetros meteorológicos para a determinação da ET_o foram coletados na estação meteorológica automática Davis, modelo Vantage Pro 2, presente na área experimental. A frequência da irrigação foi de três dias até o período de início da supressão, em que os tratamentos eram irrigados diariamente para manter o solo à capacidade de campo.

2.2 Temperatura foliar

Para o acompanhamento da temperatura das folhas foi utilizado termômetro infravermelho (Infratherm ®) e as temperaturas eram aferidas nas folhas apicais desenvolvidas nos horários de 06:00, 09:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas durante todo o período de estresse em todos os tratamentos. A medição era realizada à distância de 2 cm da folha, sempre perpendicular a mesma sem que houvesse a presença de nuvens, na orientação geográfica Leste.

2.3 Medição da tensão de folhas

Para se avaliar as tensões de folhas foi utilizada a câmara de pressão de Scholander (FIG. 1) equipada com manômetro digital, tendo o gás nitrogênio como pressurizador. Ramos apicais da planta, com cerca de 15 cm, foram coletados por volta das 3h00min em dias alternados, sendo feitas as medições das tensões das folhas em todos os tratamentos. Os valores de pressão foram transformados de kgf cm^2 em MPa (Mega Pascal) e adotado o sinal negativo, por se tratar de tensão.



FIGURA 1- Câmara de pressão tipo Scholander (Arquivo pessoal).

2.4 Estresse hídrico diário

O equipamento utilizado para as medições de potencial de água da folha foi a câmara de pressão (SCHOLANDER *et al.*, 1965). Foi utilizado o valor médio de cada medição. O índice de estresse hídrico (WSDI) e a relação entre o decréscimo da produtividade e o estresse hídrico na cultura foram determinados segundo a metodologia proposta por Katerji *et al.* (2000), conforme as equações 2 e 3.

Equação (2):

$$Y = a - (b \cdot WSDI)$$

em que:

Y : produtividade relativa obtida, %;

a: valor da ordenada, a qual deve ser aproximadamente igual a 100;

b: perda percentual de produtividade por unidade de acréscimo do WSDI, adimensional; e

WSDI: índice de estresse hídrico, adimensional.

O WSDI foi determinado pela equação 3.

$$WSDI = \sum_{i=1}^n \frac{\psi_{ci} - \psi_{si}}{n}$$

(3), onde:

WSDI= Estresse hídrico diário;

ψ_{ci} = valor diário do potencial hídrico na folha antes do amanhecer, do tratamento controle, ao longo do período de estresse;

ψ_{si} = valor diário do potencial hídrico da folha antes do amanhecer, para cada tratamento, ao longo do período de estresse;

n = número de dias com medições.

A metodologia descrita teve a variável “produtividade” substituída pelo teor de óleo essencial, ou seja, ao invés de utilizar matéria fresca, seca ou produção de óleo, apenas o teor foi considerado, tendo em vista que esse fator pode ser mais importante nos curtos períodos de estresse aplicados próximo à colheita.

2.5 Produtividade de matéria fresca, seca, teor de óleo essencial e de flavonoides totais

Ao final do período de supressão, as plantas de cada parcela foram coletadas a 10 cm do solo e então foram retiradas amostras para determinação da massa fresca. Na sequência essas amostras foram pesadas e levadas à estufa de circulação forçada para determinação da massa seca. O teor de umidade de cada tratamento foi feito com base na matéria seca. A determinação do teor de óleo essencial foi realizada a partir de amostras de matéria fresca com cerca de 100 g, levadas a o aparelho de Clevenger e hidrodestiladas por 4 horas, sendo então a massa de óleo essencial determinada em balança analítica. O material vegetal resultante da extração foi submetido à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65° C, até chegar ao peso constante, para determinação da matéria seca das amostras. Assim, o teor de óleo essencial foi expresso com base na matéria seca dessas amostras.

Após a moagem do material seco foi realizada a extração dos flavonoides totais das folhas, conforme metodologia adaptada de Santos e Blatt (1998). Amostras de 0,25 g do material moído e 10 mL de metanol 70% foram incubadas em tubos para centrífuga. Após 24 horas, foi transferida uma alíquota de 50µL, para tubos contendo 1,8 mL de metanol 70%. Em seguida foi adicionado 130 µL de cloreto de alumínio (5g de cloreto de alumínio em 100 mL de metanol 70%) e 6,7 mL de metanol 70%, sendo os tubos agitados para homogeneização. Após 30 minutos de repouso, foi feita a leitura a 425 nm em espectrofotômetro UV/visível. A curva padrão foi

preparada com concentrações crescentes de rutina, e expressos em mg.g^{-1} de matéria seca do material.

Os dados foram submetidos ao teste de médias, para comparação das médias de produção de matéria seca, fresca, de óleo, temperaturas e tensões de folha entre os tratamentos, sendo utilizado o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (2007) e comparadas pelo teste de médias Tukey a 5% de probabilidade.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O GRAF. 1 mostra as temperaturas máximas, mínimas e médias durante o período do experimento, onde se verificam as maiores temperaturas no início do experimento, com temperaturas máximas próximas dos 35°C, e nos últimos 60 dias de cultivo, observa-se uma queda significativa das temperaturas, onde as temperaturas mínimas estiveram próximas dos 17°C, coincidindo com o período das coletas de dados de tensão e temperatura das folhas.

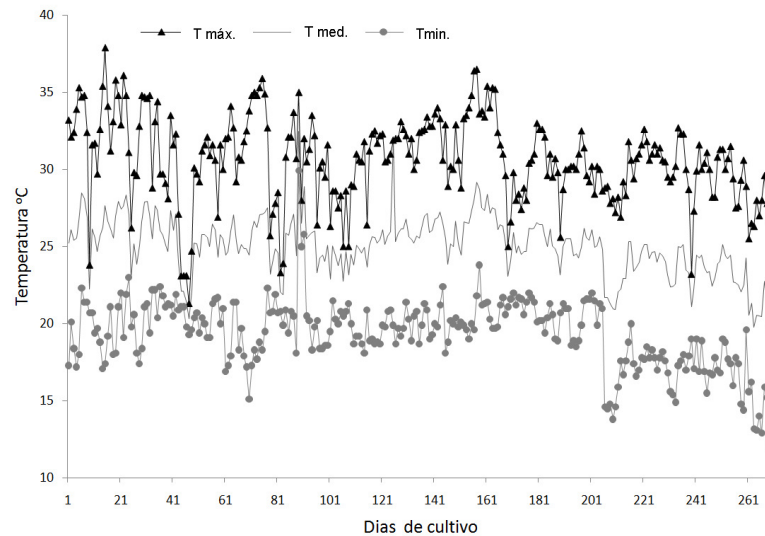


GRÁFICO 1- Oscilação das temperaturas máximas, médias e mínimas durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de junho de 2010 (T máx-Temperatura máxima; T med-Temperatura média; T min-Temperatura mínima) Montes Claros-MG-2010.

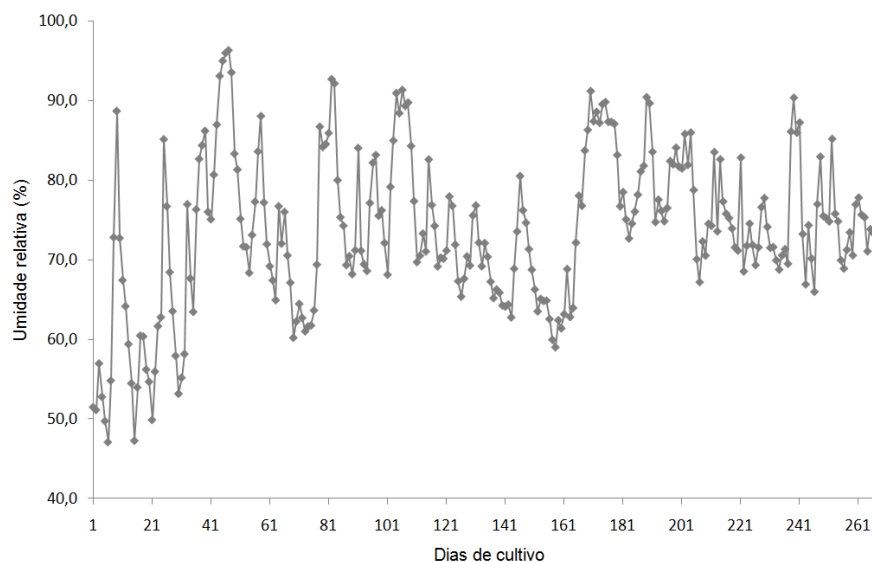


GRÁFICO 2 - Oscilação da umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de junho de 2010. Montes Claros-MG-2010.

No GRAF. 2 nota-se que a umidade relativa do ar foi relativamente baixa nos primeiros 40 dias de cultivo, com valores inferiores a 50%, e verifica-se o prolongamento do período chuvoso até próximo do início da coleta dos dados, com valores próximos de 70% com o início da estação “seca”, por volta do mês de abril, para a região. Já o GRAF. 3 mostra a evapotranspiração de referência (ET_o), onde se observa valores máximos de até 7 mm dia⁻¹, devido a grande amplitude térmica. Os valores mínimos observados ficaram próximos dos 2mm dia⁻¹. Nota-se uma diminuição da taxa evapotranspirativa aos 100 dias anteriores à colheita, devido ao prolongamento do período chuvoso do ano corrente.

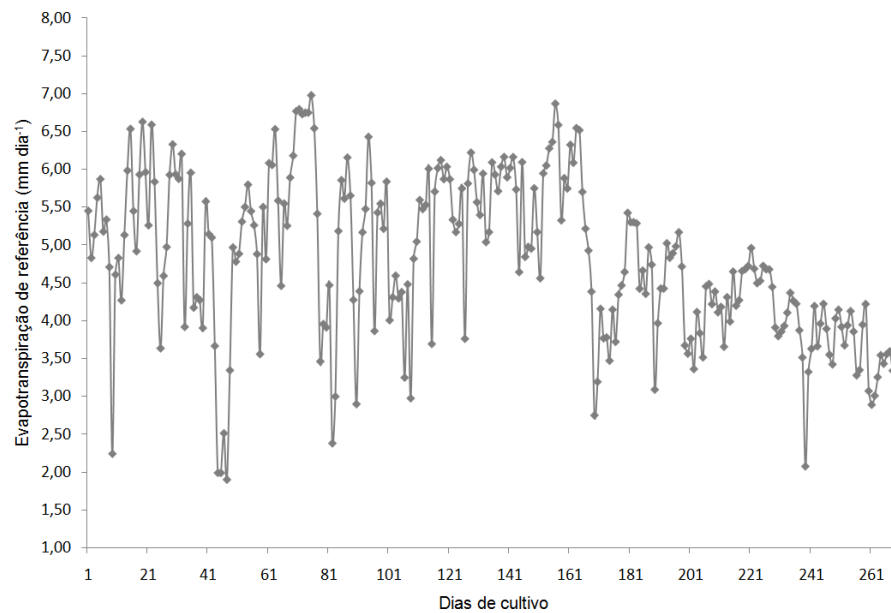


GRÁFICO 3 - Evapotranspiração de referência durante o ciclo da cultura do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) cultivado no período de 15 de setembro de 2009 a 12 de junho de 2010. Montes Claros-MG-2010.

As plantas apresentaram após período de cultivo, altura média de $1,67 \pm 0,26$ m, diâmetro médio de copa de $1,07 \pm 0,29$ m e diâmetro de colo de $14 \pm 3,14$ mm. Figueiredo *et al.* (2009) observaram altura para o cultivo com 300 dias, para as condições do trabalho, valores superiores a 1,80 m. Já para diâmetro de colo, os valores observados foram de aproximadamente 11 mm, inferiores ao do presente trabalho, por se tratar de plantas que não foram colhidas anteriormente.

3.1 Tensão de folhas

A TAB. 2 indica que houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável tensão de folhas.

TABELA 2

Valores médios de tensão, temperatura de folhas e teor de óleo essencial em *Lippia sidoides* Cham. sob períodos de estresse hídrico antes da colheita, em Montes Claros-MG

Tratamentos	Tensão (MPa)	Temperatura das folhas (°C)	Teor de óleo (%)
T1 - 0 dia de estresse hídrico	-0,44 ^a b	19,79b	1,17ab
T2 - 2 dias de estresse hídrico	-0,41 b	19,53b	0,95ab
T3 - 4 dias de estresse hídrico	-0,47 b	19,87b	0,56b
T4 - 6 dias de estresse hídrico	-0,54 ab	19,94b	0,58b
T5 - 8 dias de estresse hídrico antes da colheita	-0,66a	21,06a	1,27a
CV (%)	12,27	26,27	31,10

*As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pela tensão média dos tratamentos, pode-se notar que à medida que se aumenta o período de estresse, aumenta a tensão das folhas das plantas sob o déficit hídrico, variando de -0,41MPa até -0,66 MPa. Em aceroleira, Nogueira *et al.* (2001) avaliaram a influência de períodos de estresse de plantas de origem sexuada e enxertadas, observando valores entre -1 e -5,5 Mpa, para 20 dias de estresse hídrico. Segundo Schulze *et al.* (1986), um mesmo potencial da água foliar pode ser observado em plantas sem restrição hídrica, ou naquelas submetidas a estresse hídrico, de acordo com os níveis de perda do vapor da água pela transpiração. Em café, os potenciais hídricos variaram entre -0,3 e -0,8MPa para plantas irrigadas e entre -0,6 MPa e -1,5 MPa para plantas sob estresse hídrico (NASCIMENTO, 2006).

Assim, o alecrim-pimenta não apresentou grandes tensões em função do pouco período de estresse e, provavelmente, com o prolongamento da estiagem, produz hormônios que atuam na condutância estomática e faz com

que as folhas caíam e a planta entre em dormência vegetativa até a próxima estação chuvosa (LARCHER, 2000). Então pode-se inferir que quando se aumenta a tensão xilemática por estresse hídrico, a planta desencadeia o processo de dormência, sendo ainda necessários estudos relacionando a disponibilidade hídrica com as fenofases da planta.

3.2 Produtividade e óleo essencial

A produtividade do alecrim-pimenta considerando matéria fresca (MF) e seca (MS) não variou significativamente entre os tratamentos, apresentando produtividades médias para MF de $8,38 \pm 0,98 \text{ t.ha}^{-1}$ e de $4,26 \pm 0,48 \text{ t.ha}^{-1}$ para MS, devido ao curto período dos tratamentos, não eram esperadas diferenças entre essas variáveis. A produtividade de matéria fresca do alecrim-pimenta pode chegar a $15,96 \text{ t.ha}^{-1}$, (Figueiredo *et al.*, 2009) por meio de irrigação suplementar, para tal, Lopes (2010) determinou a melhor lâmina de irrigação observando valores de produtividade de matéria fresca de $9,59 \text{ t.ha}^{-1}$ para a maior lâmina (1,9 da ETo) com período de cultivo de 120 dias. No presente trabalho, a produtividade média atingida foi de $8,38 \text{ ton.ha}^{-1}$, mantendo-se o solo à capacidade de campo e período de cultivo de 270 dias, indicando que a planta responde positivamente à disponibilidade hídrica. A produção de óleo essencial não apresentou diferença estatística com média de produção de $42,47 \pm 13,47 \text{ kg.ha}^{-1}$. O teor de umidade das plantas não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, tendo variado entre 51,84% e 47,17%.

O teor de óleo essencial (TAB. 2) não variou significativamente entre os tratamentos e manteve-se entre 1,27% e 0,56% sendo esses valores observados relativamente superiores aos de Lopes (2010), onde ocorreu variação entre 0,40% e 0,60%, em função de diferentes lâminas de irrigação. Assim, notou-se que a supressão de irrigação não interferiu significativamente no teor de óleo, podendo ser adotada sem prejuízos para a produção, além de se economizar energia e água no processo produtivo.

Dunford e Vasquez (2005) avaliaram a influência do estresse hídrico

em orégano mexicano (*Lippia berlandiery* Schauer) em diferentes fases de desenvolvimento da planta e observaram teores de óleo essencial variando entre 0,7 e 2,5 %, porém, não houve diferença entre os tratamentos, como observado no presente estudo. A composição do óleo também foi acompanhada e não apresentou diferenças significativas nos teores de timol e carvacol.

3.3 Estresse hídrico diário

A caracterização do alecrim-pimenta com relação ao *déficit* hídrico está disposto no GRAF. 4. Os valores apresentados de WSDI são relativamente baixos, variando entre 0,05 e 0,3 MPa. Isso pode estar relacionado às baixas tensões observadas pela planta e pelo curto período de avaliações. Outra explicação seria o fato da adaptação da metodologia ser realizada para o teor de óleo essencial, que apresenta valores baixos se comparados com a produção de matéria fresca por exemplo. Gonçalves (2006) encontrou para essa mesma faixa de estresse, perdas produtivas na ordem de menos de 10% para feijão, indicando que a planta de alecrim-pimenta é sensível ao estresse hídrico. Comparativamente, Garcia *et al.* (2009) observaram valores de estresse hídrico diário com perdas produtivas de aproximadamente 25%, na faixa dos 0,8 MPa, também em feijão.

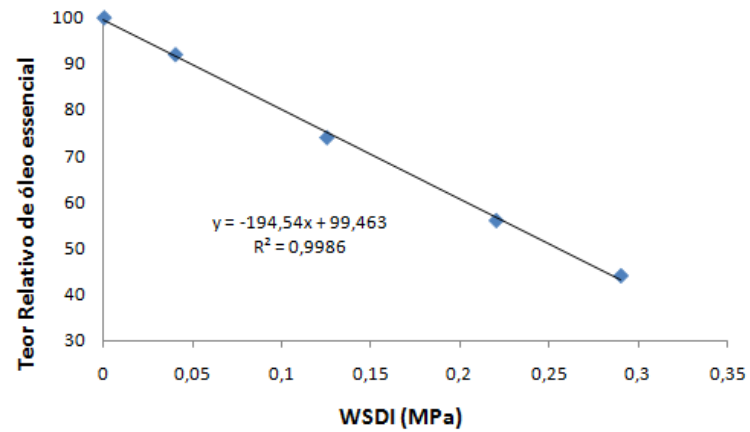


GRÁFICO 4 - Decréscimo do teor de óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham. de acordo com o índice de estresse hídrico diário (WSDI).

3.4 Flavonoides Totais

Os teores de flavonoides totais estão representados no GRAF. 5. Esses teores apresentaram comportamento linear decrescente acompanhando o tempo de *déficit* hídrico nas plantas, sendo que os teores observados variaram de 0,0139 a 0,008 g.g⁻¹ de flavonóides na matéria seca.

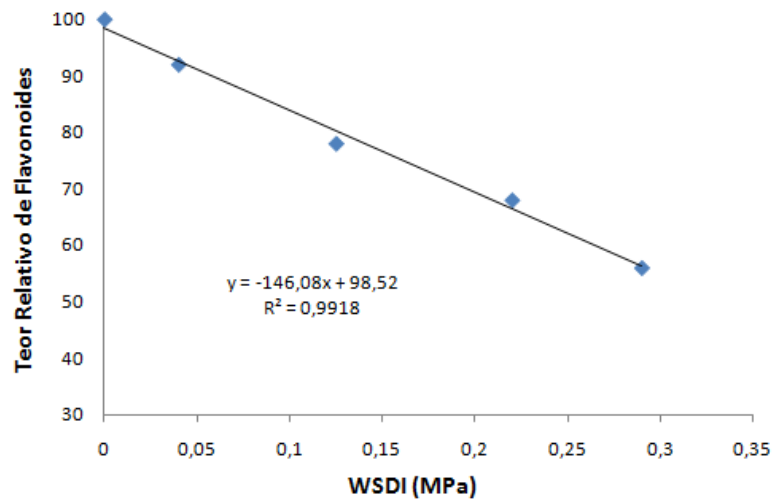


GRÁFICO 5 - Decréscimo do teor relativo de flavonoides de *Lippia sidoides* Cham. de acordo com o índice de estresse hídrico diário (WSDI).

Esse comportamento indica que a produção de flavonoides é sensível ao déficit hídrico para a planta, contrastando com o trabalho de Bortolo *et al.* (2009), que avaliaram a concentração de flavonoides nas flores e em plantas de calêndula (*Calendula officinalis*), aplicando diferentes lâminas de irrigação, não tendo observado diferença significativa do metabólito nas flores. Porém, nas plantas, o teor de flavonoides decresceu com o aumento de lâmina de irrigação, apresentando resposta linear negativa, sendo o maior valor ($0,072 \text{ g planta}^{-1}$) obtido para o tratamento sem irrigação e o menor ($0,0019 \text{ g planta}^{-1}$) para a maior lâmina.

Essa diferença pode ser explicada pelo fato da calêndula ser uma planta herbácea e de ciclo curto que tem de investir suas reservas para a produção de flores. Sendo assim, como os flavonoides também são atrativos para os polinizadores e o estresse hídrico acelera o ciclo de plantas anuais, as concentrações nas condições de estresse hídrico aumentaram. Como o alecrim-pimenta é uma planta perene caducifólia, o estresse hídrico em períodos maiores provoca normalmente a queda das folhas.

3.5 Temperatura foliar

Foi observada diferença significativa entre as temperaturas de folha determinadas nas plantas com períodos de estresse diferenciados (TAB. 2). O tratamento 5 foi o que apresentou a maior temperatura média, indicando que o período de estresse de oito dias influenciou na temperatura de folhas devido à menor disponibilidade de água para a transpiração e, portanto, menor capacidade de troca de calor com o ambiente. Em plantas de café (*Coffea arabica*), a temperatura adequada para as folhas implica em produtividade, pois as temperaturas altas limitam a fotossíntese, podendo causar injúrias, tais como escaldaduras das folhas e aborto das flores (Damatta, 2004), e como alternativa para a diminuição da temperatura foliar, Leal *et al.* (2006)² avaliaram sistemas de consórcio para o café e observaram diferenças de até 5°C das plantas consorciadas em relação às plantas de pleno sol, nas horas mais quentes do dia. No caso do alecrim-pimenta, essa diferença ocorreu sem a presença de sombreamento, indicando que a planta está adaptada às condições de altas temperaturas, apresentando folhas pequenas, diminuindo com isso a área exposta à insolação, e conseqüentemente se torna tolerante à desidratação, permitindo a melhor regulação da temperatura pela planta.

² http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cafe%20e%20seringueira.pdf

4 CONCLUSÃO

O teor de óleo essencial não sofreu influência dos períodos de estresse antes da colheita.

O estresse hídrico no alecrim-pimenta diminui até 50% o teor de óleo essencial com o incremento de 0,3 Mpa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p.

ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.): uma espécie aromática e medicinal em domesticação. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 1. n. 43, p. 9-25, 2009.

ASSIS, B. F.; MARTINS, E. R.; SOUZA, M. F.; MELO, M. T. P.; CARVALHO JUNIOR, W. G. O. Produção de fitomassa e de óleo essencial de alecrim-pimenta em função da adubação orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROLOGIA, 4.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AGROLOGIA, 2., 2009, Curitiba. **Revista Brasileira de Agroecologia** Maringá, v. 4, n. 2, p. 4385-4388, nov. 2009.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA G. R.; SANTOS, M. L. V. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1999.

BERNARDI FILHO, L. **Produção de massa e rendimento de óleo essencial do orégano (*Origanum vulgare* L.) em função de diferentes lâminas de irrigação**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

BONFIM, F. P. G.; ALMEIDA, N. C.; GOMES, P. A.; CÂNDIDO, A. P.; ROCHA, G. P.; ALVARENGA, A. C.; OLIVEIRA, F. G.; MARTINS, E. R.; COSTA, C. A.; DINIZ, O. L. Avaliação do desenvolvimento da tanchagem (*Plantago major* L.), submetida a diferentes lâminas de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 47., 2007, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2007.

BORTOLO, D. P. G.; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 435-441, 2009.

CARVALHO, A. F. U.; MELO, V. M. M.; CRAVEIRO, A. A.; MACHADO, M. I. L.; BANTIM, M. B.; RABELO, E. F. Larvicidal activity of the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. against *Aedes aegypti* Linn. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 98, n. 4, p. 569-571, jun. 2003.

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, M. A. Soil water availability and growth of feverfew. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 4, p. 726-730, 2003.

CASTRO, H. G.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais: metabólitos secundários**. Viçosa: UFV, 2004. 113 p.

CHARLES, D. J.; JOLY, R. J.; SIMON, J. E. Effects of osmotic estresse on the essential oil content and composition of peppermint. **Phytochemistry**, Oxford. v. 29, n. 9, p. 2837-2840, 1990.

CHARTZOULASKIS, K.; PATAKAS, A.; BOSABALIDIS, A. M. Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, Boston, v. 42, p. 113-120, Oct. 1999.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Guarabira, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2004.

COSTA, J. R.; PINHO, J. L. N. PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Mossoró, v. 12, n. 5, p. 443-450, set./out. 2008.

COSTA FILHO, L. O. ENCARNAÇÃO, C. R. F.; OLIVEIRA, A. F. M. Influência hídrica e térmica e desenvolvimento de *Ocimum gratissimum* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 8-13, 2006.

DAMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, New York, v. 86, p. 99-114, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield Response to Water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Technical note, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DUNFORD, N. T.; VAZQUEZ, R. S. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. **Journal of Applied Horticulture**, Indiranagar, v. 7, n. 1, p. 20-22, 2005.

FARNSWORTH, N. R.; AKERELE, O.; BINGEL, A. S.; SOEJARTO, D. D.; GUO, Z. Places des medicinales dans la thérapeutique. **Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Sante**, Geneve, v. 64, n. 2, p. 159-175, 1986.

FERRAZ, E. O. **Influência da água no crescimento vegetativo e na produção de fitomassa do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. 2008. 42 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2008.

FIGUEIREDO, L. S.; BONFIM, F. P. G.; SIQUEIRA, C. S.; FONSECA, M. M.; SILVA, A. H.; MARTINS, E. R. Efeito da época de colheita na produção de fitomassa e rendimento de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.11, n. 2, p.154-158, 2009.

GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; NAZÁRIO, A. A.; MORAES, W. B.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C. Estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 470-480. 2009.

GIRÃO, V. C. C.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S.; MORAIS, S. M.; GIOSO, M. A. Efeito protetor do extrato etanólico de *Lippia sidoides* (alecrim-pimenta) nas gengivites marginais de cães. **Ciência Animal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 13-17, 2001.

GRAÇA, C. **Fitoterapia em atenção primária**. Curitiba: Secretaria Municipal de Saúde, 1990.15 p. Apostila.

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M.; OLIVEIRA, C.; BIAGIOTTI, G.; LUCAS, M. A. Avaliações "anatômicas foliares em mudas de café "Catuaí" e Siriema" submetidas ao estresse hídrico. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez., 2008.

KATERJI, N.; VAN HORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Salt tolerance classification of crops according to soil and to water stress day index. **Agriculture and Water Management**, Oxford, n. 47, p. 99-109, 2000.

KATERJI, N.; VAN HORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M.; OWEIS, T.; MALHOTRA, R. S. Response to soil salinity of two chickpea varieties differing in drought tolerance. **Agriculture and water management**, Oxford, n. 50, p. 83-96, 2001.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: WORKSHOP ON ADAPTATION. OF PLANTS TO SOIL STRESS, 1993, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska: Intsormil, 1993. p. 65-79.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 513 p.

LEAL, A. C.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOL FILHO, A.; PEREIRA, J. P. **Consórcio agroflorestal café x seringueira em Londrina PR: efeito na produtividade e na temperatura de folhas de café.** 2006. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cafe%20e%20seringueira.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2010.

LEAL, L. K. A. M.; OLIVEIRA, V. M.; ARARUNA, S. M.; MIRANDA, M. C. C.; OLIVEIRA, F. M. A. Análise de timol por CLAE na tintura de *Lippia sidoides* Cham. (alecrim-pimenta) produzida em diferentes estádios de desenvolvimento da planta. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Maringá, v. 13, p. 11-14, 2003. Suplemento 1.

LEITE, G. L. D.; SANTOS, M. C.; ROCHA, S. L.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, C. I. M. Intensidade de ataque de tripes, de alternaria e da queima-das-pontas em cultivares de cebola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 151-153, 2004.

LOPES, O. D. **Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e da eficiência do uso de água do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) na região de Montes Claros-MG.** 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semi-Árido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 43, p. 107-53, 1990.

MAGALHÃES, P. M.; PEREIRA B., FIGUEIRA, G. M, MONTANARI JUNIOR I.; ALVES, M. N.; DONALISIO, M. G.; ARCHANGELO JUNIOR, U. **A pesquisa agrônômica das plantas medicinais: um convênio com a natureza.** 2006. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/art01_7.htm> Acesso em: 21 abr. 2010.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas Medicinais.** Viçosa: UFV, 1994. 220 p.

MATOS, F. J. A. **Farmácias vivas: sistema de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades.** Fortaleza: EUFC, 1994. 179 p.

MATTOS, E. A. **Trocas gasosas em folhas de três espécies arbóreas do cerrado da fazenda Canchim, São Carlos (SP): a disponibilidade hídrica durante a estiagem de inverno limita a abertura estomática.** 1992.156 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1992.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

MELO, M. T. P. **Produção de fitomassa e de óleo essencial de alecrim-pimenta em diferentes espaçamentos de plantio**. 2009. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, 2009.

MENDONÇA, V. L.; FONTELES, M. C.; AGUIAR, L.; M. B. A.; CRAVEIRO, A. A. Toxicidade e alergenicidade do óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham para utilização em cosméticos. **Aerosol e Cosméticos**, v. 12, n. 67, p. 10-16, 1990. Encarte Técnico.

MILLAR, A. A. Thermal regime of grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 23, n. 4, p. 173-6, 1972.

MING, L. C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia Alba* (Mill.) N. E. Br. Verbenaceae. In: MING, L. C., SCHEFFER, M. C., CORRÊA JÚNIOR, C., BARROS, I. B. I.; MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Botucatu: UNESP, 1998. p. 165-191.

MORVANT, J. K.; DOLE, J. M.; COLE, J. C. Irrigation frequency and system affect *Poinsettia* growth, water use, and runoff. **Hort Science**, Alexandria, v. 33, p. 42-46, 1998.

NASCIMENTO, M. N. **Estudo de alguns eventos do florescimento do cafeeiro relacionados a fatores do ambiente**. 2006. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

NOGUEIRA R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência a difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v. 13, n. 1, 75-87, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Ihringia**, Porto alegre, v. 57, n. 1, p. 31-38, 2002.

PAGTER, M.; BRAGATO, C.; BRIXH, H. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. **Aquatic Botany**, New York, v. 81, p. 285-299, 2005.

PENKA, M. Influence of irrigation on the contentents of effective substances in officinal plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 7, n. 3, p. 181-198, 1978.

- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- PETCU, E.; ARSINTESCU, A.; STANCIU, D. The effect of hydric estresse on some characteristics of sunflower plants. **Romanian Agricultural Research**, Calarasi, n. 15, p. 15-22, 2001.
- Sistema para Análises Estatísticas – SAEG. **Versão 9.1**: Viçosa: Fundação Arthur Bernardes; UFV, 2007.
- SANTOS, M. D.; BLATT, C. T. T.; Teor de flavonoides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers. de mata e de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, p. 1-9, 1998.
- SANTOS, T. T.; SANTOS, M. F.; MENDONÇA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SILVA-MANN, R.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F. Efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor de óleo essencial em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.). **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 1-4, 2004. Suplemento 1.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMINGSSEN, E. E.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy Science**, Stanford, v. 51, p. 119-125, 1965.
- SCHULZE, E.D. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. **Annual Review of Plant Physiology**, Gray, v. 37, p. 247-274, 1986.
- SCHULZE, E. D., BECK, E.; MULLER-HOHENSTEIN, K. **Plant ecology**. Berlin: Springer, 2004.
- SILVA E. C. **Respostas fisiológicas do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) aos estresses hídrico e salino**. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Fisiologia e linha de pesquisa Fisiologia e Biotecnologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2008.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas Medicinais e Aromáticas**: Pós colheita e óleos essenciais. Viçosa: UFV, 2000. 135 p.
- SIQUEIRA, C. S. **Efeito da época de colheita na produção de biomassa e de óleo essencial do alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.)**. 2006. 26 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias- Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2006.
- SIRCELJ, H.; TAUSZ, M.; GRILL, D.; BATIC, F. Biochemical responses in leaves of two appletree cultivars subjected to progressing drought. **Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 2, p. 1308-1318, 2005.

SOUSA, M. A.; LIMA, M. D. B.; SIMON, G. A.; ANDRADE, J. W. Efeito do estresse hídrico na densidade do comprimento radicular em estádios de desenvolvimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TREVISAN, M. T. S.; MACEDO, F. V. V. Seleção de plantas com atividade anticolinesterase para tratamento de doença de Alzheimer. **Química Nova**. São Paulo. v. 26, n. 3, p. 301-4, 2003.

VILELA, E. F; BULL, L. T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 281-289, 1999.