



AURISLAINE SANTOS RIBEIRO

**CULTIVO SOB MALHAS NO CRESCIMENTO,
DESENVOLVIMENTO E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE
PATCHOULI**

LAVRAS – MG

2015

AURISLAINE SANTOS RIBEIRO

**CULTIVO SOB MALHAS NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO
E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PATCHOULI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, área de concentração em Cultivo e Manejo Sustentável em Plantas Medicinais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

Coorientador

Suzan Kelly Vilela Bertolucci

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados
pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ribeiro, Aurislaine Santos.

Cultivo sob malhas no crescimento, desenvolvimento e composição química do óleo essencial de Patchouli / Aurislaine Santos Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2015.

98 p.: il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador(a): José Eduardo Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. Qualidade de luz. 2. Intensidade de radiação. 3. Óleo essencial. 4. *Pogostemon cablin* I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

AURISLAINE SANTOS RIBEIRO

**CULTIVO SOB MALHAS NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO
E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PATCHOULI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, área de concentração em Cultivo e Manejo Sustentável em Plantas Medicinais, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 19 de dezembro de 2014.

Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci UFLA

Dra. Ana Luiza de Oliveira Timbó UFLA

Dra. Andressa Giovannini Costa UFU

PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto
Orientador

LAVRAS - MG

2015

Aos meus pais, exemplos da minha vida.
Ao meu amor, irmãos, cunhadas e sobrinhas, minhas maiores alegrias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, Pai, Criador e Mantenedor que está sempre comigo.

A meus pais Geraldo e Maria Ribeiro; irmãos Kentenich, Wandberg e Deugmar; cunhadas e sobrinhas, pelo apoio, fundamental na minha vida.

Ao meu namorado Melquíades Ventura pelo apoio, incentivo, motivação, cobrança, etc., presente de Deus, obrigada por sonhar e me ajudar a realizar os meus sonhos.

Aos professores José Eduardo Brasil Pereira Pinto e Suzan Kelly Vilela Bertolucci, que me acolheram, sempre confiando, incentivando e me orientando.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agronomia, Setor de Plantas Mediciniais, Aromáticas e Condimentares pela oportunidade de desenvolver este trabalho e concluir mais uma etapa de minha vida acadêmica.

A todos os professores do curso de Plantas Mediciniais, pelos conhecimentos transmitidos dentro e fora da sala de aula.

A todos os colegas que fiz durante o curso, pelo apoio e amizade.

Aos meus companheiros de laboratório, em especial Wanderley meu irmãozinho do coração, Alline, Mariana e Wesley pela amizade, ajuda, disposição e incentivo.

Ao professor Eduardo Alves, do Departamento de Fitopatologia, pela orientação fundamental na microscopia eletrônica.

Aos funcionários do Departamento de Agronomia/Setor de Plantas Mediciniais, em especial ao Luis, Evaldo, Annete, Paulo, Leandro (Dico) e Vandeléia (Léia), pela amizade e ajuda durante o curso.

À Universidade Federal de Lavras, pela concessão de bolsa de estudos. Enfim a todos que contribuíram para tornar possível o cumprimento de mais uma etapa em minha vida.

RESUMO GERAL

A luz é um componente vital para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Tanto a qualidade como a quantidade da radiação incidente podem afetar o crescimento vegetativo, a biossíntese e acúmulo de metabólitos secundários em plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., cultivada sob diferentes intensidades e espectro de luz. No primeiro experimento as mudas de *P. cablin* foram cultivadas em quatro ambientes: 1) pleno sol, 2) malha preta, 3) azul e 4) vermelha (todas as malhas com 50% de irradiância). No segundo experimento as plantas foram cultivadas sob as malhas aluminizada com diferentes níveis de sombreamento 30%, 50%, 70% e a pleno sol. Foi observado que o uso das malhas influenciaram significativamente na produção de biomassa das plantas, rendimento e composição química do óleo essencial de patchouli. Sendo possível manipular o crescimento e desenvolvimento das plantas, produção e composição química do óleo essencial de *P. cablin* com o uso de malhas.

Palavras-chave: Qualidade de luz. Intensidade de radiação. Óleo essencial. *Pogostemon cablin*.

GENERAL ABSTRACT

Light is a critical component for the growth and development of plants. Both the quality and the quantity of the incident radiation can affect the vegetative growth, biosynthesis and accumulation of secondary metabolites in medicinal, aromatic and spices plants. The objective was to evaluate the vegetative growth of the plant, the content, yield and essential oil chemical composition of *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., cultivated under different intensities and spectral of light. In the first experiment, the scions of *P. cablin* were grown in four conditions: 1) full sunlight 2) black net, 3) blue and 4) Red (all nets with 50% irradiance). In the second experiment the plants were grown under the aluminized nets with different levels of shading 30%, 50%, 70% and full sunlight. It was observed that the use of nets significantly modify the biomass production, yield and chemical composition of the patchouli essential oil. It is possible manipulate the growth and development of plants, production and chemical composition of the *P. cablin* essential oil with the use of nets.

Keywords: Quality of light. Radiation intensity. Essential oil. *Pogostemon cablin*.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivado em sistema de fertirrigação. Foto tirada em 05/06/2012. UFLA, Lavras – MG.....16
- Figura 2 Fotomicrografias da secção transversal de folhas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de irradiância. A - pleno sol; B - malha preta; C - malha vermelha; D - malha azul. barra - 20 μ M45
- Figura 3 Perfil cromatográfico por CG/DIC de amostras de óleo essencial extraído de folhas (A) e caules (B) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados sob malha azul com 50% de sombreamento52

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- Figura 1 Fotomicrografias da secção transversal de folhas de *Pogostemon cablin* cultivadas ao pleno sol, sob malhas sombrite (S) e aluminizadas (AL) com 30%, 50% E 70% de sombreamento. A – pleno sol; B – AL 30%; C- S 30%; D - AL 50%; E - S 50%; F - AL 70%; G - S 70%. BARRA - 20 μ M.....78
- Figura 2 Perfil cromatográfico por cg/dic de amostras de óleo essencial extraído de folhas (A) e caules (B) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados sob malhas aluminizadas com 50% de sombreamento.....88

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Tabela 1	Médias de temperatura (°C), precipitação (mm), umidade (%) e insolação (h dia-1) durante os meses de outubro a dezembro de 2012 e janeiro a março de 2013. UFLA, Lavras - MG, 2014.....	35
Tabela 2	Matéria seca das folhas (MSF), matéria seca dos caules (MSC), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R:PA) de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	41
Tabela 3	Área foliar (AF) (cm ²), razão de área foliar (RAF) (cm ² g ⁻¹), razão de peso foliar (RPF) (gg ⁻¹) e área foliar específica (AFE) (cm ² g ⁻¹) de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	42
Tabela 4	Espessura da epiderme na face adaxial (EAD), Espessura da epiderme na face abaxial (EAB), Espessura da cutícula (CUT), Espessura do Parênquima paliçádico (PP), Espessura do parênquima esponjoso (PE) e Espessura do limbo foliar (LF). Características dos tecidos foliares em secção transversal de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	44
Tabela 5	Número de tricomas na epiderme adaxial (TAD), número de tricomas na epiderme abaxial (TAB), densidade de estômatos na epiderme adaxial (DEAD) e densidade de estômatos na epiderme abaxial (DEAB) em função dos ambientes de cultivo a pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	46
Tabela 6	Variáveis estomáticas de mudas de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas sob malhas coloridas e a pleno sol. Diâmetro polar dos estômatos (DP), Diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e DP/DE na face abaxial. Diâmetro polar dos estômatos (DP), Diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e DP/DE na face adaxial e adaxial. UFLA, Lavras – MG, 2014.....	47
Tabela 7	Teor e rendimento de óleo essencial de folhas e caules de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivados a pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	48

Tabela 8	Composição química do óleo essencial de folhas de <i>P. cablin</i> (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014	50
Tabela 9	Composição química do óleo essencial de folhas de <i>P. cablin</i> (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014	53

ARTIGO 2

Tabela 1	Médias de temperatura (°C), precipitação (mm) , umidade (%) e insolação (h dia-1) durante os meses de outubro a dezembro de 2012 e janeiro a março de 2013. UFLA, Lavras, 2014	66
Tabela 2	Matéria seca das folhas (MSF), Matéria seca dos caules (SC), Matéria seca das raízes (MSR), Matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R:PA) de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	73
Tabela 3	Área foliar (AF) (cm ²), razão de área foliar (RAF) (cm ² /g), razão de peso foliar (RPF) (g/g) e área foliar específica (AFE) (cm ² /g) de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento UFLA, Lavras, MG, 2014.....	75
Tabela 4	Espessura da epiderme na face adaxial (EAD), Espessura da epiderme na face abaxial (EAB), Espessura da cutícula (CUT), Espessura do Parênquima paliçádico (PP), Espessura do parênquima esponjoso (PE) e Espessura do limbo foliar (LF). Características dos tecidos foliares em secção transversal de <i>Pogostemon cablin</i> Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas sombrite e aluminizadas (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, MG, 2014.....	76
Tabela 5	Número de tricomas totais na epiderme adaxial (TAD), número de tricomas na epiderme abaxial (TAB), densidade de estômatos na epiderme adaxial (DEAD) e densidade de estômatos na epiderme abaxial (deab) em função dos ambientes de cultivo ao pleno sol, e sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	80
Tabela 7	Teor e rendimento de óleo essencial de folhas e caules de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. cultivados ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014.....	83

Tabela 8	Composição química do óleo essencial de folhas de <i>P. cablin</i> (Blanco) Benth. cultivados ao pleno sol e sob malhas aluminizadas e sombrite. UFLA, Lavras, MG, 2014	85
Tabela 9	Composição química do óleo essencial de caules de <i>P. cablin</i> (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas aluminizadas e sombrite. UFLA, Lavras, MG, 2014	89

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE.....	13
1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Caracterização do Patchouli	16
2.2	Óleo essencial de Patchouli	17
2.3	Aspectos agrônômicos que afetam o crescimento vegetativo e a produção de óleo essencial de Patchouli	20
2.4	Influência da intensidade e qualidade espectral da luz no crescimento vegetativo e na produção de óleo essencial.....	21
	REFERÊNCIAS.....	24
	SEGUNDA PARTE ARTIGOS	28
	ARTIGO 1 Cultivo, anatomia e composição química do óleo essencial de <i>Pogostemon cablin</i> (blanco) Benth. sob malhas fotoconversoras	29
	ARTIGO 2 Cultivo de <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth. sob intensidade de sombreamento no crescimento, desenvolvimento e composição química do óleo essencial.....	60

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O mercado de plantas aromáticas movimenta no Brasil aproximadamente R\$ 1 bilhão em toda sua cadeia produtiva, gerando mais de 100 mil empregos, sendo usadas por mais de 90% da população (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DO SETOR FITOTERÁPICO - ABIFISA, 2013). Os óleos essenciais são substâncias muito estudadas em vários ramos da ciência. As indústrias de alimento, farmacêutica e de cosméticos são as maiores beneficiadas pelo uso dessas substâncias.

O óleo essencial de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. (patchouli) está entre os 18 óleos essenciais mais comercializados no mundo. Produtos como cremes, loções hidratantes e, principalmente perfumes são produzidos a partir deste óleo (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009). O principal responsável pela nota típica de seu óleo essencial é o patchoulol, um sesquiterpeno oxigenado. O óleo ainda contém um grande número de outros hidrocarbonetos sesquiterpênicos com estruturas relacionadas ao patchoulol e outros sesquiterpenos (DONELIAN et al., 2009).

As malhas são muito utilizadas hoje em cultivos, pois estas alteram os espectros de luz incidente e o microclima no interior do ambiente de cultivo. Várias pesquisas tem mostrado efeito significativo das telas coloridas na filtragem da luz incidente, conforme a coloração da malha, alterando os níveis de fotossíntese das plantas fazendo com que haja maior produção de biomassa e substâncias resultantes de metabolitos secundários (CHANG; ALDERSON; WRIGHT, 2008).

Já as malhas termorrefletoras por terem a capacidade de refletir a luz manipulam a radiância incidida sobre o cultivo fazendo com que as características de crescimento e produção sejam também alteradas (COSTA et al., 2012). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor, rendimento e

composição química do óleo essencial de patchouli bem como sobre o crescimento vegetativo, alterações anatômicas e morfofisiológicas desta espécie cultivada sob diferentes intensidades e qualidades espectrais da luz.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As plantas medicinais constituem parte importante da biodiversidade e são largamente utilizadas desde o início da civilização por vários povos e de diversas maneiras. De acordo com Firmo (2011), atualmente, cerca de 80% da população utiliza recursos da medicina popular para tratamento de diversas doenças, sendo que os conhecimentos das técnicas utilizadas e o emprego são transmitidos por gerações de forma oral.

2.1 Caracterização do patchouli

Pogostemon cablin (Blanco) Benth., popularmente conhecido como patchouli, é uma erva de hábito perene, pertencente à família Lamiaceae (BETTONI et al., 2010). Atinge cerca de 1 metro de altura, apresenta caules e folhas pilosos e flores brancas com manchas roxas (MAHANTA; CHUTIA; SARMA, 2007). É uma espécie aromática e os maiores produtores de seu óleo essencial são a Indonésia, Índia, China, Malásia e América do Sul (ARRIGONI-BLANK; SANTOS; BLANK, 2011).



Figura 1 *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivado em sistema de fertirrigação. Foto tirada em 05/06/2012. UFLA, Lavras – MG

O patchouli é originário da Malásia e Índia (HU et al., 2006), é uma erva de crescimento rápido, propagada vegetativamente por cortes de caule (BETTONI et al., 2010; PAUL et al., 2010) e que se adapta bem a ambientes semi-sombreados (BETTONI et al., 2010). Pode apresentar alta porcentagem de enraizamento das estacas quando estas são confeccionadas a partir das regiões basais e medianas dos ramos, mantendo-se um par de folhas. Entretanto, há necessidade de que as estacas sejam mantidas em condições ambientais controladas com alta umidade relativa do ar e redução de luminosidade (BETTONI et al., 2010).

Estudos recentes vêm demonstrando várias atividades farmacológicas do óleo essencial de patchouli incluindo atividades antieméticas, tripanocidas, antibacterianas, antifúngicas e atividades antagonistas com Ca^{2+} (ZHAO et al., 2005). Na aromoterapia, o óleo de patchouli é reconhecido por suas propriedades antidepressivas, antiinflamatórias, citofiláticas, desodorantes e fungicidas (SINGH; RAO, 2009).

Na medicina chinesa, a decoção das folhas de patchouli é utilizada em associação com outras drogas para o tratamento de náuseas, vômito, diarreia, febres e dores de cabeça (SWAMY et al., 2010).

Devido também a seus usos na perfumaria, a demanda por óleo de patchouli vem aumentando significativamente pelo mundo (PAUL et al., 2010).

2.2 Óleo essencial de patchouli

A International Standard Organization – ISSO (2002) define óleos voláteis como os produtos obtidos de partes de plantas através de destilação por arraste com vapor de água, bem como os produtos obtidos por expressão dos pericarpos de frutos cítricos. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também

podem ser chamados de óleos essenciais, óleos etéreos ou essências (SIMÕES; SPITZER, 2004).

A principal característica dos óleos essenciais é a volatilidade, o que os diferencia dos óleos fixos que são misturas de substâncias lipídicas, obtidos geralmente de sementes. Os óleos essenciais são solúveis em solventes orgânicos apolares e apresentam solubilidade limitada em água (SIMÕES; SPITZER, 2004).

Os componentes dos óleos essenciais pertencem a duas classes quimicamente distintas, os terpenóides e os fenilpropanóides. Biogeneticamente, estes são sintetizados a partir de diferentes precursores metabólicos primários e são produzidos a partir de rotas biossintéticas diferentes. Os fenilpropanóides são originados a partir da via do ácido chiquímico e os terpenóides da via do mevalonato. Os terpenóides são sintetizados a partir de cinco unidades de carbono de isopentenil pirofosfato (IPP) e seu isômero, dimetilalil pirofosfato (DMAPP) (SANGWAN et al., 2001).

Nas plantas, os óleos voláteis são sintetizados, armazenados e liberados para o ambiente através de uma variedade de estruturas epidérmicas ou do mesofilo, cuja morfologia tende a ser característica do grupo taxonômico. Estas estruturas em folhas, raízes, caules, partes florais e frutos incluem células de óleo, glândulas secretoras (exemplo: eucalipto), pêlos glandulares ou tricomas (exemplo: Lamiaceae) (SANGWAN et al., 2001).

O óleo de patchouli é obtido por arraste a vapor das folhas e é muito apreciado por sua característica agradável e de longa duração, com odor amadeirado e de cânfora, bem como por suas propriedades fixadoras, sendo ingrediente importante na produção de perfumes, sabões e produtos cosméticos (DEGUERRY et al., 2006; DONELIAN et al., 2009). O óleo essencial de patchouli está entre os 18 óleos essenciais com maior importância comercial no

mundo (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009). O rendimento do óleo varia entre 2,5% e 3,5% tendo como base a matéria seca (SANTOS et al., 2010).

A Indonésia é o maior produtor do óleo de patchouli no mundo com uma estimativa de produção de 550 t/ano, o que representa mais de 80% do total. A Índia, atualmente, está produzindo uma quantidade insuficiente do óleo de patchouli e a maior parte de sua exigência interna é atendida por importação (SINGH; RAO, 2009).

Na Indonésia um óleo essencial de patchouli com 35% de patchoulol é, frequentemente, misturado com um óleo mais barato, com menor teor de patchoulol, importado da China, para reduzir o preço (SANT'ANA et al., 2010).

A composição do óleo de patchouli é única e complexa, pois consiste em mais de 24 sesquiterpenos diferentes e não de uma mistura de mono-, sesqui-, di-terpenos. O sesquiterpeno patchoulol é o constituinte majoritário e é o principal componente responsável pelo aroma típico do patchouli. Esse óleo essencial é caracterizado por um grande número de outros sesquiterpenos e hidrocarbonetos como: α , β e λ -patchoulenos, α -guaieno, seicheleno, α -himachaleno, α -bulneseno, cariofileno, elemeno e copaeno (DONELIAN et al., 2009; HENDERSON et al., 1970; PAUL et al., 2010).

Embora o α -patchouleno seja encontrado em pequenas quantidades, é um constituinte importante do óleo de patchouli, pois junto com o patchoulol, também determina o aroma do óleo. Acredita-se ainda que a atividade antifúngica do óleo essencial esteja intimamente relacionada com esses dois compostos. Assim, quanto maior a concentração destes dois compostos no óleo essencial, melhor a qualidade e maior seu valor comercial (DONELIAN et al., 2009). Ainda foram isolados e identificados vários flavonóides e alcalóides de *Pogostemon cablin* (MIYAZAWA et al., 2000).

Henderson et al. (1970) observaram que assim como em outros membros da família Lamiaceae, a epiderme de *Pogostemon cablin* apresenta

tricomas glandulares onde são armazenados os constituintes do óleo essencial. Também identificaram a presença dos sesquiterpenos nos tricomas glandulares de *Pogostemon cablin*, além de terem demonstrado o acúmulo de sesquiterpenos nas partes internas das plantas, excetuando-se no xilema e no ápice caulinar. Cerca de 10 vezes mais tricomas glandulares foram identificados na lâmina foliar quando comparados aqueles presentes no pecíolo ou no caule. A face abaxial da folha apresentou 2 vezes mais tricomas que a face adaxial. Os tricomas encontrados foram de dois tipos: tricomas tectores multicelulares, bastante abundantes, e em menor quantidade, os tricomas glandulares, que eram pedunculados com uma “cabeça” alargada na parte superior, podendo ser classificados como do tipo capitado segundo Esau (1974).

A existência de quimiotipos, comum em espécies da família Lamiaceae, também foi observada em plantas de *Pogostemon cablin*, com identificação de dois quimiotipos do óleo essencial de patchouli, o tipo pogostol e o tipo patchoulol. Desta forma, os componentes patchoulol e pogostol podem auxiliar no controle de qualidade deste óleo, ajudando a distinguir substitutos ou adulterantes. Além disso, também foi identificado um tipo intermediário entre estes dois quimiotipos (SANT'ANA et al., 2010).

2.3 Aspectos agronômicos que afetam o crescimento vegetativo e a produção de óleo essencial de patchouli

A composição do óleo essencial de uma planta é determinada geneticamente, sendo geralmente específica para um determinado órgão e característica para o seu estágio de desenvolvimento, mas as condições ambientais são capazes de causar variações significativas (SIMÕES; SPITZER, 2004). Estes fatores podem influenciar na qualidade e na quantidade dos óleos essenciais (PEGORARO et al., 2010).

Alguns fatores que podem influenciar na emissão de terpenóides presentes nos óleos são: a idade da folha, eventos fenológicos, acúmulo de nitrogênio foliar, herbivoria, injúria física, luminosidade, temperatura, etc. (LIMA; KAPLAN; CRUZ, 2003).

Vários fatores podem influenciar a composição do óleo essencial de patchouli, tais como, a qualidade do material foliar, o método de destilação, o envelhecimento das folhas secas e do óleo essencial, a idade das plantas e as práticas de cultivo. Foi constatado que vários constituintes do óleo essencial de patchouli são perdidos ou enriquecidos durante o processo de destilação comercial. Variações químicas também ocorrem entre materiais de patchouli provenientes de diferentes regiões, como os óleos de patchouli da China e da Indonésia diferindo entre si quanto ao teor de patchoulol (SANT'ANA et al., 2010).

Além disso, o teor e o rendimento do óleo essencial de patchouli também podem ser influenciados por fatores como adubação, irrigação, espaçamento, cultivar e cultivo em consórcio (SANT'ANA et al., 2010).

Storck (2008) em trabalho de dissertação, cita que foi observado em plantas de *Pogostemon cablin* cultivadas em consórcio com *Carica papaya* L., rendimento superior do óleo essencial se comparados aos rendimentos das plantas cultivadas em monocultura, sugerindo melhor desempenho sob condições de sombreamento.

2.4 Influência da intensidade e qualidade espectral da luz no crescimento vegetativo e na produção de óleo essencial

A luz é o principal fator no controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, que são afetadas de maneira complexa pela irradiação em todos os estágios de seu desenvolvimento. A arquitetura das plantas é dependente da

quantidade, da direção, da duração e da qualidade da luz. A luz regula fatores fundamentais no vegetal como a fotossíntese, a temperatura foliar, os pigmentos, etc., e é um fator chave na produção final de muitos compostos porque fornece a energia necessária para fixar o carbono (CHANG; ALDERSON; WRIGHT, 2008).

As malhas coloridas têm sido utilizadas para manipular as intensidades e qualidades espectrais da luz estabelecendo diferentes condições de cultivo e visando melhores rendimentos das culturas, inclusive na produção de metabólitos secundários em plantas medicinais e aromáticas.

A malha ChromatiNet® vermelha reduz as ondas azuis, verdes e amarelas, e acrescenta ondas na faixa espectral do vermelho e do vermelho distante, com transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. Já a malha ChromatiNet® azul, filtra as ondas na faixa do vermelho e do vermelho distante, o que permite a passagem de ondas com transmitância na região do azul-verde (400–540 nm). A malha preta (sombrite) é considerada neutra e auxilia apenas na redução da incidência de radiação sobre as plantas, sem influência na qualidade espectral da luz. A luz vermelha atua no desenvolvimento da estrutura fotossintética das plantas, o que pode aumentar o acúmulo de amido em algumas espécies pela inibição da translocação de assimilados para fora das folhas. A luz azul permite alterar o crescimento, o desenvolvimento e a aclimação às condições ambientais das plantas (COSTA et al., 2012).

Outra nova geração de malha é a termorrefletora AlumiNet® que tem sido recentemente adotada no Brasil. Essas malhas permitem manejar a diferença de temperatura entre o dia e a noite, o que possibilita a formação de diversos microclimas, de acordo com a malha utilizada e, também, protegem as plantas da radiação solar excessiva e conservam o calor no interior do ambiente (COSTA et al., 2012).

Martins et al. (2008) avaliando o crescimento das plantas e o teor do óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) cultivado sob sombreamento com malhas coloridas (ChromatiNet® vermelha (50%), azul (50%), preta (50%) e (0%) a pleno sol), verificaram que as plantas apresentaram alterações no desenvolvimento e no teor de óleo essencial em função do controle do espectro de luz durante o cultivo. Plantas crescidas ao pleno sol obtiveram o menor teor de óleo essencial dentre os tratamentos, o que permitiu inferir que o sombreamento de 50% favoreceu a produção de óleo essencial nesta espécie. Já Brant et al. (2009) estudando plantas de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) cultivadas sob os mesmos tratamentos, observaram que a utilização de malhas coloridas no cultivo favoreceu o crescimento das plantas, independentemente da cor. Nos cultivos ao pleno sol e sob a malha vermelha, foram observados o menor teor e rendimento do óleo essencial, mas maior teor de citral.

Através de pesquisas na literatura, pôde-se constatar que são escassos os dados de alterações no teor, rendimento e composição química do óleo essencial de patchouli e também sobre o crescimento vegetativo, alterações anatômicas e morfofisiológicas desta espécie cultivada sob diferentes intensidades e qualidades espectrais da luz, sendo essencial o aumento e aprimoramento de pesquisas científicas neste contexto. Diante disto, justifica-se o objetivo do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ARRIGONI-BLANK, M. F.; SANTOS, A. V.; BLANK, A. F. Organogênese direta e aclimatização de plantas de patchouli. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 145-150, abr. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DO SETOR FITOTERÁPICO. **Suplemento alimentar e de promoção da saúde**. Disponível em: <<http://www.abifisa.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

BETTONI, M. M. et al. Propagação vegetativa de patchouli por estaquia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 417-420, set./out. 2010

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 588-594, abr. 2009.

BRANT, R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, ago. 2009.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G. WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 63, p. 216–223, out. 2008.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortela-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 534-540, abr. 2012.

DEGUERRY, F. et al. The diverse sesquiterpene profile of patchouli, *Pogostemon cablin*, is correlated with a limited number of sesquiterpene synthases. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 454, p. 123-136, ago. 2006.

DONELIAN, A. et al. Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. **Journal of Supercritical Fluids**, New York, v. 48, p. 15-20, set. 2009.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Blucher, 1974.

FIRMO, W. C. A. et al. Contexto histórico, uso popular e concepção científica sobre plantas medicinais. **Caderno de pesquisa**, São Luis, v. 18, p. 90-95, 2011. Especial.

HENDERSON, W. et al. Chemical and morphological studies on sites of sesquiterpene accumulation in *Pogostemon cablin* (patchouli). **Phytochemistry**, New York, v. 9, p. 1219-1228, 1970.

HU, L. F. et al. GC-MS fingerprint of *Pogostemon cablin* in China. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 42, p. 200-206, out. 2006.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 3757:2002(E)**: oil of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.]. Londres, 2002. 6p.

LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, p. 71-77, 2003.

MAHANTA, J. J.; CHUTIA, M.; SARMA, T. C. Study on weed flora and their influence on patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) oil and patchoulol. **Journal of Plant Sciences**, Rohtak, v. 2, p. 96-101, 2007.

MARTINS, J. R. et al. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, p. 102-107, 2008.

MIYAZAWA, M. et al. Antimutagenic activity of flavonoids from *Pogostemon cablin*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 642-647, 2000.

PAUL, A. et al. Rapid plant regeneration, analysis of genetic fidelity and essential aromatic oil content of micropropagated plants of Patchouli, *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. – An industrially important aromatic plant. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 32, p. 366–374, 2010.

PEGORARO, R. L. et al. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, p. 631-637, 2010.

SANGWAN, N. S. et al. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 34, p. 3–21, 2001.

SANT'ANA, T. C. P. et al. Influência do armazenamento de folhas secas no óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). **Química Nova**, São Paulo, v. 33, p. 1263-1265, 2010.

SANTOS, A. V. et al. Mass multiplication of *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth genotypes and increase of essential oil and patchoulol yield. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 32, p. 445–449, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. p. 467-495.

SINGH, M.; RAO, R. S. G. Influence of sources and doses of N and K on herbage, oil yield and nutrient uptake of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] in semi-arid tropics. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 29, p. 229–234, 2009.

STORCK, R. C. **Sombreamento, ácido giberélico e extrato de alga no desenvolvimento e produção de óleos essenciais em patchouli**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SWAMY, M. K. et al. Effect of different carbon sources on *in vitro* morphogenetic response of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). **Journal of Phytology**, Humnabad, v. 2, p. 11–17, 2010.

ZHAO, Z. et al. Determination of Patchoulic Alcohol in Herba Pogostemonis by GC-MS-MS. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 53, p. 856–860, 2005.

SEGUNDA PARTE

ARTIGOS

ARTIGO 1

Cultivo, anatomia e composição química do óleo essencial de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. sob malhas fotoconversoras

RESUMO

Malhas coloridas tem sido utilizadas para manipular as qualidades espectrais da luz e proteção, e deste modo pode provocar alterações bioquímicas e fisiológicas desejáveis durante o cultivo. Diante da grande influência que a radiação solar exerce sobre os vegetais, objetivou-se avaliar o efeito da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras em relação à produção de biomassa seca, teor, rendimento e composição química do óleo essencial das plantas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. *P. cablin* foi cultivado em quatro ambientes: pleno sol e sob malhas preta, azul e vermelha (todas as malhas com 50% de irradiância). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por 5 repetições/tratamento contendo 4 plantas/repetição. Realizou-se a colheita aos 5 meses após o plantio e analisaram-se parâmetros de crescimento vegetativo; anatomia foliar, através da microscopia de varredura; teor e rendimento do óleo essencial e composição química do óleo por CG/DIC e CG/EM. Plantas de *P. cablin* cultivadas sob malha vermelha produziram maior biomassa seca das folhas (BSF) (46,70 g. planta⁻¹), a microscopia eletrônica de varredura mostrou que a qualidade da luz interferiu nas características anatômicas de folhas das plantas em estudo. Plantas cultivadas sob malha azul tiveram maior teor (1,13g.100 g⁻¹ BSF) e rendimento (0,58 mL.planta⁻¹) do óleo essencial nas folhas. O óleo essencial de plantas cultivadas sob malha vermelha apresentou maior teor de patchoulol (66,84%). O óleo essencial do caule apresentou perfil cromatográfico menos complexo que o óleo das folhas. No entanto, os teores de patchoulol (71,36%) e norpatchoulol (10,53%) foram maiores que aqueles produzidos pelas folhas. Portanto, é possível manipular o crescimento das plantas, produção e composição química do óleo essencial de *P. cablin* com o uso de malhas.

Palavras-chave: Patchouli. Qualidade da luz. Intensidade de radiação. Patchoulol. Anatomia.

ABSTRACT

The color nets have been used to manipulate the spectral qualities of the light and protection that can cause desirable biochemical and physiological changes during cultivation. Due considerable impact of solar radiation on the plant, the goal was to evaluate the effect of the spectral quality of the light transmitted through color shading nets for the production of dry biomass, content, yield and chemical composition of the essential oil of *Pogostemon cablin* plants (Blanco) Benth. *P. cablin* was grown in four environments: under full sunlight, black nets, blue and red (all nets with 50% irradiance). The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD), consisting of 5 replicates / treatment containing 4 plants / repeat. The harvest was 5 months after planting and analyzed vegetative growth parameters; leaf anatomy, by scanning electron microscopy; content and yield of essential oil and chemical composition by GC / FID and GC / MS. *P. cablin* plants grown under red net produced more dry leaves biomass (DLB) (46.70 g. plant⁻¹), the scanning electron microscopy showed that the quality of light interfered with the anatomical characteristics of leaves of plants under study. Plants grown under blue net had higher content (1.13g.100 g⁻¹ DLB) and yield (0.58 mL.planta⁻¹) of the essential oil in the leaves. The essential oil of plants grown under red net showed higher patchoulol content (66.84%). The essential oil showed the stem profile chromatographic less complex than the leaf oil. However, the patchoulol content (71.36%) and norpatchoulol (10.53%) were higher than those produced by the leaves. Therefore, it is possible to manipulate the growth of plants, production and chemical composition of the essential oil of *P. cablin* with the use of nets.

Keywords: Patchouli. The light quality. Radiation intensity. Patchoulol. Anatomy.

1 INTRODUÇÃO

Pogostemon cablin (Blanco) Benth., popularmente conhecido como patchouli, pertence à família Lamiaceae, sendo uma espécie muito utilizada na indústria de cosméticos e perfumes. Seu óleo essencial, rico em patchoulol, é utilizado como fixador em perfumes.

A análise do crescimento de plantas é o meio mais simples e preciso para inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos entre plantas geneticamente diferentes ou sob diferentes condições ambientais. Mediante a análise de crescimento, é possível determinar a cinética de produção de biomassa vegetal, sua distribuição e eficiência ao longo da ontogenia (BENINCASA, 2003).

Vários fatores interferem no crescimento das plantas, podendo-se destacar os fatores genéticos, fitotécnicos e edáficos. A quantidade e a qualidade da luz afetam consideravelmente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Cultivos sob malhas coloridas permitem manipular o espectro de luz solar incidente, fragmentando a luz direta e convertendo-a em luz difusa, que cobre melhor as plantas e estimula a fotossíntese (ARIM; DENG, 1996).

Segundo Almeida e Mondstock (1998) a intensidade e a composição da luz incidente influenciam a velocidade do crescimento celular, o acúmulo de pigmentação e a diferenciação dos plastídeos nas plantas. As malhas coloridas combinam proteção física e filtragem diferenciada da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejáveis, reguladas pela luz (SHAHAK et al., 2004).

Estudos sobre as respostas fisiológicas das plantas medicinais e aromáticas são de grande importância, pois consiste em gerar conhecimentos que possibilitem estabelecer técnicas de cultivo para alcançar maiores índices de matéria seca e teor de princípios ativos. Estudos sobre o cultivo de plantas

aromáticas tem demonstrado diferentes respostas quanto ao crescimento vegetativo e o teor e a composição química do óleo essencial em função do controle do espectro de luz durante o cultivo (BRANT et al., 2009; COSTA et al., 2012; MARTINS et al., 2008).

Patchouli é usado em escala comercial. Porém nenhum estudo relatando o cultivo desta espécie sob influência de malhas fotoconversoras foi encontrado na literatura. Objetivou-se, portanto, avaliar o efeito da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras no crescimento e desenvolvimento vegetativo, no teor, rendimento e composição química do óleo essencial de folhas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth..

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Cultivo e avaliação do crescimento de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais e na Fazenda Gota de Esperança, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil, durante os meses de outubro de 2012 a março de 2013.

As mudas de patchouli foram produzidas através de micropropagação utilizando gemas axilares como explantes, inoculadas em meio de cultura MS acrescido de 0,5 mg L⁻¹ BAP. Posteriormente, os brotos foram individualizados e propagados em meio MS sem regulador de crescimento para enraizamento. Após 30 dias foram transferidas para tubetes com substrato comercial Tropstrato HA[®], sendo aclimatizadas em casa de vegetação por 30 dias. Mudanças com cerca de 10 cm de comprimento foram transplantadas para vasos de 10L, contendo solo, areia e esterco bovino curtido (3:1:1).

As plantas foram cultivadas sob pleno sol e malhas com 50% de sombreamento na cor preta, azul (Chromatinet[®]) e vermelha (Chromatinet[®]). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), disposto em quatro tratamentos e cinco repetições com quatro vasos (uma planta por vaso). O solo de cultivo foi mantido na capacidade de campo, com irrigações alternadas.

As médias das temperaturas, precipitação, umidade relativa e insolação referente aos meses de outubro de 2012 a março de 2013 durante a condução do experimento estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 Médias de temperatura (°C), precipitação (mm), umidade (%) e insolação (h dia⁻¹) durante os meses de outubro a dezembro de 2012 e janeiro a março de 2013. UFLA, Lavras - MG, 2014

Média dos Meses	Temp. mín. (°C)	Temp. Max. (°C)	Temp. média (°C)	Precipitação (mm)	UR (%)	Insolação (h dia ⁻¹)
Outubro	17,10 ± 1,94	30,70 ± 3,61	23,00 ± 2,53	2,00 ± 3,54	60,50 ± 10,45	7,70 ± 3,00
Novembro	17,80 ± 1,70	27,80 ± 2,79	21,90 ± 1,49	5,10 ± 10,40	73,10 ± 11,34	5,90 ± 3,88
Dezembro	19,40 ± 0,89	30,60 ± 1,49	24,10 ± 1,14	4,50 ± 8,11	72,90 ± 8,49	7,20 ± 2,95
Janeiro	18,40 ± 1,44	27,60 ± 2,80	22,20 ± 1,57	16,10 ± 23,61	80,10 ± 9,88	4,90 ± 3,56
Fevereiro	18,90 ± 0,90	30,0 ± 2,31	23,50 ± 1,57	2,50 ± 4,90	72,10 ± 9,94	7,40 ± 3,18
Março	18,80 ± 1,09	28,50 ± 3,10	22,50 ± 1,78	5,40 ± 9,86	79,30 ± 7,27	5,70 ± 2,97

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET (2013)

As avaliações de crescimento foram feitas 150 dias após o plantio, determinando-se os seguintes parâmetros: área foliar (AF), medida com o auxílio de um Medidor Eletrônico de Área Foliar, Modelo LI – 3100-LICOR, a partir da qual obtiveram os parâmetros de razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF), de acordo com Benincasa (2003).

Após a colheita, cada planta foi particionada em raiz, caule e folhas e acondicionadas em estufa de circulação forçada a ar, a 40° C, enquanto as raízes foram lavadas e, depois de retirada a umidade excessiva, foram também conduzidas à estufa. Depois de ter atingido peso constante, foram mensuradas as biomassas seca da folha (BSF), biomassa seca do caule (BSC), biomassa seca da raiz (BSR) e biomassa seca total (BST), através da pesagem em balança analítica.

2.2 Anatomia foliar

Amostras de folhas completamente expandidas no terceiro nó a partir da gema apical foram coletadas e fixadas visando estudar os componentes anatômicos.

Os estudos anatômicos foram realizados no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-estrutural do Departamento de Fitopatologia (DFP) da UFLA. Fragmentos de 2x5 mm da região mediana do limbo foram seccionados e fixados em Karnovsky's modificado – Glutaraldeído 2,5%, formaldeído 2,5% em tampão cacodilato de sódio 0,05 M, pH 7,2, CaCl₂ 0,001 M. Os cortes mantidos nessa solução foram em geladeira, até as análises. As secções paradérmicas foram lavadas em tampão cacodilato de sódio por três vezes, pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1% por 2h, lavadas duas vezes, durante 15 minutos, em água destilada. O material selecionado para microscopia de varredura foi desidratado em gradientes progressivo de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%) por 10 minutos cada. Para obtenção das secções transversais, as amostras foram imersas em solução de glicerol 30% em água destilada por 30 minutos, congeladas em nitrogênio líquido e fraturadas com bisturi. Essas secções foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio (ALVES et al., 2008).

Em seguida, esse material foi submetido a secagem ao ponto crítico (BAL-TEC, modelo CPD-030, Principality of Liechtenstein), montadas em *stubs* de alumínio com fita dupla-face para, então, receber cobertura metalizada em evaporador de ouro Sputtering (BAL-TEC, modelo SCD-050, Principality of Liechtenstein). As análises de todas as secções foram efetuadas em microscópio eletrônico de varredura (LEO, modelo EVO 40 XVP, Cambridge-UK). Os componentes anatômicos observados nas secções transversais foram: espessura das epidermes abaxial e adaxial, cutícula e parênquima paliádico e esponjoso, limbo foliar. Nos cortes paradérmicos foram observados a densidade de tricomas

e a densidade estomática (presença e quantidade de tricomas), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) (ALVES et al., 2008).

Para as análises de microscopia eletrônica de transmissão, as folhas foram seccionadas em fragmentos de 2x2mm fixadas em Karnovsky's modificado, armazenados em geladeira por 15 dias. Os cortes foram então pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, em tampão cacodilato 0,05M de 1 a 2 horas, seguido de desidratação com gradiente de acetona (25%, 50%, 75% e 90% por 10 minutos cada).

Em seguida, o material foi submetido a desidratação subsequente em gradiente crescente de acetona e em resina Spurr 30% por 8 horas, a 70% por 12 horas e duas vezes a 100%, em intervalos de 24 horas. Os tecidos emblocados em resina pura foram colocados em estufa a 70°C, por 48 horas, para a polimerização. Os blocos obtidos foram submetidos ao desbaste com lâminas de barbear para a retirada da resina excedente. Em seguida, foram realizados cortes em secções semifinas (1µm) ultrafinas (<100nm), utilizando-se um ultramicrotomo Reichert-Jung (*ultracut*), com auxílio de navalha de diamante.

Os cortes semifinos foram coletados com anel de ouro, colocados em lâminas de vidro e corados com azul de toluidina (1g azul de toluidina, 1g borato de sódio e 100 mL de água purificados por meio de filtro Millipore 0,2 µm) e montados permanentemente em meio Permalt, para visualização da amostra. Os cortes ultrafinos foram coletados em grades de ouro (*golden slot grids*), secos em raques de alumínio e cobertos com Formvar "película protetora de plástico" (ROWLEY; MORAN, 1975).

As secções foram pós-contrastadas em acetato de uranila, seguido por acetato de chumbo por 3 minutos cada e examinados em microscópio eletrônico de transmissão Zeiss, modelo EM 902 a 80 Kv.

As variáveis observadas nas análises foram as posições de estruturas internas, número de grãos de amido, número e comprimento dos cloroplastos, em células do parênquima paliçádico, em 4 cortes.

2.3 Extração, purificação e análises químicas do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, durante 90 minutos, a partir de amostras individuais de 70g e 40g de matéria seca das folhas e dos caules, respectivamente, em 1,5L de água destilada. Posteriormente, realizou-se a partição líquido-líquido com diclorometano (3 x 10mL). À fração orgânica reunida adicionou-se 2g de sulfato de magnésio anidro. A solução foi filtrada e o solvente orgânico evaporado a temperatura ambiente sob capela de exaustão de gases. O óleo essencial foi armazenado em frascos de vidro âmbar, mensurados suas massas e, armazenados em geladeira a ± 4 °C, até as análises. Os parâmetros utilizados na quantificação do óleo essencial foram o teor e o rendimento na biomassa seca das folhas (BSF) e do caule (BSC). O cálculo do teor de óleo foi obtido diretamente como porcentagem ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ BSF) e o rendimento de óleo calculado através da seguinte equação: $(\text{Teor} \times \text{BSF})$, cuja unidade do rendimento foi expressa em g planta^{-1} .

Para análise do óleo essencial das folhas foram feitas cinco repetições por tratamento. Já para o óleo obtido do caule preparou-se uma amostra composta, constituída da reunião de alíquotas contidas por volumes equivalentes do óleo essencial das cinco repetições de cada tratamento.

As análises quantitativas do óleo essencial foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplado a um Detector de Ionização em Chama de hidrogênio (CG-DIC) em um sistema Agilent® 7890^a equipado com coluna DB-WAX J&W 122-7032 (30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro

interno x 0,25 μm de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 240°C, respectivamente. A temperatura inicial de 100°C, seguido por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 180°C, finalizando com uma rampa de temperatura de 10°C/min até 240°C. O óleo foi diluído em acetato de etila (1%, v/v) e injetado automaticamente no cromatógrafo empregando volume de injeção de 1 μL , no modo *split* a uma razão de injeção 50:1. O teor dos constituintes eluídos foram expressos pela média da porcentagem de área relativa aos picos cromatográficos \pm o desvio padrão das amostras analisadas.

As análises qualitativas do óleo foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada à um detector seletivo de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Agilent® 5975C, operado por ionização de impacto eletrônico a 70 eV, em modo varredura, a uma velocidade de 1,0 scan/s, com um intervalo de aquisição de massas de 40-400 m/z. As condições cromatográficas foram às mesmas empregadas nas análises quantitativas.

Os constituintes químicos foram identificados por comparação exata dos espectros de massas do banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - NIST, 2008) e de literatura (DEGUERY et al., 2006).

2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados observados foram realizadas conforme R Development Core Team (2012). As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de crescimento das plantas

O cultivo sob malhas fotoconversora afetou significativamente o crescimento das plantas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. Observou-se que o acúmulo de matéria seca das folhas, caule e total foram afetados pelo uso das malhas coloridas, quando comparadas às plantas cultivadas ao pleno sol (Tabela 2). O acúmulo foi maior nas folhas (46,70g) e caules (31,84 g) quando cultivadas em malha vermelha, conseqüentemente houve maior acúmulo de biomassa seca total (93,81 g).

Esses resultados podem estar relacionados à maior incidência de fótons na região do vermelho e vermelho-distante, o que favorece o processo fotossintético. Sugerindo que a malha vermelha estimula o crescimento e o vigor vegetativo. A malha azul diminui raios na faixa do vermelho-distante e a malha preta não muda a qualidade da irradiação (COSTA et al., 2012).

Tabela 2 Matéria seca das folhas (MSF), matéria seca dos caules (MSC), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R:PA) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014

TRATAMENTOS	MSF	MSC	MSR	MST	R:PA
	(g planta ⁻¹)				
Vermelho	46,70 a	31,84 a	15,27 a	93,81 a	0,19 b
Azul	35,75 b	23,79 b	11,89 a	71,43 b	0,20 b
Preto	35,38 b	22,25 b	12,33 a	69,96 b	0,21 b
Pleno sol	23,68 c	12,31 c	11,85 a	47,84 c	0,33 a
CV (%)	9,61	13,28	19,70	10,76	17,34

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

As plantas cultivadas a pleno sol investiram mais na produção de raiz do que em parte aérea, quando comparada sob o cultivo com malhas (Tabela 2), alocando maior quantidade de fotoassimilados para esses tecidos, apresentando maior relação raiz parte aérea. Essa alocação pode ter ocorrido em função da intensidade luminosa. Onde a planta, investe no crescimento das raízes como estratégia adaptativa para aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes. Esse mesmo comportamento foi observado em outras espécies em condições experimentais semelhantes às das plantas de patchouli (MARTINS et al., 2008; MELO; ALVARENGA et., al 2009; OLIVEIRA et al., 2009).

Vale ressaltar que esses resultados podem estar relacionados ao fato de que plantas de patchouli estão adaptadas a condições de sombreamento e apresentam um bom desenvolvimento quando cultivadas em consórcio com plantas que lhe forneça sombreamento (MUNI-RAN, 1999).

A variável matéria seca total (MST) foi influenciada pelo ambiente de cultivo, sendo que este também influenciou o aumento da área foliar nos diferentes tratamentos, em decorrência da intensidade luminosa e da qualidade espectral da luz. A maior área foliar foi observada nas plantas cultivadas sob

malha vermelha (43,55 cm²) e menor em plantas cultivadas a pleno sol (17,23 cm²) conforme apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Área foliar (AF) (cm²), razão de área foliar (RAF) (cm²g⁻¹), razão de peso foliar (RPF) (gg⁻¹) e área foliar específica (AFE) (cm²g⁻¹) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014

TRATAMENTOS	Área foliar	RAF	AFE	RPF
Vermelho	43,55 a	0,46 ab	0,93 ab	0,50 a
Azul	36,82 ab	0,52 a	1,03 a	0,50 a
Preto	32,49 b	0,46 ab	0,92 ab	0,51 a
Pleno sol	17,23 c	0,36 b	0,73 b	0,49 a
CV %	13,93	14,94	15,12	3,86

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

As plantas submetidas a baixos níveis de irradiância expandem suas folhas para aumentar a captação de energia luminosa e permitir maior eficiência fotossintética, e conseqüentemente maior fixação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na Tabela 3 estão apresentados os índices, nos quais observa-se que os aumentos na RAF constituem uma adaptação da planta a baixa luminosidade. A menor RAF foi observada nas plantas cultivadas a pleno sol (0,36 cm² g⁻¹), aumentando nas malhas preta e vermelha (0,46 cm² g⁻¹) respectivamente, e atingindo o máximo na malha azul (0,52 cm² g⁻¹). Esse resultado é um indicativo de que plantas de *P. cablin* cultivadas sob malha azul, requer maior área foliar para a produção de um grama de matéria seca que as demais.

Considerando que as folhas são as principais responsáveis pela produção de biomassa e que o resto da planta depende de sua exportação (BENINCASA, 2003), a razão de peso foliar (RPF) representa essa expressão. Todos os

tratamentos apresentaram estatisticamente a mesma RPF, portanto indicam a eficiência produtiva do tratamento na produção de massa seca foliar, quando relacionado ao peso da planta toda.

A área foliar específica (AFE) é um indicativo da espessura da folha e estima a proporção assimilatória e os tecidos de sustentação e condutores da folha, foi mais reduzidas nas condições a pleno sol. Indicando que as folhas de *P. cablin* se tornam mais espessas quando as plantas são mantidas em local sem nenhum tipo de sombreamento. Concordando com os resultados obtidos em *Aloysia gratissima*, onde também se obteve uma AFE menor na condição a pleno sol, sendo que nas malhas vermelho, azul e preto as folhas se apresentaram um pouco mais delgadas (SANTOS, 2007).

3.2 Anatomia foliar

Observações anatômicas de folhas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. por meio de microscopia eletrônica de varredura mostram que o cultivo sob malhas coloridas e a pleno sol interferem na morfologia desse órgão (Tabela 4). A cutícula e o parênquima esponjoso mais espesso a pleno sol, provavelmente para conferir proteção ao aparato fotossintético, devido a intensidade luminosa. Segundo Lee et al. (2000) folhas de plantas mantidas sob maior irradiância apresentam a epiderme de uma ou de ambas as faces mais espessas, o que está de acordo com os resultados obtidos.

Tabela 4 Espessura da epiderme na face adaxial (EAD), Espessura da epiderme na face abaxial (EAB), Espessura da cutícula (CUT), Espessura do Parênquima paliçádico (PP), Espessura do parênquima esponjoso (PE) e Espessura do limbo foliar (LF). Características dos tecidos foliares em secção transversal de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014

TRAT	EAD	EAB	CUT	PP	PE	LF
(µm)						
Vermelho	18,59 ab	14,43 b	2,21 c	61,38 a	147,66 a	258,56 a
Azul	16,69 b	17,60 a	2,45 b	65,97 a	85,31 b	150,62 b
Preto	15,99 b	16,92 a	2,36 b	29,65 c	71,45 b	135,30 b
Pleno sol	23,47 a	16,40 a	6,55 a	51,72 b	169,12 a	289,98 a
CV%	17,42	5,65	2,23	7,39	12,46	10,70

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

A espessura das epidermes abaxial e adaxial, cutícula foram maiores quando as plantas foram cultivadas a pleno sol, evidenciando que com maior radiação há tendência de aumento da espessura foliar para esta espécie. Castro et al. (2007), estudando plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae) sob diferentes níveis de sombreamento, observou que a epiderme foi mais espessa em condições de pleno sol. Os mesmos resultados foram encontrados por Pinto et al. (2007), ao trabalharem com *Aloysia gratissima*.

Segundo Gonçalves, Marengo e Vieira (2001), as células do parênquima paliçádico a pleno sol apresentam-se mais justapostas e alongadas, o que corrobora com os resultados deste trabalho. Observou-se que o parênquima paliçádico apresentou células alongadas em apenas uma camada celular (uniseriada) e parênquima esponjoso com várias camadas de células (multiseriado) conforme pode ser evidenciado na figura 2.

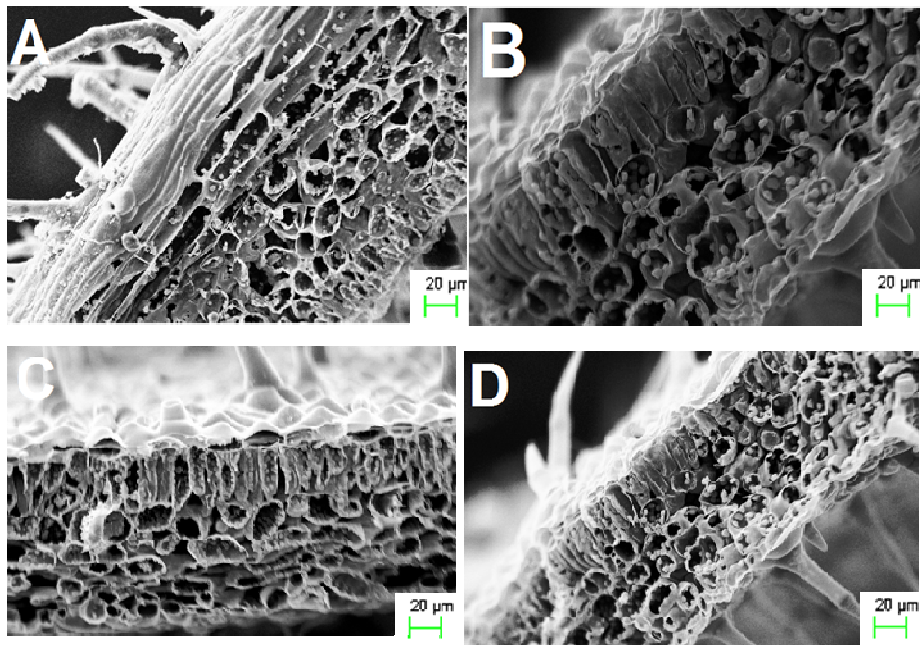


Figura 2 Fotomicrografias da secção transversal de folhas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas a pleno sol e sob malhas coloridas com 50% de irradiância. A - pleno sol; B - malha preta; C - malha vermelha; D - Malha azul. Barra - 20 µm

As plantas que crescem em ambientes com maior intensidade de luz apresentam frequentemente características estruturais e químicas que aumentam a interceptação de luz que alcança o cloroplasto. Além disso, características anatômicas que se contrastam podem ser encontradas em folhas da mesma planta expostas a diferentes regimes de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004). As análises das espessuras da epiderme de folhas de *Pogostemon cablin* confirmam essas observações.

Foram observados tricomas e estômatos em ambas as faces foliares (tabela 5). A qualidade da luz proporcionada pelas malhas coloridas interferiu na quantidade de tricomas e estômatos. Os estômatos são estruturas importantes para a produção vegetal, pois representam a porta de entrada e escoamento dos

gases para a fotossíntese, processo primordial relacionado à produtividade vegetal (SILVA; ALQUINI; CAVALLET, 2005). Com base nesse fato, os dados apresentados evidenciam que a densidade de tricomas e estômatos estão relacionados à produção de matéria seca das plantas de patchouli.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), as folhas possuem características adaptativas que pode alterar o posicionamento dos cloroplastos, a fim de controlar a absorção de luz e prevenir o dano causado pelo excesso de luz.

Tabela 5 Número de tricomas na epiderme adaxial (TAD), número de tricomas na epiderme abaxial (TAB), densidade de estômatos na epiderme adaxial (DEAD) e densidade de estômatos na epiderme abaxial (DEAB) em função dos ambientes de cultivo a pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014

TRAT	TAD	TAB	DEAD	DEAB
	(µm)			
Vermelho	52,00 c	121,00 a	1,67 b	22,00 a
Azul	24,00 d	86,67 b	2,67b	5,00 c
Preto	69,00 b	53,00 c	1,67 b	3,00 c
Pleno sol	72,00 a	56,00 c	5,00 a	9,00 b
CV%	1,84	1,82	25,71	10,26

¹As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Os tricomas são uma forma de adaptação morfológica que pode atuar na proteção da planta por regular a temperatura foliar pela reflexão da luz. Os tricomas glandulares podem secretar substâncias que protegem as folhas contra parasitas e predadores (BARBOZA et al., 2006).

Na tabela 6 Foram observadas diferenças para as variáveis analisadas entre os tratamentos quanto maior a relação DP/DE, mais elipsóide é o estômato

podendo resultar em maior funcionalidade segundo Khan et al. (2002), o que foi observado nas plantas cultivadas sob malha vermelha. Assim observa-se que os tratamentos pleno sol e sob malhas azul e preta tanto para face abaxial quanto adaxial apresentam estômatos menos funcionais.

Tabela 6 Variáveis estomáticas de mudas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas sob malhas coloridas e a pleno sol. Diâmetro polar dos estômatos (DP), Diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e DP/DE na face abaxial. Diâmetro polar dos estômatos (DP), Diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e DP/DE na face adaxial e adaxial. UFLA, Lavras – MG, 2014

TRAT	Face abaxial			Face adaxial		
	DP	DE	DP/DE	DP	DE	DP/DE
	(µm)					
Vermelho	24,41 b	16,48 b	1,48 a	36,24 a	25,11 a	1,44 a
Azul	25,64 a	19,91 ab	1,29 ab	19,20 d	15,86 c	1,21 c
Preto	24,37 b	21,11 a	1,15 b	25,52 b	19,75 b	1,29 b
Pleno sol	25,69 a	21,67 a	1,20 b	23,24 c	25,29 a	0,92 d
CV%	1,11	7,91	6,83	0,34	0,51	0,43

[†]As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância

Alterações nesta estrutura elipsoide afeta o controle da abertura e fechamento dos estômatos o que resulta numa alta condutância estomática favorecendo a perda de água (SÁES et al., 2012). Esses dados podem estar relacionados a maior produção de biomassa seca apresentada pelas plantas de patchouli cultivadas sob malha vermelha. O espectro da luz azul e vermelha são importantes para controlar a abertura dos estômatos por regular fototropinas e

fitocromos que ativam uma cascata de sinalização controlando a abertura e fechamento dos estômatos (CHEN et al., 2012; SHIMAZAKI et al., 2007).

3.3 Teor, rendimento e composição químicas do óleo essencial

O maior teor (1,13%) e rendimento (0,58 g planta⁻¹) de óleo essencial foi obtido no cultivo sob malha azul (Tabela 7). Os demais tratamentos não diferiram entre si estatisticamente quanto ao teor de óleo essencial. No entanto, o rendimento apresentou diferenças estatísticas significativas, sendo o cultivo ao pleno sol o que apresentou menor rendimento (0,26 g planta⁻¹).

Tabela 7 Teor e rendimento de óleo essencial de folhas e caules de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados a pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014

TRATAMENTOS	Folha		Caule	
	Teor (%)	Rendimento (g planta ⁻¹)	Teor (%)	Rendimento (g planta ⁻¹)
Vermelho	0,72 b	0,44 b	0,06 a	0,05 a
Azul	1,13 a	0,58 a	0,05 a	0,03 b
Preto	0,65 b	0,33 bc	0,07 a	0,04 b
Pleno sol	0,77 b	0,26 c	0,06 a	0,01 c
CV %	19,35	18,12	14,06	20,33

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Souza et al. (2011) em estudos realizados com *Mikania laevigata* e *Mikania glomerata* sob malhas vermelha, cinza e azul e a pleno sol obtiveram resultados similares, onde *Mikania glomerata* teve maior teor sob malha azul e *Mikania laevigata* sob malha vermelha e ambas apresentaram valores menores para plantas cultivadas a pleno sol.

Chagas et al. (2011) ao cultivar *Mentha arvensis* sob malhas observou que o rendimento do óleo essencial diminuiu em relação ao cultivo ao pleno sol. Já Costa et al. (2012) ao cultivar *Mentha piperita* obteve resultados favoráveis para produção e composição do óleo essencial. Plantas cultivadas sob malha preta e azul apresentaram maiores teores de mentofurano.

Brant et al. (2009) em estudos com *Melissa officinalis* cultivadas nas mesmas condições mostrou resultado contrário a este, no qual o teor e o rendimento do óleo essencial não responderam positivamente à utilização da malha vermelha. Já em relação a qualidade do óleo essencial de melissa apresentou a melhor quantidade de citral, composto majoritário e de maior interesse em melissa.

O teor do óleo essencial nos caules não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Já o rendimento do óleo essencial nos caules foi maior sob malha vermelha (0,05g planta⁻¹) e menor a pleno sol (0,01 g planta⁻¹) (tabela 7).

O ambiente no qual o vegetal se desenvolve, tipo de cultivo, temperatura, intensidade luminosa, umidade entre outros fatores influenciam na composição química dos óleos essenciais. Portanto, não se pode prever ou estabelecer um padrão, pois cada um se comporta de diferentes maneiras em relação a esses fatores ambientais (SIMÕES; SPITZER, 2004).

Corroborando com Yahya e Yunus (2013), a composição química do óleo essencial das folhas de *P. cablin* cultivados nos diferentes ambientes avaliados constitui-se na sua totalidade por sesquiterpenos, com exceção do álcool 1-octen-3-ol que estava presente nas concentrações de 0,45% a 0,61% (Tabela 8).

Tabela 8 Composição química do óleo essencial de folhas de *P. cablin* (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014

Constituintes	TR	TRATAMENTOS			
		Área (%) ± DP			
		Pleno Sol	Azul	Preta	Vermelha
1-octen 3-ol	6,24	0,61 ± 0,06	0,45 ± 0,13	0,48 ± 0,24	0,46 ± 0,17
β-patchouleno	7,34	0,80 ± 0,05	1,02 ± 0,11	1,06 ± 0,13	0,81 ± 0,88
cicloseicheleno	9,12	0,32 ± 0,02	0,31 ± 0,03	0,33 ± 0,07	0,30 ± 0,03
α-guaieno	9,56	4,49 ± 0,32	6,12 ± 0,71	6,14 ± 0,46	4,38 ± 4,95
β-cariofileno	9,80	1,45 ± 0,06	1,76 ± 0,21	1,79 ± 0,19	1,19 ± 1,37
α-patchouleno	10,85	2,04 ± 0,09	2,24 ± 0,17	2,35 ± 0,33	1,92 ± 1,93
panasinsen	10,99	4,62 ± 0,22	4,85 ± 0,36	5,01 ± 0,79	4,47 ± 3,72
γ-patchouleno	11,40	0,52 ± 0,03	0,53 ± 0,04	0,55 ± 0,10	0,50 ± 0,39
α-humuleno	11,62	0,45 ± 0,02	0,56 ± 0,06	0,56 ± 0,04	0,40 ± 0,45
β-chamigreno	11,81	0,15 ± 0,00	0,26 ± 0,04	0,27 ± 0,00	0,14 ± 0,18
acifileno	12,46	0,60 ± 0,08	1,00 ± 0,12	0,97 ± 0,07	0,63 ± 0,81
β-gurjuneno	12,63	Nd	0,42 ± 0,03	0,41 ± 0,00	nd
α-bulneseno	12,84	5,26 ± 0,16	6,63 ± 0,83	6,65 ± 0,75	4,53 ± 5,09
germacreno A	14,14	0,20 ± 0,12	0,36 ± 0,02	0,36 ± 0,02	nd
óxido de cariofileno	20,64	1,22 ± 0,12	0,99 ± 0,17	0,99 ± 0,25	1,70 ± 0,77
norpatchoulenol	24,44	1,29 ± 0,13	0,94 ± 0,06	1,01 ± 0,13	1,00 ± 0,98
β-atlantol	24,58	0,72 ± 0,03	0,78 ± 0,12	0,74 ± 0,08	1,03 ± 0,72
diidrocariofilen-4-α-ol	25,56	0,33 ± 0,09	0,36 ± 0,05	0,31 ± 0,02	0,32 ± 0,01
não identificado (m/z=218)	25,69	1,05 ± 0,02	0,97 ± 0,06	0,94 ± 0,06	1,00 ± 0,91
patchoulol	26,42	65,68 ± 0,90	62,10 ± 1,99	62,45 ± 3,02	66,84 ± 2,55
seicheleno	27,14	0,66 ± 0,01	0,60 ± 0,02	0,60 ± 0,03	0,65 ± 0,57
pogostol	27,28	4,46 ± 0,13	4,08 ± 0,14	4,04 ± 0,32	4,34 ± 4,08
espatulenol	28,38	Nd	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,03	0,28 ± 0,03
guaia-3,9-diene	28,56	0,31 ± 0,01	0,28 ± 0,03	0,27 ± 0,04	0,45 ± 0,07
não identificado (m/z=220)	29,17	0,33 ± 0,02	0,37 ± 0,06	0,33 ± 0,03	0,46 ± 0,38
Total identificado (%)		96,18	96,89	97,58	96,34
Número de constituintes		23	25	25	23

DP: Desvio Padrão ($n=5$). TR: Tempo de retenção na ordem de eluição em coluna DB-Wax.

A composição química do óleo essencial de patchouli já é bem descrita na literatura e é caracterizado por um grande número de sesquiterpenos como: α, β e λ-patchoulenos, α-guaieno, seicheleno, α-bulneseno, norpatchoulenol, α-humuleno, pogostol, cariofileno (DEGUERY et al., 2006; DONELIAN et al., 2009; PAUL et al., 2010). Todos esses constituintes também foram identificados nos óleos do presente estudo com pouca ou nenhuma diferença entre os seus teores.

Na integralidade, 23 constituintes químicos foram identificados, totalizando mais de 96% dos constituintes totais dos óleos essenciais analisados. Dos 23 constituintes, apenas 5 constituíram cerca de 84% da composição química total, caracterizados por α -guaiano, panasinsen, α -bulneseno, patchoulol e pogostol. Dentre esses, o patchoulol é o majoritário com teores entre 62,10% e 66,84%.

O teor de patchoulol determinado no presente estudo foi de 3 a 4 vezes maior que o relatado por Milchard (2004) em óleos essenciais provenientes da China (15% a 24%) e cerca de 2 vezes superior aos teores quantificados em óleos essenciais oriundos da Indonésia (30% a 33%). No entanto, se aproxima da faixa de concentração do patchoulol (50% a 64%) em óleo essencial de folhas de patchouli cultivados no Brasil, no estado de Sergipe (SANTANA e al., 2010).

Embora não tenha sido observado diferenças qualitativas e quantitativas marcantes na composição química do óleo essencial das folhas de *P. cablin* cultivadas ao pleno sol e sob malhas fotoconversoras, os teores de patchoulol foram ligeiramente superiores no óleo das plantas cultivadas ao pleno sol (65,68%) e sob malha vermelha (66,84%). Estes ambientes parecem ter estimulado a atividade da patchoulol sintase que, conforme Deguery et al. (2006) é a enzima responsável pela síntese do patchoulol a partir do germacreno A. Devido essa conversão biossintética, os teores de germacreno A apresentaram uma ligeira queda no cultivo ao pleno sol (0,20) e ausência na malha vermelha quando comparado aos seus teores nas malhas azul e preta (0,36% em ambas).

Já o α -patchouleno apresentou uma discreta diminuição nas folhas de patchouli cultivadas sob malha vermelha (1,92%) em comparação com os demais tratamentos (2,04% a 2,35%). O patchoulol e α -patchouleno são os constituintes de maior interesse comercial das indústrias de perfume (SONWA, 2000). Embora o α -patchouleno seja encontrado em pequenas quantidades, é um

constituente importante do óleo essencial de patchouli, pois junto com o patchoulol determina o aroma do óleo (DONELIAN et al., 2009).

O óleo essencial de caule de patchouli apresentou uma composição química menos complexa que o das folhas, como pode ser observado pelos perfis cromatográficos na figura 3. Além das diferenças qualitativas, pôde-se observar também expressivas diferenças quantitativas. No óleo do caule os constituintes de maiores teores foram patchoulol (67,43% a 71,36%), norpatcholenol (8,30% a 10,53%) e pogostol (5,80% a 6,18%) (Tabela 9).

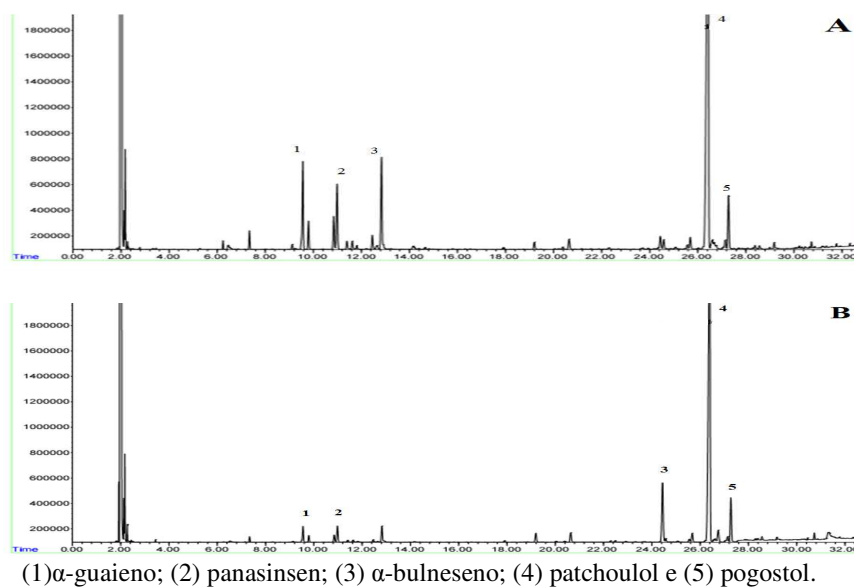


Figura 3 Perfil cromatográfico por CG/DIC de amostras de óleo essencial extraído de folhas (A) e caules (B) de Pogostemon cablin (Blanco) Benth. cultivados sob malha azul com 50% de sombreamento

Tabela 9 Composição química do óleo essencial de folhas de *P. cablin* (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas coloridas. UFLA, Lavras, MG, 2014

Constituintes	TR	TRATAMENTOS			
		Área (%) ± DP			
		Pleno Sol	Azul	Preta	Vermelha
β-patchouleno	7,34	0,40 ± 0,46	0,57 ± 0,00	0,32 ± 0,00	0,61 ± 0,01
α-guaieno	9,56	1,66 ± 1,84	1,94 ± 0,01	0,91 ± 0,01	1,85 ± 0,01
β-cariofileno	9,80	0,62 ± 0,69	0,81 ± 0,00	-----	0,68 ± 0,00
α-patchouleno	10,85	0,86 ± 0,96	0,86 ± 0,00	0,67 ± 0,00	0,85 ± 0,01
panasinsen	10,99	2,10 ± 2,36	2,16 ± 0,00	1,84 ± 0,01	2,14 ± 0,03
α-bulneseno	12,84	1,47 ± 1,62	1,92 ± 0,00	0,49 ± 0,01	1,75 ± 0,01
não identificado (m/z=220)	19,20	1,08 ± 1,21	1,35 ± 0,01	1,27 ± 0,00	1,47 ± 0,00
óxido de cariofileno	20,64	1,55 ± 1,74	1,47 ± 0,01	1,58 ± 0,01	1,63 ± 0,00
norpatchoulenol	24,44	10,53 ± 12,67	9,26 ± 0,02	8,59 ± 0,05	8,30 ± 0,04
β-atlantol	24,58	0,50 ± 0,77	0,37 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,45 ± 0,01
diidrocariofilen-4-α-ol	25,56	0,37 ± 0,01	-----	0,37 ± 0,00	0,37 ± 0,00
não identificado (m/z=218)	25,69	1,29 ± 1,46	1,21 ± 0,01	1,24 ± 0,01	1,21 ± 0,00
patchoulol	26,39	67,43 ± 0,16	67,56 ± 0,32	71,36 ± 0,32	68,62 ± 0,07
não identificado (m/z=220)	26,75	2,07 ± 2,43	1,86 ± 0,00	1,75 ± 0,02	1,67 ± 0,00
seicheleno	27,14	0,65 ± 0,75	0,55 ± 0,03	0,65 ± 0,02	0,53 ± 0,01
pogostol	27,28	6,18 ± 6,91	5,85 ± 0,05	5,92 ± 0,01	5,80 ± 0,07
guaia-3,9-diene	31,33	nd	1,14 ± 0,39	1,37 ± 0,41	0,32 ± 0,29
Total identificado (%)		94,32	94,46	94,46	93,90
Número de constituintes		16	16	16	17

DP: Desvio Padrão (n=3). TR: Tempo de retenção na ordem de eluição em coluna DB-Wax.

Na malha preta observou-se o maior teor de patchoulol no óleo do caule, enquanto o pogostol e o norpatchoulenol foram maiores ao pleno sol. Na produção em escala comercial utiliza-se toda a parte aérea da planta (folha e caule).

4 CONCLUSÃO

A qualidade espectral da luz afeta a produção e constituição química do óleo de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.. Sabendo que patchouli tem seus melhores índices de desenvolvimento vegetativo em plantas cultivadas em sombreamento. Portanto, conclui-se que a malha azul é uma boa alternativa de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O afilhamento em comunidades de cereais de estação fria é afetado pela qualidade de luz? **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 45-51, 1998.
- ALVES, E. et al. Retention sites for *Xylella fastidiosa* in four sharpshooter vectors (Hemiptera: Cicadellidae) analyzed by scanning electron microscopy. **Current Microbiology**, New York, v. 56, p. 531-538, 2008.
- ARIM, A.; DENG, X. W. Light control of seedling development. **Annual Review Plant Physiology Molecular Biology**, Stanford, v. 47. p. 215-243, 1996.
- BARBOZA, S. B. S. C. et al. Anatomia foliar de plantas micropropagadas de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 2, v. 41, p. 185-194, 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRANT R. S. et al. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1401-1407, 2009.
- CASTRO, E. M. et al. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes íveis de sombreamento. **Revista Brasileira Plantas de Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 8-16, 2007.
- CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 327-334, 2011.

CHEN, Z. H. et al. Systems dynamic modeling of the stomatal guard cell predicts emergent behaviors in transport, signaling, and volume control. **Plant Physiology**, Lancaster, n. 3, v. 159, p. 1235-1251, 2012.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortela-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 534-540, 2012.

DEGUERRY, F. et al. The diverse sesquiterpene profile of patchouli, *Pogostemon cablin*, is correlated with a limited number of sesquiterpene synthases. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 454, p. 123-136, 2006.

DONELIAN, A. et al. Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. **Journal of Supercritical Fluids**, New York, v. 48, p. 15-20, 2009.

GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of Mahogany and Tonka Bear under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 149-157, 2001.

KHAN, P. S. S. V. et al. Growth and net photosynthetic rates of *Eucalyptus tereticornis* Smith under photomixotrophic micropropagation conditions. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, n. 2, v. 71, p. 141-146, 2002.

LEE, D. W. et al. Effects of irradiance e espectrus quality on leaf struture and function in seedlings of two southeast aian *Hopea* (Diptenocarpecae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447-455, 2000.

MARTINS, J. R. et al. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, p. 102-107, 2008.

MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacífica White' por malhas coloridas: Desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 567-573, 2009.

MILCHARD, M. J. et al. Application of gas-liquid chromatography to the analysis of essential oils: fingerprints of 12 essential oils. **Perfumer & Flavorist**, Whaeton, v. 29, n. 5, p. 28-36, 2004.

MUNI-RAM, D. R. et al. Studies on intercropping of patchouli (*Pogostemon patchouli*) with papaya (*Carica papaya*). **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science**, New Delhi, v. 21, n. 2, p. 358-360, 1999.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH mass spectral library**. Gaithersburg, 2008. Software.

OLIVEIRA M. I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, p. 56-62, 2009.

PAUL, A. et al. Rapid plant regeneration, analysis of genetic fidelity and essential aromatic oil content of micropropagated plants of Patchouli, *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. – An industrially important aromatic plant. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 32, p. 366–374, 2010.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 210-204, 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language environment for statistical computing. Viena: R foundation for statistical computing, 2012. 1 Software.

ROWLEY, C. R.; MORAN, D. T. A simple procedure for mounting wrinkle free section on formvar-coated slot grids. **Ultramicrotomy**, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 151-155, 1975.

SANT'ANA, T. C. P. et al. Influência do armazenamento de folhas secas no óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). **Química Nova**, São Paulo, v. 33, p. 1263-1265, 2010.

SANTOS, F. M. **Aspectos ecofisiológicos de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Troncoso. [verbenaceae] associados a composição do óleo essencial e sua ação antimicrobiana.** 2007. 116 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade federal de Lavras, Lavras, 2007.

SHAHAK, Y. et al. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 659, p. 143-161, 2004.

SHIMAZAKI, K. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 58, p. 219-247, 2007.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 183-194, jan./mar. 2005.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. p. 467-495.

SONWA, M. M. **Isolation and structure elucidation of essential oil constituents:** comparative study of the oils of *Cyperus alopecuroides*, *Cyperus papyrus* and *Cyperus rotundus*. 2000. 158 p. Dissertation (Doctor from Mbamougong) - University of Hamburg, Hamburg, 2000. Disponível em: <<http://www.chemie.uni-hamburg.de/bibliothek/2000/DissertationSonwa.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

SOUZA, G. S. et al. Crescimento, teor de óleo essencial conteúdo de cumarina de plantas jovens de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 24, p. 1-11, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

YAHYA, A.; YUNUS, R. M. Influence of sample preparation and extraction time on chemical composition of steam distillation derived patchouli oil. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 53, p. 1-6, 2013.

ARTIGO 2

**Cultivo de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. sob intensidade de
sombreamento no crescimento, desenvolvimento e composição química do
óleo essencial**

RESUMO

Pogostemon cablin (Blanco) Benth., popularmente conhecido como Patchouli, é uma espécie aromática de crescimento rápido e que se adapta bem a ambientes semi-sombreados. De suas folhas é extraído o óleo essencial muito utilizado na indústria de perfumaria e cosméticos e recentemente vem sendo estudado devido suas atividades farmacológicas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variação no crescimento e desenvolvimento vegetativo, no teor e na qualidade do óleo essencial de *Pogostemon cablin*, influenciada por intensidade luminosa no cultivo sob intensidades de sombreamento. O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 10L contendo substrato na proporção de (3:1:1) solo, areia e esterco bovino curtido com 1 planta por vaso. Os vasos foram distribuídos no delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC) esquema fatorial 2x4 com 5 repetições 4 vasos por repetição de acordo com os seguintes tratamentos: pleno sol, malhas aluminizadas (30%, 50% e 70%); malha preta (30% , 50% e 70%). Foi observado que a espécie *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. é realmente sensível a altas incidências de radiação solar, pois o uso de malhas com diferentes intensidades luminosas influenciou significativamente seu crescimento e desenvolvimento, interferindo assim nas características anatômicas, no teor, rendimento e composição química do óleo essencial. Considera-se o cultivo sob malhas aluminizadas a 50% o ambiente ideal para o cultivo de patchouli.

Palavras-chave: Patchouli. Luz. Patchoulol. Planta aromática. Anatomia.

ABSTRACT

Pogostemon cablin (Blanco) Benth., popularly known as Patchouli, is an aromatic species of rapid growth and that adapts well to semi-shaded environments. Of its leaves is extracted essential oil is widely used in perfumery and cosmetics industry and recently has been studied because their pharmacological activities. The objective of this study was to evaluate the variation in growth and vegetative development, on the amount and quality of essential oil of *Pogostemon cablin*, influenced by light intensity in cultivation under low light intensities. The experiment was conducted in plastic pots 10L containing substrate in the ratio (3: 1: 1) soil, sand and cattle manure with one plant per pot. The pots were distributed in a completely randomized experimental design (RED) a 2x4 factorial design with 5 replications 4 pots per replication according to the following treatments: full sunlight, aluminized net (30%, 50% and 70%); black net (30%, 50% and 70%). It was observed that this species *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. is really sensitive to high incidence of solar radiation, since the use of nets with different light intensities significantly influence their growth and development, thus interfering in the anatomical features, in content, yield and essential oil chemical composition. It is considered the cultivation under aluminized nets with 50% is ideal environment for the cultivation of patchouli.

Keywords: Patchouli. Light. Patchoulol. Aromatic plant. Anatomy.

1 INTRODUÇÃO

Pogostemon cablin, pertencente à família Lamiaceae, e é conhecida popularmente como patchouli. É uma erva perene, aromática, ereta e ramificada, que atinge altura de 0,5 a 1,2 m; com folhas opostas cruzadas e ovaladas, de 5 a 10 cm de comprimento e 3 a 8,9 cm de largura, margem lobada com dentes crenato-serrados, os lobos e o ápice da folha são obtusos, as flores brancas, bissexuadas, zigomorfas, diclamídeas, cálice pentâmero, gamossépalo, ovário súpero e bicarpelar (GUENTHER, 1972; SALERNO; REBELO; SILVA JÚNIOR, 2004; SANTOS et al., 2013; SOUZA; LORENZI, 2008).

Os óleos essenciais são compostos naturais, voláteis, complexos, caracterizados por odor forte e são formados por plantas aromáticas como metabólitos secundários (BAKKALI et al., 2008). O óleo essencial produzido por *Pogostemon cablin* é rico em terpenos, sendo o patchoulol o constituinte de maior interesse (STORCK et al., 2013). Este óleo essencial é amplamente utilizado pela indústria de cosméticos e perfumes, devido à sua fragrância amadeirada e suas propriedades fixadoras aos perfumes. Além destas propriedades, pesquisas recentes demonstraram atividade antifúngica, anti-helmíntica, e anti-tripanosossoma do óleo essencial de patchouli (HU et al., 2006; SUGIMURA et al., 2005; ZHAO et al., 2005).

Pesquisas têm demonstrado que diversas espécies vegetais respondem de forma diferente a níveis de energia de radiação (CASTRO et al., 2007; DIGNART et al., 2009). Estas condições podem influenciar os teores dos compostos ativos encontrados em plantas com potencial medicinal (CASTRO et al., 2006). De acordo com Sangwan et al. (2001), a radiação afeta a assimilação de carbono e, conseqüentemente, a produção de óleos essenciais nas plantas, visto que a síntese destes ocorre a partir de rotas bioquímicas originadas no metabolismo primário (STORCK et al., 2013).

Diversos autores têm mostrado em suas pesquisas com plantas medicinais, a influência do uso de malhas durante o cultivo na produção de biomassa e nos teores de metabólitos secundários sob condições ambientais controladas, por induzirem alterações fisiológicas e bioquímicas na planta (ABREU; MAZZAFERA, 2005; AFREEN; ZOBAYED; KOZAI, 2005; CORRÊA, 2008; COSTA et al., 2010, 2012; PINTO et al., 2007).

De acordo com Oren-Shamir et al. (2001), a malha preta (sombrite) é considerada neutra e auxilia na redução da incidência de radiação sobre as plantas, sem influenciar na qualidade espectral da luz. Outro tipo de malha, que tem sido adotada no Brasil, é a termorrefletora. Essa malha permite administrar a diferença de temperatura entre o dia e a noite, possibilitando a formação de diversos microclimas, de acordo com a malha utilizada. Além disso, protegem as plantas da radiação solar excessiva e conservam o calor no interior do ambiente (COSTA et al., 2012; LEITE et al., 2008).

Neste sentido, objetivou-se avaliar o comportamento no cultivo de mudas *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. mantidas sob diferentes intensidades de sombreamento com malhas aluminizadas e preta no crescimento vegetativo, no teor e na análise química do óleo essencial.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Cultivo e avaliação do crescimento de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais e na Fazenda Gota de Esperança, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil, durante os meses de outubro de 2012 a março de 2013.

As mudas de patchouli foram produzidas através de micropropagação utilizando gemas axilares como explantes, inoculadas em meio de cultura MS acrescido de 0,5 mg L⁻¹ BAP. Posteriormente, os brotos foram individualizados e propagados em meio MS sem regulador de crescimento para enraizamento. Após 30 dias foram transferidas para tubetes com substrato comercial Tropstrato HA[®], sendo aclimatizadas em casa de vegetação por 30 dias. Mudanças com cerca de 10 cm de comprimento, foram transplantadas para vasos de 10L, contendo solo, areia e esterco bovino curtido (3:1:1).

As plantas foram cultivadas sob dois tipos de malhas (Aluminizadas e preta), cada malha com três diferentes níveis de radiação solar incidente: 30%, 50% e 70% de interceptação da radiação solar. As plantas também foram cultivadas a pleno sol (testemunha), ou seja, 0% de interceptação da radiação. Um total de 160 vasos foi aleatoriamente distribuído dentre as áreas experimentais sob sombreamento e a pleno sol, cada uma composta de 20 vasos. Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 2x4, com cinco repetições e cada parcela composta pela média de quatro vasos (1 planta por vaso⁻¹). O solo de cultivo foi mantido na capacidade de campo, com irrigações alternadas.

As médias das temperaturas, precipitação, umidade relativa e insolação referente aos meses de outubro de 2012 a março de 2013 durante a condução do experimento estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 Médias de temperatura (°C), precipitação (mm) , umidade (%) e insolação (h dia⁻¹) durante os meses de outubro a dezembro de 2012 e janeiro a março de 2013. UFLA, Lavras, 2014

Média dos Meses	Temp. mín. (°C)	Temp. Max. (°C)	Temp. média (°C)	Precipitação (mm)	UR (%)	Insolação (h dia ⁻¹)
Outubro	17,10 ± 1,94	30,70 ± 3,61	23,00 ± 2,53	2,00 ± 3,54	60,50 ± 10,45	7,70 ± 3,00
Novembro	17,80 ± 1,70	27,80 ± 2,79	21,90 ± 1,49	5,10 ± 10,40	73,10 ± 11,34	5,90 ± 3,88
Dezembro	19,40 ± 0,89	30,60 ± 1,49	24,10 ± 1,14	4,50 ± 8,11	72,90 ± 8,49	7,20 ± 2,95
Janeiro	18,40 ± 1,44	27,60 ± 2,80	22,20 ± 1,57	16,10 ± 23,61	80,10 ± 9,88	4,90 ± 3,56
Fevereiro	18,90 ± 0,90	30,0 ± 2,31	23,50 ± 1,57	2,50 ± 4,90	72,10 ± 9,94	7,40 ± 3,18
Março	18,80 ± 1,09	28,50 ± 3,10	22,50 ± 1,78	5,40 ± 9,86	79,30 ± 7,27	5,70 ± 2,97

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET (2013)

As avaliações de crescimento foram feitas 150 dias após o plantio, determinando-se os seguintes parâmetros: área foliar (AF), medida com o auxílio de um Medidor Eletrônico de Área Foliar, Modelo LI – 3100-LICOR, a partir da qual obtiveram os parâmetros de razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF), de acordo com Benincasa (2003).

Após a colheita, cada planta foi particionada em raiz, caule e folhas e acondicionadas em estufa de circulação forçada a ar, a 40° C, enquanto as raízes foram lavadas e, depois de retirada a umidade excessiva, foram também conduzidas à estufa. Depois de ter atingido peso constante, foram mensuradas as biomassas seca da folha (BSF), biomassa seca do caule (BSC), biomassa seca da

raiz (BSR) e biomassa seca total (BST), através da pesagem em balança analítica.

2.2 Anatomia foliar

Amostras de folhas completamente expandidas no terceiro nó a partir da gema apical, foram coletadas e fixadas visando estudar os componentes anatômicos.

Os estudos anatômicos foram realizados no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-estrutural do Departamento de Fitopatologia (DFP) da UFLA. Fragmentos de 2x5 mm da região mediana do limbo foram seccionados e fixados em Karnovsky's modificado – Glutaraldeído 2,5%, formaldeído 2,5% em tampão cacodilato de sódio 0,05 M, pH 7,2, CaCl₂ 0,001 M. Os cortes mantidos nessa solução foram em geladeira, até as análises. As secções paradermicas foram lavadas em tampão cacodilato de sódio por três vezes, pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1% por 2h, lavadas duas vezes, durante 15 minutos, em água destilada. O material selecionado para microscopia de varredura foi desidratado em gradientes progressivo de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%) por 10 minutos cada. Para obtenção das secções transversais, as amostras foram imersas em solução de glicerol 30% em água destilada por 30 minutos, congeladas em nitrogênio líquido e fraturadas com bisturi. Essas secções foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio (ALVES et al., 2008).

Em seguida, esse material foi submetido a secagem ao ponto crítico (BAL-TEC, modelo CPD-030, Principality of Liechtenstein), montadas em *stubs* de alumínio com fita dupla-face para, então, receber cobertura metalizada em evaporador de ouro Sputtering (BAL-TEC, modelo SCD-050, Principality of Liechtenstein). As análises de todas as secções foram efetuadas em microscópio eletrônico de varredura (LEO, modelo EVO 40 XVP, Cambridge-UK). Os

componentes anatômicos observados nas secções transversais foram: espessura das epidermes abaxial e adaxial, cutícula e parênquima paliçádico e esponjoso, limbo foliar. Nos cortes paradérmicos foram observados a densidade de tricomas e a densidade estomática (presença e quantidade de tricomas), diâmetro polar (DP) e diâmetro equatorial (DE) (ALVES et al., 2008).

Para as análises de microscopia eletrônica de transmissão, as folhas foram seccionadas em fragmentos de 2x2mm fixadas em Karnovsky's modificado, armazenados em geladeira por 15 dias. Os cortes foram então pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, em tampão cacodilato 0,05M de 1 a 2 horas, seguido de desidratação com gradiente de acetona (25%, 50%, 75% e 90% por 10 minutos cada).

Em seguida, o material foi submetido a desidratação subsequente em gradiente crescente de acetona e em resina Spurr 30% por 8 horas, a 70% por 12 horas e duas vezes a 100%, em intervalos de 24 horas. Os tecidos emblocados em resina pura foram colocados em estufa a 70°C, por 48 horas, para a polimerização. Os blocos obtidos foram submetidos ao desbaste com lâminas de barbear para a retirada da resina excedente. Em seguida, foram realizados cortes em secções semifinas (1µm) ultrafinas (<100nm), utilizando-se um ultramicrotomo Reichert-Jung (*ultracut*), com auxílio de navalha de diamante.

Os cortes semifinos foram coletados com anel de ouro, colocados em lâminas de vidro e corados com azul de toluidina (1g azul de toluidina, 1g borato de sódio e 100 mL de água purificados por meio de filtro Millipore 0,2 µm) e montados permanentemente em meio Permalt, para visualização da amostra. Os cortes ultrafinos foram coletados em grades de ouro (*golden slot grids*), secos em raques de alumínio e cobertos com Formvar “película protetora de plástico” (ROWLEY; MORAN, 1975).

As secções foram pós-contrastadas em acetato de uranila, seguido por acetato de chumbo por 3 minutos cada e examinados em microscópio eletrônico de transmissão Zeiss, modelo EM 902 a 80 Kv.

As variáveis observadas nas análises foram as posições de estruturas internas, número de grãos de amido, número e comprimento dos cloroplastos, em células do parênquima paliçádico, em 4 cortes.

2.3 Extração, purificação e análises químicas do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, durante 90 minutos, a partir de amostras individuais de 70g e 40g de matéria seca das folhas e dos caules, respectivamente, em 1,5L de água destilada. Posteriormente, realizou-se a partição líquido-líquido com diclorometano (3 x 10mL). À fração orgânica reunida adicionou-se 2g de sulfato de magnésio anidro. A solução foi filtrada e o solvente orgânico evaporado a temperatura ambiente sob capela de exaustão de gases. O óleo essencial foi armazenado em frascos de vidro âmbar, mensurados suas massas e, armazenados em geladeira a ± 4 °C, até as análises. Os parâmetros utilizados na quantificação do óleo essencial foram o teor e o rendimento na biomassa seca das folhas (BSF) e do caule (BSC). O cálculo do teor de óleo foi obtido diretamente como porcentagem ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ BSF) e o rendimento de óleo calculado através da seguinte equação: (Teor x BSF), cuja unidade do rendimento foi expressa em g planta^{-1} .

Para análise do óleo essencial das folhas foram feitas cinco repetições por tratamento. Já para o óleo obtido do caule preparou-se uma amostra composta, constituída da reunião de alíquotas contidas por volumes equivalentes do óleo essencial das cinco repetições de cada tratamento.

As análises quantitativas do óleo essencial foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplado a um Detector de Ionização em Chama de hidrogênio (CG-DIC) em um sistema Agilent® 7890^a equipado com coluna DB-WAX J&W 122-7032 (30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno x 0,25 µm de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 240°C, respectivamente. A temperatura inicial de 100 °C, seguido por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 180°C, finalizando com uma rampa de temperatura de 10°C/min até 240°C. O óleo foi diluído em acetato de etila (1%, v/v) e injetado automaticamente no cromatógrafo empregando volume de injeção de 1µL, no modo *split* a uma razão de injeção 50:1. O teor dos constituintes eluídos foram expressos pela média da porcentagem de área relativa aos picos cromatográficos ± o desvio padrão das amostras analisadas.

As análises qualitativas do óleo foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada à um detector seletivo de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Agilent® 5975C, operado por ionização de impacto eletrônico a 70 eV, em modo varredura, a uma velocidade de 1,0 scan/s, com um intervalo de aquisição de massas de 40-400 m/z. As condições cromatográficas foram às mesmas empregadas nas análises quantitativas.

Os constituintes químicos foram identificados por comparação exata dos espectros de massas do banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - NIST, 2008) e de literatura (DEGUERY et al., 2006).

2.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas dos dados observados foram realizadas conforme R Development Core Team (2012). As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSAO

3.1 Análise de crescimento das plantas

Os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de plantas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados sob malhas termorrefletoras foi significativamente diferentes (tabela 2). O uso de malhas aluminizadas e sombrite, quando comparadas entre si não diferiram estatisticamente quanto à produção de matéria seca da folha (MSF) e matéria seca da raiz (MSR).

Os resultados desse trabalho comprovam que o cultivo de *P. cablin* necessita de sombreamento. Analisando em conjunto todos os parâmetros o cultivo sob malhas aluminizadas em 50% foram superiores aos outros tratamentos, sugerindo a melhor condição de cultivo para a espécie (tabela 2).

Tabela 2 Matéria seca das folhas (MSF), Matéria seca dos caules (SC), Matéria seca das raízes (MSR), Matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (R:PA) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo		CV %
		Aluminizadas	Sombrite	
MSF (g)	Pleno sol	23,67 bA	23,67 bA	20,25
	30	32,60 bB	40,97 aA	
	50	50,17 aA	43,12 aA	
	70	45,84 aA	43,16 aA	
MSC (g)	Pleno sol	12,31 bA	12,31 bA	26,55
	30	20,41 bA	27,67 aA	
	50	45,81 aA	27,34 aB	
	70	35,70 aA	37,21 aA	
MSR (g)	Pleno sol	11,85 bA	11,85 bA	19,59
	30	11,96 bB	15,37 aA	
	50	17,07 aA	14,95 aA	
	70	13,01 abA	14,24 aA	
MST (g)	Pleno sol	47,84 bA	47,84 bA	20,93
	30	64,97 bA	84,02 aA	
	50	113,04 aA	85,41 aB	
	70	94,55 aA	94,61 aA	
R:PA (g)	Pleno sol	0,33 aA	0,33 aA	15,44
	30	0,23 bA	0,22 bA	
	50	0,18 bcA	0,21 bA	
	70	0,16 cB	0,18 bcA	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As plantas cultivadas a pleno sol tanto em malha preta quanto em malhas aluminizadas investiram mais em raiz do que em parte aérea [Relação raiz parte aérea (RRPA)], quando comparada sob o cultivo com malhas (Tabela 2), alocando maior quantidade de fotoassimilados para esses tecidos. Essa alocação ocorreu em função da intensidade luminosa. Onde a planta investe em fotoassimilados nas raízes como estratégia adaptativa para aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes. Esse mesmo comportamento foi observado em outras espécies em condições experimentais semelhantes às das

plantas de patchouli (MARTINS et al., 2008; MELO; ALVARENGA, 2009; OLIVEIRA et al., 2009).

A matéria seca do caule (MSC) e a matéria seca total (MST) apresentaram resultados semelhantes, onde as plantas cultivadas sob malhas aluminizadas apresentaram os melhores resultados à 50 e 70% de sombreamento e as plantas cultivadas sob sombrite apresentaram um resultado inferior apenas para as plantas cultivadas a pleno sol (tabela 2). Esses resultados podem estar relacionados ao fato de que plantas de patchouli se desenvolvem muito bem quando cultivadas em consórcio com plantas que lhe forneça sombreamento (MUNI-RAN, 1999).

Em relação às variáveis fisiológicas, observou-se o efeito das malhas sobre a área foliar (AF) (tabela 3), onde sob menor irradiância houve um aumento na área foliar para maior captura da energia solar. Isso pode ser confirmado ao observar a razão de área foliar (RAF), onde seu aumento consiste na adaptação da planta a baixa luminosidade. Sabe-se que plantas submetidas a baixos níveis de irradiância expandem suas folhas para aumentar a captação de energia luminosa e permitir maior eficiência fotossintética, e conseqüentemente maior fixação de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A área foliar específica (AFE) indica a espessura da folha e estima a proporção assimilatória e os tecidos de sustentação e condução da folha, evidenciando que a intensidade luminosa altera significativamente a área das folhas responsável pela fotossíntese.

A razão de peso foliar (RPF) representa a eficiência produtiva da planta, considerando que as folhas são responsáveis pela produção de biomassa e as demais partes da planta dependem dessa exportação (BENINCASA, 2003).

Tabela 3 Área foliar (AF) (cm²), razão de área foliar (RAF) (cm²/g), razão de peso foliar (RPF) (g/g) e área foliar específica (AFE) (cm²/g) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento UFLA, Lavras, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo		CV %
		Aluminizadas	Sombrite	
ÁREA FOLIAR	Pleno sol	17,23 bA	17,23 cA	22,36
	30	28,36 bA	37,35 bA	
	50	49,33 aA	35,52 bB	
	70	57,39 aA	57,05 aA	
RAF	Pleno sol	0,36 bA	0,36 bA	29,16
	30	0,43 bA	0,44 bA	
	50	0,44 bA	0,42 bA	
	70	0,61 aA	0,60 aA	
AFE	Pleno sol	0,73 bA	0,73 bA	29,24
	30	0,87 bA	0,91 bA	
	50	0,98 bA	0,82 bA	
	70	1,25 aA	1,32 aA	
RPF	Pleno sol	0,49 aA	0,49 aA	4,39
	30	0,50 aA	0,48 abA	
	50	0,44 bB	0,50 aA	
	70	0,48 aA	0,45 bB	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.2 Anatomia foliar

Observações anatômicas por meio de microscopia de varredura mostraram na secção transversal que o limbo de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. apresentou epiderme abaxial e adaxial espessas em 0% de sombreamento. O aumento da espessura dos tecidos foliares a altas irradiâncias pode ser uma forma de diminuir ou prevenir danos causados pela luz excessiva no aparato fotossintético, fazendo com que a fotossíntese seja mantida (MATOS et al., 2009). Epiderme e cutícula (tabela 4) mais espessas podem aumentar a reflectância das folhas e melhorar a eficiência na interceptação de luz (CHAZDON; KAUFMANN, 1993).

Tabela 4 Espessura da epiderme na face adaxial (EAD), Espessura da epiderme na face abaxial (EAB), Espessura da cutícula (CUT), Espessura do Parênquima paliçádico (PP), Espessura do parênquima esponjoso (PE) e Espessura do limbo foliar (LF). Características dos tecidos foliares em secção transversal de *Pogostemon cablin* Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas sombrite e aluminizadas (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo		CV %
		Aluminizadas	Sombrite	
EAD (μm)	Pleno sol	23,47 aA	23,47 aA	7,83
	30	15,67 bB	22,92 aA	
	50	10,38 cB	17,38 bA	
	70	25,85 aA	22,70 aA	
EAB (μm)	Pleno sol	16,40 bA	16,40 aA	0,57
	30	14,67 cB	16,23 bA	
	50	11,99 dA	13,92 dA	
	70	16,70 aA	16,05 cA	
CUT (μm)	Pleno sol	6,55 aA	6,55 aA	7,25
	30	1,55 dB	2,36 cA	
	50	2,91 bA	2,35 cB	
	70	2,35 cB	3,00 bA	
PP (μm)	Pleno sol	51,72 aA	51,72 aA	3,64
	30	41,67 cB	52,39 aA	
	50	47,62 bB	52,31 aA	
	70	44,62 bcB	51,25 aA	
PE (μm)	Pleno sol	169,12 aA	169,12 aA	2,49
	30	83,97 bA	94,61 bA	
	50	81,26 bA	71,21 dB	
	70	56,76 cA	79,34 cA	
LF (μm)	Pleno sol	289,98 aA	289,98 aA	1,44
	30	161,55 bA	185,80 bA	
	50	163,40 bA	157,05 cB	
	70	141,90 cA	159,25 cA	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Corroborando com os resultados de Castro et al. (2005) e Lee et al. (2000) a altura das células do parênquima paliçádico e o número de camadas de células no parênquima esponjoso variam de acordo com os diferentes níveis de sombreamento e quantidades de radiação incidentes. O espessamento foliar é um efeito apenas da intensidade luminosa.

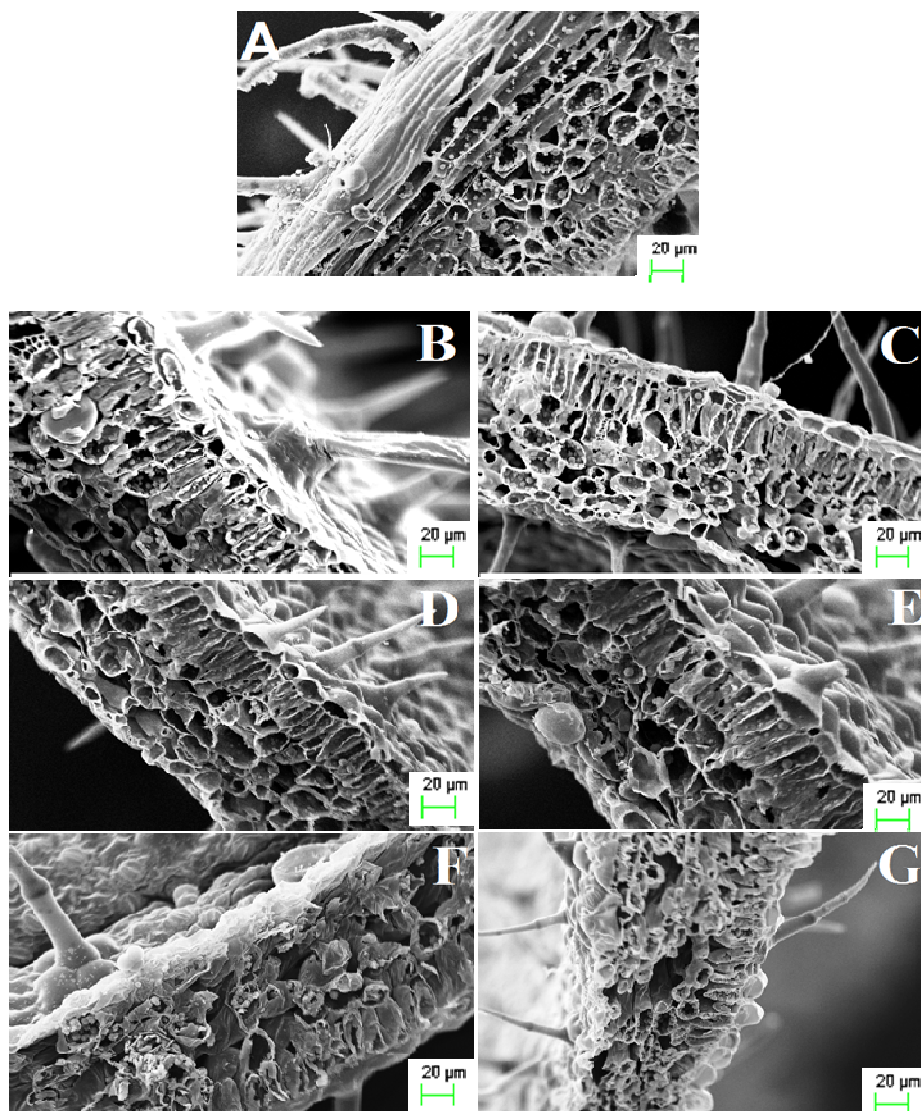


Figura 1 Fotomicrografias da secção transversal de folhas de *Pogostemon cablin* cultivadas ao pleno sol, sob malhas sombrite (S) e aluminizadas (Al) com 30%, 50% e 70% de sombreamento. A – Pleno sol; B – Al 30%; C- S 30%; D - Al 50%; E - S 50%; F - Al 70%; G - S 70%. Barra - 20 µm

As características do limbo foliar podem ser evidenciadas pelo efeito da radiação incidente, observando-se claramente que folhas submetidas a pleno sol apresentaram se mais espessas (Figura 1).

Os parênquimas paliçádico e esponjoso são tecidos que apresentam grande capacidade de respostas ao estímulo da luz, influenciando, portanto, a espessura foliar (CASTRO et al., 2005). No entanto, estas respostas variam conforme a intensidade de luz e não em relação à qualidade luminosa, visto que a qualidade espectral da luz não é capaz de afetar a contribuição das camadas de tecido no espessamento total da folha nem a composição do mesofilo (LEE et al., 2000).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), as propriedades das células paliçádicas permitem a passagem direta da luz, e as propriedades das células do parênquima esponjoso, que servem à dispersão da luz, determinando uma absorção uniforme através da folha.

As observações de microscopia eletrônica de varredura evidenciaram variações na densidade de tricomas e estômatos na epiderme adaxial e abaxial em função dos ambientes de cultivo (tabela 5). Na epiderme adaxial de plantas cultivadas a pleno sol observou-se maior densidade de estômatos; esta resposta está de acordo com Larcher (2000) que afirma que é comum o aumento da densidade estomática com o aumento da irradiância. Já na epiderme face abaxial observou maior densidade de estômatos nas plantas cultivadas sob malha aluminet 30% (tabela 5).

A presença de tricomas foi maior na face adaxial dos cultivos com maior irradiância. Este aumento de tricoma é uma maneira de proteger a folha da intensidade da radiação mantendo a folha com temperatura mais amena. Segundo Fan et al. (2013) o aumento da densidade estomática pode estar relacionado a uma plasticidade da planta que visa aumentar a condutância estomática impedindo que a fotossíntese seja limitada.

Tabela 5 Número de tricomas totais na epiderme adaxial (TAD), número de tricomas na epiderme abaxial (TAB), densidade de estômatos na epiderme adaxial (DEAD) e densidade de estômatos na epiderme abaxial (DEAB) em função dos ambientes de cultivo ao pleno sol, e sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo		CV %
		Aluminizadas	Sombrite	
TAD (μm)	Pleno sol	72 aA	72 aA	0,97
	30	44 cB	68 bA	
	50	74 aA	41 dB	
	70	51 bA	42 cB	
TAB (μm)	Pleno sol	56 cA	56 bA	0,78
	30	131 aA	82 aB	
	50	67 bA	53 cB	
	70	56 cA	24 dB	
DEAD (μm)	Pleno sol	5 aA	5 aA	11,01
	30	2 cA	2 cA	
	50	5 aA	1 cB	
	70	4 bA	3 bA	
DEAB (μm)	Pleno sol	9 dA	9 dA	2,68
	30	39 aA	25 bA	
	50	21 cB	28 aA	
	70	25 bA	17 cB	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

As observações das dimensões dos estômatos através dos diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) evidenciaram que os diferentes ambientes de cultivo influenciaram essas variáveis (tabela 6). Pode-se inferir que sob maior radiância os estômatos tendem a ser menores e mais numerosos visando maximizar a absorção de CO_2 atmosférico. Estômatos maiores em ambientes com elevada irradiância (0% de sombreamento) podem favorecer a perda de água.

Tabela 6 Variáveis estomáticas de mudas de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivadas ao pleno sol, sob malhas aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. Diâmetro polar dos estômatos (DP), Diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e DP/DE na face abaxial (Ab) e adaxial (Ad). UFLA, Lavras, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo		CV %
		Aluminizadas	Sombrite	
DP Ab (μm)	Pleno sol	25,69 bA	25,69 aA	0,67
	30	25,99 aA	20,94 cB	
	50	22,26 cB	23,29 bA	
	70	23,45 cB	25,64 aA	
DE Ab (μm)	Pleno sol	21,67 aA	21,67 aA	8,10
	30	10,07 bA	17,74 bA	
	50	16,61 bA	16,83 bA	
	70	16,16 bA	18,81 bA	
DP/DE Ab (μm)	Pleno sol	1,20 bA	1,20 bA	6,47
	30	1,43 aA	1,18 bB	
	50	1,34 aA	1,38 aA	
	70	1,45 aA	1,36 aA	
DP Ad (μm)	Pleno sol	23,24 cA	23,24 bA	0,47
	30	23,91 bB	24,88 aA	
	50	24,45 aA	23,21 bA	
	70	21,71 dA	19,03 cB	
DE Ad (μm)	Pleno sol	25,29 aA	25,29 aA	4,23
	30	19,81 bA	19,27 bA	
	50	20,80 bA	19,76 bA	
	70	15,96 cA	16,31 cA	
DP/DE Ad (μm)	Pleno sol	0,92 dA	0,92 dA	3,41
	30	1,20 bB	1,29 aA	
	50	1,17 cA	1,17 bA	
	70	1,36 aA	1,16 cB	

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Fahn (1979), os óleos essenciais constituem um grupo importante dos produtos econômicos de origem vegetal. A produção de óleos essenciais nas plantas está geralmente associado à presença de estruturas secretoras especializadas, tais como tricomas glandulares, ductos de óleo ou resinas, considerados sítios primários de acúmulo desse material.

Há vários relatos na literatura que demonstram a presença de óleo essencial nos tricomas glandulares e nos tricomas peltados, e também apresenta glândulas produtoras de óleo essencial, distribuídas por todo o mesofilo, e em maior contato com o parênquima paliçádico. A secreção do óleo essencial parece ocorrer por ductos que levam à porção adaxial da folha (BRUNI; MODENESI, 1983; DUARTE; LOPES, 2005; MAEDA; MIYAKE, 1997; MARTINS; PASTORI, 2004).

O ambiente no qual o vegetal se desenvolve, tipo de cultivo, temperatura, intensidade luminosa, umidade entre outros fatores influenciam decisivamente na composição química dos óleos essenciais. Portanto, não se pode prever ou estabelecer um padrão, pois espécie se comporta de diferentes maneiras em relação a esses fatores ambientais (SIMÕES; SPITZER, 2004).

3.3 Teor, rendimento e composição química do óleo essencial

Ocorreu diferenças significativas entre os tratamentos, plantas cultivadas com sombreamento obtiveram maior teor de óleo essencial. As folhas de *P. cablin* cultivadas sob malha aluminizada com 50% de sombreamento obtiveram um teor (1,16%) e rendimento (0,54g planta⁻¹). Os demais tratamento apresentaram diferenças estatísticas significativas, sendo o cultivo ao pleno sol o que apresentou menor teor (0,78%) e rendimento (0,17g planta⁻¹) (Tabela 7). As diferenças observadas no rendimento do óleo essencial podem estar relacionadas a diversos fatores, entre eles pode se destacar a colheita, secagem, processamento, método de extração (CHAVES et al., 2011; DONELIAN et al., 2009; EPAGRI, 2004; JOY et al., 2001; MASETTO et al., 2007).

Tabela 7 Teor e rendimento de óleo essencial de folhas e caules de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados ao pleno sol, sob malhas Aluminizadas e sombrite (30%, 50% e 70%) de sombreamento. UFPA, Lavras, MG, 2014

Variáveis	Intensidade %	Tipo	
		Aluminet	Sombrite
Teor Folhas %	Pleno sol	0,78 cA	0,78 bA
	30	0,65 dB	0,87 aA
	50	1,16 aA	0,91 aB
	70	0,92 bA	0,91 aA
Rendimento Folhas	Pleno sol	0,17 dA	0,17 cA
	30	0,24 cB	0,32 bA
	50	0,54 aA	0,43 aB
	70	0,41 bA	0,40 aA
Teor Caules %	Pleno sol	0,06 cA	0,06 cA
	30	0,10 bA	0,11 bA
	50	0,16 aA	0,12 aB
	70	0,10 bA	0,10 bA
Rendimento Caules	Pleno sol	0,01 dA	0,01 cA
	30	0,02 cB	0,03 bA
	50	0,08 aA	0,04 aB
	70	0,04 bA	0,04 aA

[†]Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O teor e o rendimento do óleo essencial nos caules foram maiores sob malhas aluminizadas e sombrite a 50% de sombreamento, mostrando a interferência do ambiente de cultivo. O ambiente no qual o vegetal se desenvolve, tipo de cultivo, temperatura, intensidade luminosa, umidade entre outros fatores influenciam na composição química dos óleos essenciais. Portanto, não se pode prever ou estabelecer um padrão, pois cada um se comporta de diferentes maneiras em relação a esses fatores ambientais (SIMÕES; SPITZER, 2004).

Corroborando com Yahya e Yunus (2013), a composição química do óleo essencial das folhas de *P. cablin* cultivados nos diferentes ambientes avaliados constitui-se na sua totalidade por sesquiterpenos, com exceção do

álcool 1-octen-3-ol que estava presente nas concentrações de 0,45% a 0,61% (Tabela 8).

Tabela 8 Composição química do óleo essencial de folhas de *P. cablin* (Blanco) Benth. cultivados ao pleno sol e sob malhas aluminizadas e sombrite. UFLA, Lavras, MG, 2014

Constituintes	TR	TRATAMENTOS						
		Área (%) ± DP						
		Pleno sol	Al ₃₀	S ₃₀	Al ₅₀	S ₅₀	Al ₇₀	S ₇₀
1-octen 3-ol	6,24	0,61 ± 0,06	0,42 ± 0,19	0,33 ± 0,18	0,29 ± 0,08	0,33 ± 0,00	0,23 ± 0,08	0,19 ± 0,01
β-patchouleno	7,34	0,80 ± 0,05	1,14 ± 0,12	0,98 ± 0,12	0,87 ± 0,14	0,77 ± 0,07	1,03 ± 0,04	1,21 ± 0,17
cicloseicheleno	9,12	0,32 ± 0,02	0,33 ± 0,03	0,29 ± 0,05	0,26 ± 0,04	0,24 ± 0,02	0,31 ± 0,01	0,34 ± 0,05
α-guaieno	9,56	4,57 ± 0,32	6,93 ± 0,54	6,27 ± 0,59	5,98 ± 0,93	5,69 ± 0,44	7,35 ± 0,36	8,31 ± 1,07
β-cariofileno	9,80	1,48 ± 0,06	2,02 ± 0,19	1,79 ± 0,21	1,74 ± 0,25	1,58 ± 0,19	2,08 ± 0,08	2,31 ± 0,36
α-patchouleno	10,85	2,11 ± 0,09	2,38 ± 0,16	2,15 ± 0,29	2,06 ± 0,28	1,86 ± 0,14	2,32 ± 0,09	2,57 ± 0,38
panasinsen	10,99	4,61 ± 0,22	5,04 ± 0,38	4,57 ± 0,67	4,34 ± 0,58	3,80 ± 0,28	4,85 ± 0,15	5,32 ± 0,86
γ-patchouleno	11,40	0,52 ± 0,03	0,55 ± 0,04	0,49 ± 0,08	0,47 ± 0,06	0,42 ± 0,03	0,53 ± 0,02	0,57 ± 0,09
α-humuleno	11,62	0,46 ± 0,02	0,62 ± 0,05	0,57 ± 0,05	0,55 ± 0,07	0,51 ± 0,04	0,64 ± 0,02	0,71 ± 0,10
β-chamigreno	11,81	nd	0,33 ± 0,06	nd	0,26 ± 0,04	0,23 ± 0,06	0,32 ± 0,03	0,37 ± 0,06
acifileno	12,46	0,62 ± 0,08	1,14 ± 0,10	1,04 ± 0,11	1,07 ± 0,16	1,03 ± 0,07	1,31 ± 0,06	1,49 ± 0,17
β-gurjuneno	12,63	nd	0,46 ± 0,04	0,47 ± 0,01	0,36 ± 0,05	0,39 ± 0,03	0,43 ± 0,02	0,48 ± 0,06
α-bulneseno	12,84	5,18 ± 0,16	8,21 ± 0,91	7,35 ± 0,74	6,76 ± 1,04	6,79 ± 0,51	8,38 ± 0,37	9,53 ± 1,00
germacreno A	14,14	0,16 ± 0,12	0,40 ± 0,03	nd	nd	nd	0,36 ± 0,02	0,40 ± 0,03
óxido de cariofileno	20,64	1,20 ± 0,12	0,67 ± 0,09	0,77 ± 0,16	0,58 ± 0,09	0,48 ± 0,06	0,42 ± 0,05	0,33 ± 0,01
norpatchoulenol	24,44	1,40 ± 0,13	1,09 ± 0,08	0,99 ± 0,10	1,27 ± 0,06	1,05 ± 0,02	1,13 ± 0,08	1,32 ± 0,21
β-atlantol	24,58	0,71 ± 0,03	0,51 ± 0,06	0,67 ± 0,10	0,46 ± 0,06	0,47 ± 0,02	0,35 ± 0,04	0,26 ± 0,04
diidrocariofilen-4-α-ol	25,56	0,33 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,31 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,33 ± 0,05	0,29 ± 0,00	0,27 ± 0,01
não identificado (m/z=218)	25,69	1,07 ± 0,02	0,93 ± 0,05	1,00 ± 0,06	0,99 ± 0,07	1,03 ± 0,05	0,91 ± 0,02	0,86 ± 0,06
patchoulol	26,42	66,31 ± 0,90	60,15 ± 2,68	64,10 ± 3,13	65,34 ± 0,07	66,14 ± 1,25	61,27 ± 1,09	58,16 ± 3,40
seicheleno	27,14	0,66 ± 0,01	0,70 ± 0,13	0,64 ± 0,04	0,67 ± 0,04	0,69 ± 0,03	0,62 ± 0,01	0,59 ± 0,05
pogostol	27,28	4,48 ± 0,13	3,97 ± 0,17	4,24 ± 0,35	4,33 ± 0,33	4,52 ± 0,13	3,90 ± 0,07	3,64 ± 0,25
guaia-3,9-diene	28,56	0,31 ± 0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd
não identificado (m/z=220)	29,17	0,33 ± 0,03	0,29 ± 0,04	0,29 ± 0,05	0,36 ± 0,04	0,24 ± 0,01	0,31 ± 0,02	nd
Total identificado (%)		96,84	97,36	98,02	97,96	97,32	98,12	98,37
Número de constituintes		22	23	21	22	22	22,3	22

DP: Desvio Padrão (n=5). TR: Tempo de retenção na ordem de eluição em coluna DB-Wax.

A composição química do óleo essencial de patchouli já é bem descrita na literatura e é caracterizado por um grande número de sesquiterpenos como: α , β e λ -patchoulenos, α -guaieno, seicheleno, α -bulneseno, norpatchoulol, α -humuleno, pogostol, cariofileno (DEGUERY et al., 2006; DONELIAN et al., 2009; PAUL et al., 2010). Todos esses constituintes também foram identificados nos óleos do presente estudo com pouca ou nenhuma diferença entre os seus teores.

Na integralidade, 21 constituintes químicos foram identificados positivamente, totalizando mais de 96% dos constituintes totais dos óleos essenciais analisados. Dos 21 constituintes, apenas 5 constituirá cerca de 84% da composição química total, caracterizados por α -guaieno, panasinsen, α -bulneseno, patchoulol e pogostol. Dentre esses, o patchoulol é o majoritário com teores de 58,16% a 66,31%.

O teor de patchoulol determinado no presente estudo foi de 3 a 4 vezes maior que o relatado por Milchard (2004) em óleos essenciais provenientes da China (15% a 24%) e cerca de 2 vezes superior aos teores quantificados em óleos essenciais oriundos da Indonésia (30% a 33%). No entanto, se aproxima da faixa de concentração do patchoulol (50% a 64%) em óleo essencial de folhas de patchouli cultivados no Brasil, no estado de Sergipe (SANTANA et al., 2010).

Embora não tenha sido observado diferenças qualitativas e quantitativas marcantes na composição química do óleo essencial das folhas de *P. cablin* cultivadas ao pleno sol e sob malhas aluminizadas e sombrite, os teores de patchoulol foram ligeiramente superiores no óleo das plantas cultivadas ao pleno sol (66,31%) e sob malha sombrite com 30% de sombreamento (66,14%). Estes ambientes parecem ter estimulado a atividade da patchoulol sintase que, conforme Deguery et al. (2006) é a enzima responsável pela síntese do patchoulol a partir do germacreno A. Devido essa conversão biossintética, os teores de germacreno A apresentaram uma ligeira queda no cultivo ao pleno sol

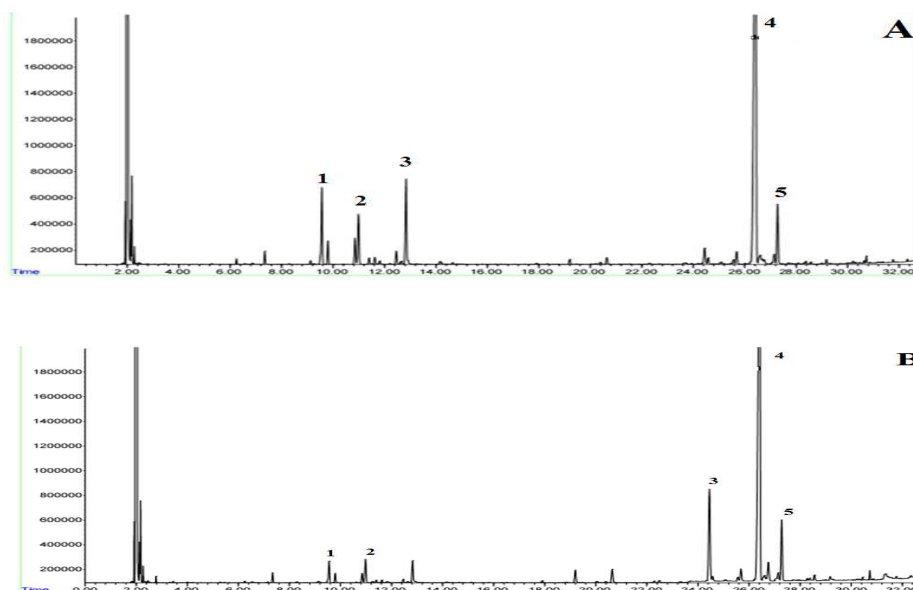
(0,16) e ausência na malha sombrite com 30% e 50% de sombreamento e na malha aluminizada com 50% se sombreamento quando comparado aos seus teores nas malhas aluminizada 70% de sombreamento (0,36%), aluminizadas 30% de sombreamento e sombrite 70% de sombreamento (0,40% em ambas).

Tanto a síntese do patchoulol quanto do pogostol ocorrem em presença de água, entretanto, na ausência de água os mesmos intermediários que dão origem a esses compostos originam o seicheleno e o α -guaieno, α -bulneseno e guaia-3,9-dieno respectivamente. Nestas reações, ocorre desprotonização e a molécula de água não é utilizada como substrato, sabendo-se que a síntese destes não é dependente da quebra de uma molécula de água, sugere-se que a concentração destes constituintes no óleo essencial é diretamente dependente do balanço dos constituintes patchoulol e pogostol, tendo em vista a presença de precursores comuns. A biossíntese de patchoulol e seicheleno possui o mesmo precursor comum. Entretanto, na síntese de pogostol, α -guaieno e α -bulneseno o precursor comum é o guaianil cátion (STORCK, 2008).

Já o α -patchouleno apresentou uma discreta diminuição nas folhas de patchouli cultivadas sob malha sombrite 50% de sombreamento (1,86%) em comparação com os demais tratamentos (2,06% a 2,57%). O patchoulol e α -patchouleno são os constituintes de maior interesse comercial das indústrias de perfume (SONWA, 2000). Embora o α -patchouleno seja encontrado em pequenas quantidades, é um constituinte importante do óleo essencial de patchouli, pois junto com o patchoulol determina o aroma do óleo (DONELIAN et al., 2009). Também acredita-se que a atividade antifúngica do óleo essencial esteja intimamente relacionada com esses dois compostos. Assim, quanto maior a concentração destes dois compostos no óleo essencial, melhor a qualidade e maior o valor comercial do óleo (DONELIAN et al., 2009).

O óleo essencial de caule de patchouli apresentou uma composição química menos complexa que o das folhas, como pode ser observado pelos

perfis cromatográficos na figura 2. Além das diferenças qualitativas, pôde-se observar também expressivas diferenças quantitativas. No óleo do caule os constituintes de maiores teores foram patchoulol (64,87% a 67,68%), norpatcholenol (8,75% a 17,84%) e pogostol (5,70% a 10,17%) (Tabela 9).



(1) α -guaieño; (2) panasinsen; (3) α -bulneseno; (4) patchoulol e (5) pogostol.

Figura 2 Perfil cromatográfico por CG/DIC de amostras de óleo essencial extraído de folhas (A) e caules (B) de *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. cultivados sob malhas aluminizadas com 50% de sombreamento

Tabela 9 Composição química do óleo essencial de caules de *P. cablin* (Blanco) Benth. cultivado ao pleno sol e sob malhas aluminizadas e sombrite. UFLA, Lavras, MG, 2014

Constituintes	TR	TRATAMENTOS						
		Pleno sol	Al ₃₀	S ₃₀	Al ₅₀	S ₅₀	Al ₇₀	S ₇₀
β-patchouleno	7,34	0,40 ± 0,03	0,57 ± 0,01	0,53 ± 0,00	0,74 ± 0,01	0,75 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,61 ± 0,01
α-guaieno	9,56	1,66 ± 0,04	2,00 ± 0,01	1,76 ± 0,01	1,89 ± 0,02	1,91 ± 0,03	1,85 ± 0,03	2,16 ± 0,01
β-cariofileno	9,80	0,62 ± 0,01	0,83 ± 0,00	0,70 ± 0,00	0,80 ± 0,01	0,87 ± 0,01	0,77 ± 0,01	1,01 ± 0,01
α-patchouleno	10,85	0,86 ± 0,02	0,80 ± 0,01	0,74 ± 0,00	0,79 ± 0,01	0,80 ± 0,01	0,79 ± 0,03	0,85 ± 0,01
panasinsen	10,99	2,10 ± 0,05	2,08 ± 0,02	2,08 ± 0,01	2,21 ± 0,02	2,17 ± 0,02	2,24 ± 0,04	2,36 ± 0,02
acifileno	12,46	nd	0,36 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,31 ± 0,00	nd	nd	0,39 ± 0,00
α-bulneseno	12,84	1,47 ± 0,04	2,26 ± 0,00	1,79 ± 0,09	1,86 ± 0,01	2,00 ± 0,02	1,65 ± 0,10	2,43 ± 0,01
não identificado (m/z=220)	19,20	1,08 ± 0,00	1,38 ± 0,00	1,54 ± 0,00	1,32 ± 0,01	1,18 ± 0,01	1,50 ± 0,02	1,25 ± 0,01
óxido de cariofileno	20,64	1,55 ± 0,00	1,52 ± 0,23	1,83 ± 0,01	1,45 ± 0,01	1,36 ± 0,01	1,65 ± 0,02	1,36 ± 0,00
norpatchoulenol	24,44	10,53 ± 0,02	9,94 ± 0,01	8,75 ± 0,22	10,21 ± 0,09	9,07 ± 0,06	9,56 ± 0,15	10,44 ± 0,13
β-atlantol	24,58	0,43 ± 0,15	0,59 ± 0,05	0,46 ± 0,10	0,38 ± 0,00	0,44 ± 0,00	0,42 ± 0,11	nd
não identificado (m/z=218)	25,69	1,29 ± 0,00	1,24 ± 0,02	1,20 ± 0,05	1,17 ± 0,00	1,22 ± 0,00	1,20 ± 0,06	1,21 ± 0,00
patchoulol	26,39	67,35 ± 0,16	64,87 ± 0,26	67,68 ± 0,08	65,88 ± 0,43	67,47 ± 0,17	67,02 ± 0,88	65,36 ± 0,08
não identificado (m/z=220)	26,75	2,07 ± 0,00	2,06 ± 0,01	1,74 ± 0,00	1,99 ± 0,03	1,85 ± 0,02	1,89 ± 0,03	2,07 ± 0,24
seicheleno	27,14	0,64 ± 0,01	0,63 ± 0,00	0,65 ± 0,01	0,61 ± 0,01	0,51 ± 0,01	0,60 ± 0,02	0,67 ± 0,01
pogostol	27,28	6,18 ± 0,02	5,83 ± 0,00	5,80 ± 0,01	5,75 ± 0,04	5,94 ± 0,04	5,70 ± 0,09	5,84 ± 0,03
espatulenol	28,38	nd	0,21 ± 0,04	0,22 ± 0,00	nd	nd	nd	nd
guaia-3,9-diene	28,56	0,49 ± 0,02	0,44 ± 0,04	0,65 ± 0,04	0,50 ± 0,01	0,38 ± 0,02	0,51 ± 0,01	0,43 ± 0,02
não identificado (m/z=220)	29,17	0,33 ± 0,00	0,28 ± 0,07	0,30 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,29 ± 0,01	nd	0,23 ± 0,01
guaia-3,9-diene	31,33	0,65 ± 0,00	0,65 ± 0,01	0,18 ± 0,11	0,84 ± 0,17	0,44 ± 0,34	0,59 ± 0,24	0,54 ± 0,16
Total identificado (%)		94,93	93,58	94,18	94,22	94,11	93,99	94,45
Número de constituintes		18	20	20	19	18	17	18

DP: Desvio Padrão (n=3). TR: Tempo de retenção na ordem de eluição em coluna DB-Wax

Vários fatores podem influenciar a composição do óleo essencial de patchouli, tais como, a qualidade do material foliar, o método de destilação, o envelhecimento das folhas secas e do óleo essencial, a idade das plantas e as práticas de cultivo. Variações químicas também ocorrem entre materiais de patchouli provenientes de diferentes regiões, como os óleos de patchouli da China e da Indonésia diferindo entre si quanto ao teor de patchoulol (SANT'ANA et al., 2010).

Na malha sombrite com 30% de sombreamento observou-se o maior teor de patchoulol no óleo do caule, enquanto o pogostol e o norpatchoulol foram maiores ao pleno sol. Na produção em escala comercial utiliza-se toda a parte aérea da planta (folha e caule).

4 CONCLUSÃO

A utilização de malhas no cultivo favoreceu o crescimento, independentemente do sombreamento. Diferentes irradiâncias afetaram a produção e constituição química do óleo essencial de *P. cablin*, sendo observado em conjunto os parâmetros avaliados recomenda-se o cultivo a 50% de sombreamento com malhas aluminet promove maior produção e qualidade de óleo essencial.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. N.; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 43, p. 241-248, 2005.

AFREEN, F.; ZOBAYED, S. M. A.; KOZAI, T. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 43, p. 1074-81, 2005.

ALVES, E. et al. Retention sites for *Xylella fastidiosa* in four sharpshooter vectors (Hemiptera: Cicadellidae) analyzed by scanning electron microscopy. **Current Microbiology**, New York, v. 56, p. 531-538, 2008.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, p. 446-475, 2008.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BRUNI, A.; MODENESI, P. Development, oil storage and dehiscence of peltate trichomes in *Thymus vulgaris* (Lamiaceae). **Nordic Journal of Botany**, Copenhagen, v. 3, p. 245-251, 1983.

CASTRO, E. M. et al. Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae), em três regiões distintas da planta, em diferentes íveis de sombreamento. **Revista Brasileira Plantas de Medicinai**s, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 8-16, 2007.

CASTRO, E. M. et al. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 846-850, jul./ set. 2005.

CASTRO, E. M. et al. Coumarin contents in young *Mikania glomerata* plants (Guaco) under different radiation levels and photoperiod. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 25, n. 3, p. 387-392, 2006.

CHAVES, F. F. M. et al. Teor e caracterização química do óleo essencial de *Pogostemon cablin* Benth. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 6., 2011, Campinas. **Resumos...** Campinas: Unicamp, 2011. p. 223.

CHAZDON, R. L.; KAUFMANN, S. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. **Functional Ecology**, Oxford, n. 7, p. 385-394, 1993.

CORRÊA, R. M. **Adubação orgânica, intensidade e qualidade de luz no crescimento de plantas, características anatômicas e composição química do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.)**. 2008. 131 p. Tese (Doutorado Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortela-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 534-540, 2012.

COSTA, L. C. B. et al. Yield and composition of the essential oil of *Ocimum selloi* Benth. cultivated under colored netting. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 22, p. 34-39, 2010.

DEGUERRY, F. et al. The diverse sesquiterpene profile of patchouli, *Pogostemon cablin*, is correlated with a limited number of sesquiterpene synthases. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 454, p. 123-136, 2006.

DIGNART, S. L. et al. Luz natural e concentrações de sacarose no cultivo in vitro de *Cattleya walkeriana*. **Ciencia Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 780-787, 2009.

DONELIAN, A. et al. Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. **Journal of Supercritical Fluids**, New York, v. 48, p. 15-20, 2009.

DUARTE, M. R.; LOPES, J. F. Morfoanatomia foliar e caulinar de *Leonurus sibiricus* L., Lamiaceae. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 24, n. 1, p. 68-74, 2005.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Normas técnicas para cultivo de capim-limão, citronela, palma-rosa e patchouli**. Florianópolis, 2004. 58 p. (Sistemas de Produção, 37).

FAHN, A. **Secretory tissue in plants**. London: Academic, 1979. p. 152-222.

FAN, X. X. et al. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 153, p. 50-55, 2013.

GUENTHER, E. **The essential oils**: volume three - individual essential oils of the plant families Rutaceae and Labiatae. Malabar: Krieger Publishing Company, 1972. 777 p.

HU, L. F. et al. GC-MS fingerprint of *Pogostemon cablin* in China. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 1-7, 2006.

JOY, P. P. et al. Aromatic plants. **Tropical Horticulture**, Calcutta, v. 2, p. 633-733, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2000. 531 p.

LEE, D. W. et al. Effects of irradiance e espectrus quality on leaf struture and function in seedlings of two southeast aian *Hopea* (Diptenocarpeceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447-455, 2000.

LEITE, C. A. et al. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of phalaenopsis. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 770, p. 177-184, 2008.

MAEDA, E.; MIYAKE, H. Leaf anatomy of patchouli (*Pogostemon pathchouli*) with reference to the disposition of mesophyll glands. **Japanese Journal of Crop Science**, Tokyo, v. 66, n. 2, p. 307-317, 1997.

MARTINS, J. R. et al. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, p. 102-107, 2008.

MARTINS, M. B. G.; PASTORI, A. P. Anatomia foliar com ênfase nos tricomas secretores e análise cromatográfica do óleo essencial de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 6, n. 2, p. 77-82, 2004.

MASETTO, M. A. M. et al. Rendimento e qualidade do óleo essencial de *Pogostemon cablin* Benth em diferentes períodos de secagem. 2007. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 4., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBOE, 2007. Disponível em: <http://www.ivsboe.padtec.ufc.br/CDSimposio/quimicaeatividadesbiologicasdosoleosessenciais/Resumo_MasettoMAM.pdf>. Acesso em: 22 maio 2014.

MATOS, F. S. et al. Plenotypic in Response to Ligth in the Coffee Tree. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, n. 2, v. 67, p. 421-427, 2009.

MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don 'Pacifica White' por malhas coloridas: Desenvolvimento vegetativo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 567-573, 2009.

MILCHARD, M. J. et al. Application of gas-liquid chromatography to the analysis of essential oils: fingerprints of 12 essential oils. **Perfumer & Flavorist**, Whaeton, v. 29, n. 5, p. 28-36, 2004.

MUNI-RAM, D. R. et al. Studies on intercropping of patchouli (*Pogostemon patchouli*) with papaya (*Carica papaya*). **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science**, New Delhi, v. 21, n. 2, p. 358-360, 1999.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. 2008. PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH mass spectral library. Gaithersburg. Software.

OLIVEIRA, M. I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, p. 56-62, 2009.

OREN-SHAMIR, O. M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v.76, p. 353-361, 2001.

PAUL, A. et al. Rapid plant regeneration, analysis of genetic fidelity and essential aromatic oil content of micropropagated plants of Patchouli, *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. – An industrially important aromatic plant. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 32, p. 366–374, 2010.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 210-204, 2007.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language environment for statistical computing. Viena: R foundation for statistical computing, 2012. 1 Software.

ROWLEY, C. R.; MORAN, D. T. A simple procedure for mounting wrinkle free section on formvar-coated slot grids. **Ultramicrotomy**, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 151-155, 1975.

SALERNO, A. R.; REBELO, A. M.; SILVA JUNIOR, A. A. Plantas aromáticas para cultivo em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 46-49, 2004.

SANGWAN, N. S. et al. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 34, n. 1, p. 3-21, 2001.

SANTANA, T. C. P. et al. Influência do armazenamento de folhas secas no óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). **Química Nova**, São Paulo, v. 33, p. 1263-1265, 2010.

SANTOS, P. S. et al. Caracterização molecular de germoplasma de patchouli (*Pogostemon* SP.) por marcadores RAPD. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 9, n. 5, p. 1-9, 2013.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004. p. 467-495.

SONWA, M. M. **Isolation and structure elucidation of essential oil constituents**: comparative study of the oils of *Cyperus alopecuroides*, *Cyperus papyrus* and *Cyperus rotundus*. 2000. 158 p. Dissertation (Master's Mbamougong) - University of Hamburg, Hamburg, 2000. Disponível em: <<http://www.chemie.uni-hamburg.de/bibliothek/2000/DissertationSonwa.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 703 p.

STORCK, R. C. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de óleo essencial de patchouli, sombreamento e aplicação de GA₃. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 1999-2006, 2013.

STORCK, R. C. **Sombreamento, ácido giberélico e extrato de alga no desenvolvimento e produção de óleos essenciais em patchouli**. 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SUGIMURA, Y. et al. Transgenic patchouli plants produced by *Agrobacterium*-mediated transformation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 82, n. 3, p. 251–257, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

YAHYA, A.; YUNUS, R. M. Influence of sample preparation and extraction time on chemical composition of steam distillation derived patchouli oil. *Procedia Engineering*, Amsterdam, v. 53, p. 1-6, 2013.

ZHAO, Z. et al. Determination of Patchoulic Alcohol in Herba Pogostemonis by GC-MS-MS. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 53, n. 7, p. 856-860, 2005.