



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS



BIANCA OLIVEIRA DE AZEVEDO

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus leucocephalus* (MART. EX
BENTH.) J. F. B. PASTORE EM CONDIÇÕES DE FEIRA DE
SANTANA, BAHIA, BRASIL.

FEIRA DE SANTANA – BA

2014

BIANCA OLIVEIRA DE AZEVEDO

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus leucocephalus* (MART. EX
BENTH.) J. F. B. PASTORE EM CONDIÇÕES DE FEIRA DE
SANTANA, BAHIA, BRASIL.**

FEIRA DE SANTANA

2014

BIANCA OLIVEIRA DE AZEVEDO

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus leucocephalus* (MART. EX
BENTH.) J. F. B. PASTORE EM CONDIÇÕES DE FEIRA DE
SANTANA, BAHIA, BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Lenaldo Muniz de Oliveira
Co-orientadora: Prof^a Dra. Angélica Maria Lucchese

FEIRA DE SANTANA – BA

2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osmar Alves Lameira
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Amazônia Oriental)

Prof. Dr. Martins Dias de Cerqueira
(Universidade Federal da Bahia – UFBA)

Prof. Dr. Lenaldo Muniz de Oliveira
(Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS)
Orientador e Presidente da Banca

*Aos que sonham junto comigo,
minha mãe Dulcinéa,
Amanda e Matheus,
dedico.*

Através da doçura da fotossíntese é que se tornam nossos a comida, a bebida, os inebriantes, as drogas e os remédios que mantêm o homem vivo e radiantemente saudável, quando usados com acerto.

(Peter Tompkins e Christopher Bird)

AGRADECIMENTOS

A Deus que se encarrega de abrir as portas que bato.

A minha mãe Dulcinéa que me ensinou a não desistir dos meus sonhos. Você superou suas dificuldades e sempre foi meu exemplo de determinação. Obrigada por me dar muito amor sempre e pelas orações, isso foi essencial.

A minha irmã Amanda por ter tanto orgulho de mim e me achar à pessoa mais inteligente que conhece (quem me dera). Tenho muito orgulho de você também, minha futura advogada.

Ao Matheus por tudo. Por ser possível estar aqui hoje. Por ser minha âncora nesses últimos anos e me ensinar tanta coisa da vida, por me ajudar neste trabalho desde a implantação até o final, por me dar tanto amor e carinho fazendo com que os momentos difíceis passassem despercebidos.

Aos meus sogros Hélio e Edilene pelo carinho e conselhos, vocês também são responsáveis pela concretização desse trabalho.

A minha família que de última hora percebi que existe muito amor entre nós. Aos amigos de Juiz de Fora – MG que mesmo de longe estiveram presente nessa etapa, sempre me dando muito carinho.

Aos amigos da Botânica, são tantos que não citarei um por um, mas em especial Gabriela, vocês me deram muito carinho sempre.

A Livia, Shirley, Ana e Fernando pela nossa amizade, juntos formamos a família de Feira de Santana – BA.

Aos amigos do curso, em especial Anderson, Melina, Maryana, Daniel, Simone, Ariana, Amanda e Maria, pela ajuda no trabalho, pelos ensinamentos, pelos conselhos e carinho que sempre tiveram comigo.

Aos colegas do LAEX que me ensinaram muito.

Aos professores Hugo, Adriana e seu esposo José, Marilza, Claudinéia, Raniere e Ledo por tirarem minhas dúvidas e por ajudarem quando precisei.

Ao meu orientador Lenaldo por me receber de portas abertas e por ensinar tudo que ainda não sabia na Pesquisa. Obrigada pela confiança.

Aos funcionários do Horto pelo auxílio e manutenção do experimento e pelo carinho dos demais. A secretaria (Alberto) por ajudar a resolver as burocracias.

A CAPES pela bolsa de mestrado, a FAPESB pelo financiamento do projeto.

A UEFS pela infra-estrutura e financiamento disponibilizado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL	1
1. Plantas medicinais	1
2. A família Lamiaceae e a espécie <i>Martianthus leucocephalus</i> (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore	3
3. Metabolismo secundário de plantas e os óleos essenciais	6
4. Fatores que influenciam a produção de óleos essenciais	9
Referências	13
CAPÍTULO 1- Crescimento e produção de óleo essencial de <i>Martianthus leucocephalus</i> (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil	18
Introdução	21
Material e Métodos	22
Resultados e Discussão	26
Conclusões	36
Referências	36
CAPÍTULO 2 - Variação sazonal do teor e composição química do óleo essencial de <i>Martianthus leucocephalus</i> (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada em condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.	40
Introdução	43
Material e Métodos	45
Resultados e Discussão	49
Conclusões	58

Referências

58

CONSIDERAÇÕES FINAIS

61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Valores mínimos, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade para as variáveis massa seca total (MST g), massa seca folha (MSF g), massa seca flor (MSFI g), massa seca caule (MSC g), área foliar total (AFT cm²) e teor de óleo essencial (TO %) de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore.....28

Tabela 2. Valores mínimos, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade para as variáveis temperatura (TEMP °C), umidade (UMID %), precipitação de chuva (PRECIP mm), radiância (RAD KJ/m²) e fotoperíodo (FOTO h/d).....28

Tabela 3 – Variação mensal da massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), flores (MSFI), caule (MSC), área foliar total (AFT) e teor de óleo essencial (TO) de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....30

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Spearman entre as variáveis climáticas e incremento da massa seca de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore no período de um ano para as condições de Feira de Santana – BA, Brasil.....32

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Variação mensal do teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore e dados meteorológicos obtidos nos meses de estudo, nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....51

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Spearman entre teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore com as variáveis climáticas de Feira de Santana - BA.....52

Tabela 3. Componentes químicos identificados e seus respectivos índices de Kovats calculados (IKC), índices de Kovats da literatura (IKL), amplitudes e médias de suas concentrações dos óleos essenciais de *Martianthus Leucocephalus* (Mart. ex Benth) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....53

Tabela 4. Variação mensal da concentração dos seis principais componentes do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....55

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre os compostos majoritários do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex. Benth.) J.F.B. Pastore e as variáveis climáticas de temperatura (TEMP), umidade relativa do ar (UMID), precipitação de chuva (PREC), irradiância solar (RAD) e fotoperíodo (FOTO) nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....57

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. (A) *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada em canteiros; (B e C) inflorescências lilás quando maduras e (D) brancas quando imaturas; (E e F) Tricoma glandular na superfícies da folha de *M. leucocephalus* (ALMEIDA, 2013). Feira de Santana – BA.....5

Figura 2. Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em plantas (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).....10

CAPÍTULO 1

Figura 1. (A) Estacas de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore propagadas em placas de polipropileno; (B) Plantas de *M. leucocephalus* cultivada em canteiro a pleno sol; (C) 1m² da parte aérea da planta sendo retirada para análises; (D) Folha, flor e caule separados para quantificação da massa fresca e seca; (E) Destilador do tipo Clevenger; (F) Óleo essencial obtido após 3 horas de destilação; (G) Separação da água residual do óleo essencial; (H) Óleo essencial obtido no final da extração.....26

Figura 2. Variáveis climáticas analisadas no período de um ano para as condições de Feira de Santana – BA, Brasil e incremento da massa seca total (MST) de *M. leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore no período estudado.....33

Figura 3. Correlação entre teor de óleo essencial de *M.leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore e irradiância solar durante período de estudo em Feira de Santana – BA.....35

Figura 4. Correlação entre precipitação e umidade média e o teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada em condições de Feira de Santana-BA.....36

CAPÍTULO 2

Figura 1. (A) Estacas de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivadas em placas de polipropileno; (B) Plantas de *M. leucocephalus* cultivada em canteiro a pleno sol; (C) 1m² da parte aérea da planta sendo retirada para análises; (D) Folha, flor e caule utilizados nas análises; (E) Destilador do tipo Clevenger; (F) Óleo essencial obtido após 3 horas de destilação; (G) Cromatógrafo a gás (CG) (TELES, 2013); (H) Cromatógrafo acoplado ao Espectrometro de Massa (CG-EM) (TELES, 2013).....49

Figura 2. Correlação dos compostos majoritários formiato de isobornila e E-cariofileno do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex. Benth.) J.F.B. Pastore com as variáveis climáticas nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.....58

RESUMO

A família Lamiaceae possui notável importância devido às suas ervas aromáticas com potencial farmacêutico. Espécies endêmicas do semiárido do Brasil, como *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B.Pastore produzem óleo essencial com elevado potencial fitoquímico e econômico, com atividade antimicrobiana e antifúngica comprovada. A espécie ainda não é cultivada comercialmente, entretanto, sabe-se que a produção de óleos essenciais sofre grande influência de fatores bióticos e abióticos, o que dificulta a exploração desses compostos. Visando avaliar a influência climática na produção do óleo essencial de *M. leucocephalus* e, com isso, identificar a melhor época de plantio e colheita da espécie para a produção de compostos bioativos, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do clima, ao longo de diferentes meses do ano, em condições edafoclimáticas de Feira de Santana-BA, sobre o crescimento, produção e composição do óleo essencial dessa espécie. O experimento foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana. Foi quantificado mensalmente o crescimento, através dos parâmetros área foliar, massa fresca e seca de folhas, ramos e inflorescências. Em cada período foi avaliado o teor e composição química dos óleos essenciais através da combinação de técnicas de Cromatografia Gasosa (CG), para quantificação dos constituintes e Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM) para identificação dos mesmos. Os dados climáticos foram obtidos através do INMET. Os dados obtidos foram analisados através da ANAVA, realizando-se a correlação de Spearman entre as variáveis e teste de Scott-Knott para comparação das médias. A massa seca total (MST) e o teor de óleo essencial (TO) foram maiores nos meses com elevada intensidade solar e menor nos meses com muita precipitação. Os constituintes variaram consideravelmente em função dos fatores climáticos, com maior concentração do composto majoritário nos meses mais úmidos com baixa irradiância solar.

Palavras-chave: Plantas medicinais e aromáticas; Cultivo; Metabolismo secundário; Lamiaceae; Sazonalidade; Semiárido, *Hyptis leucocephala*.

ABSTRACT

Lamiaceae is a family of flowering plants of great importance due to its aromatic herbs with pharmaceutical properties. Endemic species from the semiarid region of Brazil, as *Martianthus leucocapalus* (Mart. Ex Benth.) J. F. B. Pastore, produce essential oils of great phytochemical and economic potential, due to its proven antimicrobial and antifungal activities. This species is not yet commercially cropped, but it is already known that biotic and abiotic factors play an important role on the production of essential oils, making it difficult to to explore these compounds. In this sense, we aimed to evaluate the effect of climate in different months of the year in edaphoclimatic conditions of Feira de Santana, BA, on the growth, production and composition of essential oil from *M. leucocapalus*. Experiments were performed on Horto Florestal Experimental Unit from Universidade Estadual de Feira de Santana. We monthly quantified growth, by foliar area parameters, using fresh and dried leaves, branches and inflorescences. In each period we evaluated content and chemical composition of essential oils under a combination of Gas Chromatography techniques (CG), in order to quantify constituents and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (CG/EM) to identify these constituents. Climatic data were obtained over INMET. Obtained data were analyzed under SAS, using Spearman correlation among variables and descriptive statistics. A mean test was performed on SISVAR for comparison. Total dried mass (MST) and essential oil content (TO) were higher on months of great solar intensity and lower on months with abundant precipitation. Constituents varied considerably due to climatic factors, with major concentration of the majoritary compound on more humid months with a low solar irradiance.

Keywords: Medicinal and aromatic plants; Secondary Metabolism; Lamiaceae; Sazonality; Semiarid; *Hyptis leucocephala*.

INTRODUÇÃO GERAL

1. Plantas medicinais

O uso terapêutico de plantas medicinais é registrado desde a antiguidade pelas civilizações da China, Índia, Egito e Grécia. No Brasil, os primeiros naturalistas quando descreveram a flora do país, chamaram a atenção para a diversidade vegetal das matas brasileiras com grande número de plantas com poder curativo utilizadas pela população. O conhecimento da manipulação dessas plantas baseava-se na experiência dos habitantes locais que foram transmitindo esses ensinamentos até os dias de hoje. Desde então, essas plantas vem sendo classificadas, descritas taxonomicamente e muitas delas já tiveram seus componentes químicos identificados e sua ação farmacológica comprovada (ALVES, 2013).

Planta medicinal pode ser definida como vegetais que possuem atividade biológica com um ou mais princípios ativos úteis a saúde, sendo que esses princípios são provenientes do metabolismo secundário das plantas. Segundo Fuzér e Souza (2003), a utilização de plantas medicinais para produção de medicamentos apresenta melhor relação custo/benefício quando comparada aos produtos sintéticos, pois sua ação biológica é eficaz, com baixa toxicidade e efeitos colaterais, além de apresentar um custo de produção inferior e, conseqüentemente, um preço de venda menor. No entanto, esse custo pode ser elevado devido à pequena quantidade e a falta de uniformidade da produção de metabólitos pelas plantas.

Nos últimos anos houve um crescente aumento na utilização de remédios naturais ou fitoterápicos, aumentando a necessidade em buscar o conhecimento das propriedades curativas de diversas plantas medicinais (VASCONCELLOS et al., 2002). De acordo com a OMS (Organização Mundial de Saúde), 80% da população mundial utiliza a medicina tradicional para cuidados com a saúde (BRASIL, 2006) e cerca de 25% dos medicamentos utilizados são de origem vegetal, isolados ou produzidos por semi-síntese (CALIXTO, 2000). Em 2011 o mercado mundial de medicamentos (sintéticos e naturais) alcançou o valor de 800 bilhões de dólares, enquanto que para fitoterápicos atingiu 26 bilhões, porém, o Brasil, considerado megabiodiverso, movimentou apenas 1,1 bilhão,

representando um aumento de 13% em relação ao ano anterior, o que é visto como um baixo movimento se comparado com suas potencialidades (ALVES, 2013).

Políticas Públicas voltadas às plantas medicinais brasileiras tem contribuído para o incremento do uso de plantas medicinais e, com isso, incentivado o cultivo por agricultores familiares, inserindo-os na cadeia produtiva desse mercado lucrativo. Em fevereiro de 2009 o Ministério da Saúde divulgou a Relação Nacional de Plantas Mediciniais de Interesse ao SUS (Renuis), onde constam 71 espécies de plantas medicinais com potencial fitoterápico, sendo que foram priorizadas plantas nativas, que possam ser cultivadas em pelo menos uma das regiões do país e que possam atender as doenças mais comuns nos brasileiros. Dentre algumas espécies, constam a *Cynara scolymus* L. (alcachofra), *Lippia sidoides* Cham. (alecrim-pimenta) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira da praia) (BRASIL, 2009).

O Brasil possui uma flora com grande diversidade de plantas medicinais e aromáticas, sendo muitas já utilizadas pelas populações locais, porém, apenas pequena parte dessa vegetação foi estudada e comprovada sua ação medicinal (CHAVES et al., 2009). Em virtude desse fato existe ainda um grande número de moléculas novas a serem descobertas para o desenvolvimento de novos medicamentos. Alves (2013) afirma que a legislação deficiente, a falta de cooperação entre as diversas áreas do conhecimento, a dificuldade na realização de parceria entre universidade e empresa e os investimentos públicos insuficientes explicam o pequeno número de fitoterápicos desenvolvidos no Brasil.

A região do semiárido é caracterizada por apresentar condições estressantes para as plantas, como altas temperaturas e déficit de água, o que estimula a produção de compostos do metabolismo secundário, que permitem sua sobrevivência e, por isso, esta região apresenta grande riqueza de espécies com elevado potencial para a produção de metabólitos secundários (GIULIETTI, 2002). Porém, a caatinga vem sofrendo com o desmatamento, o que tem levado ao esgotamento de seus recursos naturais, necessitando de estudos de flora com potencial medicinal para desenvolver formas de cultivo, manejo e exploração sustentáveis.

A espécie *Martianthus leucocapalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B.Pastore é endêmica dessa região, sendo utilizada pelas comunidades locais para tratamento de doenças respiratórias, com elevado potencial farmacêutico. Existem estudos comprovando sua eficácia no controle de bactérias e fungos (LUCCHESI et al., 2005). Entretanto, são poucos os estudos buscando a domesticação e cultivo desta espécie, necessitando de pesquisas que contribuam para sua exploração econômica e sustentável.

2. A família Lamiaceae e a espécie *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore

A família Lamiaceae possui cerca de 240 gêneros e 7.200 espécies, representada geralmente por ervas ou arbustos comumente aromáticos, possui ampla distribuição mundial, exceto na Antártida (HARLEY et al., 2013). No Brasil ocorrem 34 gêneros e 498 espécies distribuídas por todas as regiões (HARLEY et al., 2012). Dentre elas, muitas ervas aromáticas, como a lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), erva cidreira (*Melissa officinalis* L.) e o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), além das espécies ornamentais, como a sálvia (*Salvia splendens* Sellow) e a lágrima-de-cristo (*Clerodendron thomsonae* Balf.) (LORENZI & SOUZA, 2008). A família é bem estudada do ponto de vista químico devido ao seu metabolismo secundário que apresenta grande variedade de classes de metabólitos, com grande importância econômica, sobretudo por ser fonte de óleos essenciais aromáticos e voláteis (MENEZES, 1994). Muitas espécies da família são endêmicas do semiárido brasileiro e possuem óleos essenciais de grande importância pelas suas propriedades terapêuticas.

O gênero *Martianthus* Harley & J.F.B.Pastore foi recentemente descrito e retirado do gênero *Hyptis* Jacquin através de estudos moleculares e agora possui 4 espécies, sendo 3 restritas a caatinga e 1 espécie encontrada apenas no Peru, em áreas com características ambientais semelhantes ao semiárido do Brasil (HARLEY & PASTORE, 2012). O gênero *Hyptis*, onde anteriormente estava incluído o gênero *Martianthus*, é bastante conhecido devido a presença de substâncias aromáticas em suas plantas e o Brasil é o seu centro de diversidade, com maior concentração de espécies distribuídas nos campos cerrados do Brasil Central, mais especificamente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás

(BORDIGNON, 1990). Possuem características terapêuticas importantes para a medicina popular, com relatos de uso para tratamentos de distúrbios gastrointestinal, anti-séptico para a pele, infecções dos olhos, no tratamento de reumatismo e dores musculares (FRAGOSO-SERRANO et al., 2005). Estudos recentes mostraram atividade biológica importante em 25 espécies do gênero, como antifúngica (FALCÃO & MENEZES, 2003), antibacteriana (SOUZA et al., 2003), citotóxica, antiinflamatória, anti-HIV e inseticida (OLIVEIRA et al., 2004). Diversas espécies desse gênero vêm sendo estudadas devido a essas características, contribuindo com o conhecimento, a identificação e quantificação de novos metabólitos secundários.

A espécie *Martianthus leucocephalus*, anteriormente determinada com o nome de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth., é uma erva aromática endêmica do semiárido brasileiro. É decumbente, com cerca de 20 cm de altura, apresenta folhas cartáceas, flores com cálice esverdeado e corola arroxeadas (Figura 1-A, B, C e D) (OLIVEIRA et al., 2011). É utilizada na medicina tradicional para tratamento de doenças respiratórias. Seu óleo essencial possui em média 0,2% de teor nas folhas com formiato de isobornila como composto majoritário (LUCCHESE et al., 2005).

Estudos fitoquímicos do óleo essencial de *M. leucocephalus* têm demonstrado atividade antimicrobiana frente à *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e antifúngica frente a *Candida albicans* (LUCCHESE et al., 2005) e também contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus schleiferi*, *Salmonella thypi*, *Escherichia coli*, *Burkholderia* sp., *Klebsiella pneumoniae* e os fungos fitopatogênicos: *Sclerotinium rolfis* e *Rhizoctonia solani* (SANTOS et al., 2011), demonstrando possuir amplo mecanismo de ação.

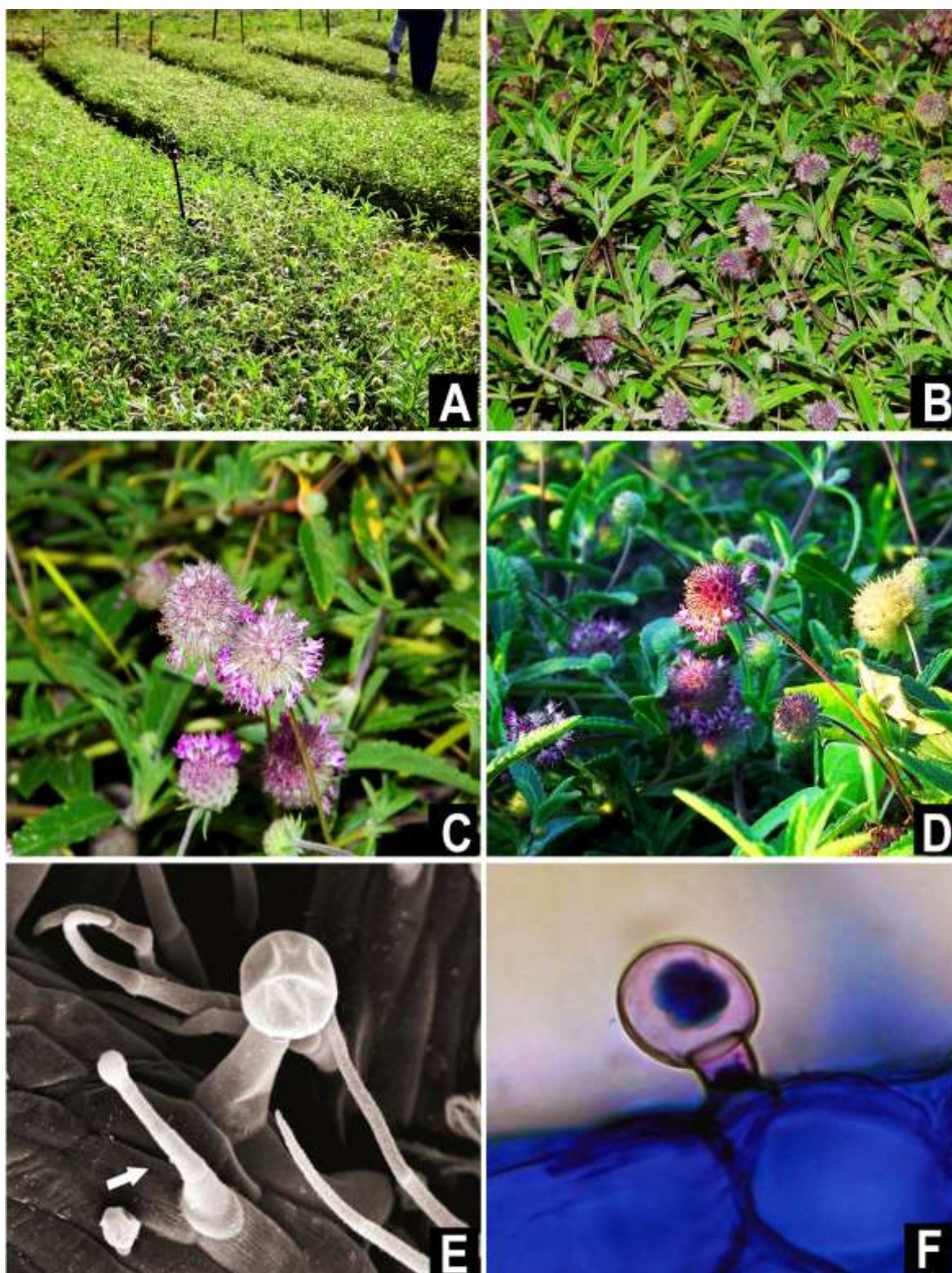


Figura 3. (A) *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada em canteiros; (B e C) inflorescências lilás quando maduras e (D) brancas quando imaturas; (E e F) Tricomas glandulares encontrado na superfícies de folhas e ramos (ALMEIDA, 2013). Feira de Santana – BA.

3. Metabolismo de plantas e os óleos essenciais

Os compostos produzidos pelas plantas são separados em metabólitos primários e secundários. O metabolismo primário produz moléculas que são encontradas em todas as células vegetais, sendo, portanto, de caráter universal e são necessários para o crescimento, desenvolvimento e manutenção das células vegetais, como por exemplo, os aminoácidos, os açúcares simples, as proteínas e os ácidos nucléicos. O metabolismo secundário, ao contrário, tem sua distribuição restrita, tanto no interior da planta quanto em diferentes espécies. Seus compostos são produzidos a partir de adaptações que as plantas sofrem ao longo da evolução em resposta a fatores bióticos e abióticos e já foram considerados como produtos de dejetos, porém, hoje se sabe que os metabólitos secundários são importantes para a adaptação das plantas que os produzem (RAVEN et al., 2007) permitindo a sobrevivência e a continuidade das mesmas.

A produção de metabólitos secundários não é uniformemente distribuída, ocorrendo em órgãos ou tecidos específicos, em determinado estágio de desenvolvimento e são estocados principalmente nos vacúolos ou parede celular. Geralmente apresentam composição química complexa. Os três grupos quimicamente distintos mais conhecidos são: alcalóides, terpenóides e compostos fenólicos (RAVEN et al., 2007)

Os terpenos formam a maior classe de metabólitos secundários, havendo mais de 22.000 compostos identificados. São em geral insolúveis em água e sintetizados a partir da acetil-CoA ou de intermediários glicolíticos. Alguns terpenos têm função no crescimento e no desenvolvimento vegetal, como por exemplo as giberelinas e ácido abscísico (hormônios vegetais), os esteróis (componentes das membranas celulares), os carotenóides (pigmentos acessórios na fotossíntese e proteção dos tecidos fotossintéticos contra a fotoxidação). Os terpenos são tóxicos para muitos insetos e mamíferos herbívoros e exercem importantes funções no reino vegetal contra herbivoria (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Os elementos estruturais básicos dos terpenos são as unidades isoprênicas e derivam da união de unidades pentacarbonadas que apresentam um esqueleto ramificado de isopentano. São classificados de acordo com o número de unidades isoprênicas (unidade de cinco carbonos precursor dos terpenos). As categorias mais conhecidas são os monoterpenos (duas unidades

de isopreno), os sesquiterpenos (três unidades de isopreno) e diterpenos (quatro unidades de isopreno), sendo que os monoterpenos e sesquiterpenos são os principais constituintes dos óleos essenciais (RAVEN et al., 2007).

São conhecidas pelo menos duas vias diferentes de síntese dos terpenos, a rota do ácido mevalônico e a rota do metileritritol fosfato (MEP). A principal é a rota do mevalonato, que se inicia a partir da reação entre três moléculas de Acetil-Coa, provenientes do metabolismo primário, dando origem a uma molécula de ácido mevalônico. Esta molécula sofre reações que produzem dois isômeros de cinco carbonos, o isopentenil difosfato (IPP) e o dimetilalil difosfato (DMAPP). Estas moléculas reagem entre si dando origem aos diferentes grupos de terpenos. O IPP também pode ser formado a partir de intermediários da glicólise ou do ciclo de redução fotossintética do carbono, através da rota MEP, que ocorre nos cloroplastos e outros plastídeos, em que o gliceraldeído-3-fosfato e dois átomos de carbono derivados do piruvato se combinam para formar um intermediário que, eventualmente, é convertido em IPP (TAIZ & ZEIGER, 2013). Uma planta pode sintetizar muitos terpenóides diferentes ao longo de seu desenvolvimento, em partes distintas e em épocas diferentes, gerando uma variedade de propósitos ao longo do seu desenvolvimento (RAVEN et al., 2007).

Muitos vegetais possuem misturas de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis, chamados óleos essenciais (OE), os quais conferem aroma característico às suas folhas. Esses óleos voláteis possuem propriedades diversas, como repelentes de insetos, e geralmente são encontrados em tricomas glandulares que se projetam da epiderme. Alguns óleos essenciais são produzidos e liberados após o inseto ter iniciado a ingestão da planta, o que repele herbívoros oviposidores e atraem inimigos naturais, insetos predadores e parasitas. Podem ser encontrados em diversas partes das plantas, como flores, folhas, raízes, cascas, caules e sementes, onde são sintetizados e armazenados em tricomas glandulares (Figura 1- E e F), nas células parenquimáticas diferenciadas, em canais oleíferos ou bolsas lisígenas, estruturas especializadas onde os óleos essenciais se encontram na forma de pequenas gotas. Além de sua função protetora contra herbivoria também agem como inibidores da germinação de outras plantas competidoras (alelopatia), na atração de polinizadores e proteção contra raios UV (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Os óleos essenciais podem ser obtidos por vários métodos de extração. A prensagem a frio é um dos processos mais antigos, que consiste em “espremer” a planta. Porém, para componentes voláteis, o mais apropriado é a hidrodestilação, que consiste em volatilizar e após condensar uma mistura de vapor d’água com os componentes voláteis do material vegetal. Para a indústria é utilizada a destilação por arraste a vapor (SERAFINI et al., 2001). O processo também pode ser feito por diversos solventes orgânicos, porém não é muito aconselhável por haver dificuldade na remoção de todo solvente residual. Outra tecnologia que tem crescido nos últimos anos é a extração com fluidos supercríticos (EFS), que se apresenta como um método rápido, limpo e seguro e tornou-se uma boa alternativa para a extração em escala industrial (MAUL, 2000).

Os óleos essenciais possuem grande aplicação na perfumaria, como fragrâncias ou fixadores de fragrâncias. Na indústria de alimentos, a segunda maior consumidora desses óleos, é utilizado como aromatizantes de bebidas e alimentos (LAVABRE, 1992). Esse mercado mundial gira em torno de US\$ 15 milhões/ano, com crescimento de 11% por ano. O Brasil é um dos principais exportadores do OE de laranja, limão, lima e outros cítricos, contribuindo com 5% dos OE importados pela Europa e 5% pelos EUA. A comercialização dos óleos essenciais pode ser na sua forma bruta ou beneficiada e o Brasil já esteve ao lado da Índia, China e Indonésia como os principais produtores mundiais, devendo isso principalmente aos óleos essenciais de cítricos, pau-rosa, sassafrás e menta. Entretanto, as exportações brasileiras se encontram em baixa em comparação a outros países, como Argentina e Índia. Essa queda é atribuída à falta de manutenção do padrão de qualidade dos óleos e pela falta de investimento em pesquisas que visam à padronização da produção. A Associação Brasileira de Produtores de Óleos Essenciais (ABRAPOE) tem buscado a aproximação entre produtores e os centros de pesquisa nacionais para agregar qualidade e padronização do produto (BIZZO et al., 2009).

Muitos óleos essenciais apresentam atividade antimicrobiana contra um grande número de microrganismos, incluindo espécies resistentes a antibióticos, antifúngicos (CARSON et al., 1995) e ainda leveduras e fungos filamentosos (PRASHAR et al., 2003). Estas propriedades estão presentes em plantas medicinais utilizadas pela medicina popular, que hoje desperta o interesse de

pesquisadores em estudos envolvendo áreas multidisciplinares, como botânica, agronomia, farmacologia e fitoquímica. Estudos mostram que as biomoléculas presentes no óleo essencial de *M. leucocephalus* são promissoras na ação contra microrganismos multirresistentes com utilidade medicinal (SANTOS et al., 2011). Porém a baixa concentração dos óleos essenciais nos tecidos e a variação na sua produção em função de fatores bióticos e abióticos são apontadas como um fator limitante para a sua exploração econômica.

4. Fatores que influenciam a produção de óleos essenciais

A composição química dos óleos essenciais nas plantas é relativamente estável dentro de cada fase do crescimento, estágio do desenvolvimento e, sobretudo, da espécie produtora. Já a quantidade dos diversos componentes do óleo varia bastante em decorrência principalmente de fatores genéticos e ambientais (CASTRO et al., 2002). Gobbo-Neto e Lopes (2007) em sua revisão bibliográfica intitulada “Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários” identificaram os principais fatores que afetam o conteúdo desses compostos, sendo eles: sazonalidade, ritmo circadiano, desenvolvimento, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, nutrientes, altitude, poluição atmosférica e ataques de patógenos (Figura 2). Esses autores ressaltam ainda que os fatores apresentam correlação entre si e não atuam isoladamente, podendo influenciar em conjunto no metabolismo secundário.

O fator mais limitante para a produção de qualquer espécie de planta é a disponibilidade de água. Para cada grama de matéria orgânica produzida, aproximadamente 500 g de água são absorvidas. Qualquer desequilíbrio no fluxo de água pode causar déficit hídrico e comprometer os processos celulares, sendo que o mais afetado é o crescimento celular. Vários fatores fisiológicos podem ser alterados quando o vegetal é submetido a déficit hídrico, como inibição da divisão celular, inibição da síntese de proteínas e de componentes da parede, acúmulo de solutos, abertura e fechamento estomático, inibição da fotossíntese, crescimento e expansão foliar, o que pode gerar alterações no metabolismo secundário (TAIZ & ZEIGER, 2013). Apesar da deficiência hídrica causar redução do crescimento e da produtividade há relatos na literatura da correlação direta

entre o estresse hídrico com a concentração de alguns metabólitos secundários, como o aumento na concentração de alguns terpenóides (MORAIS, 2009).

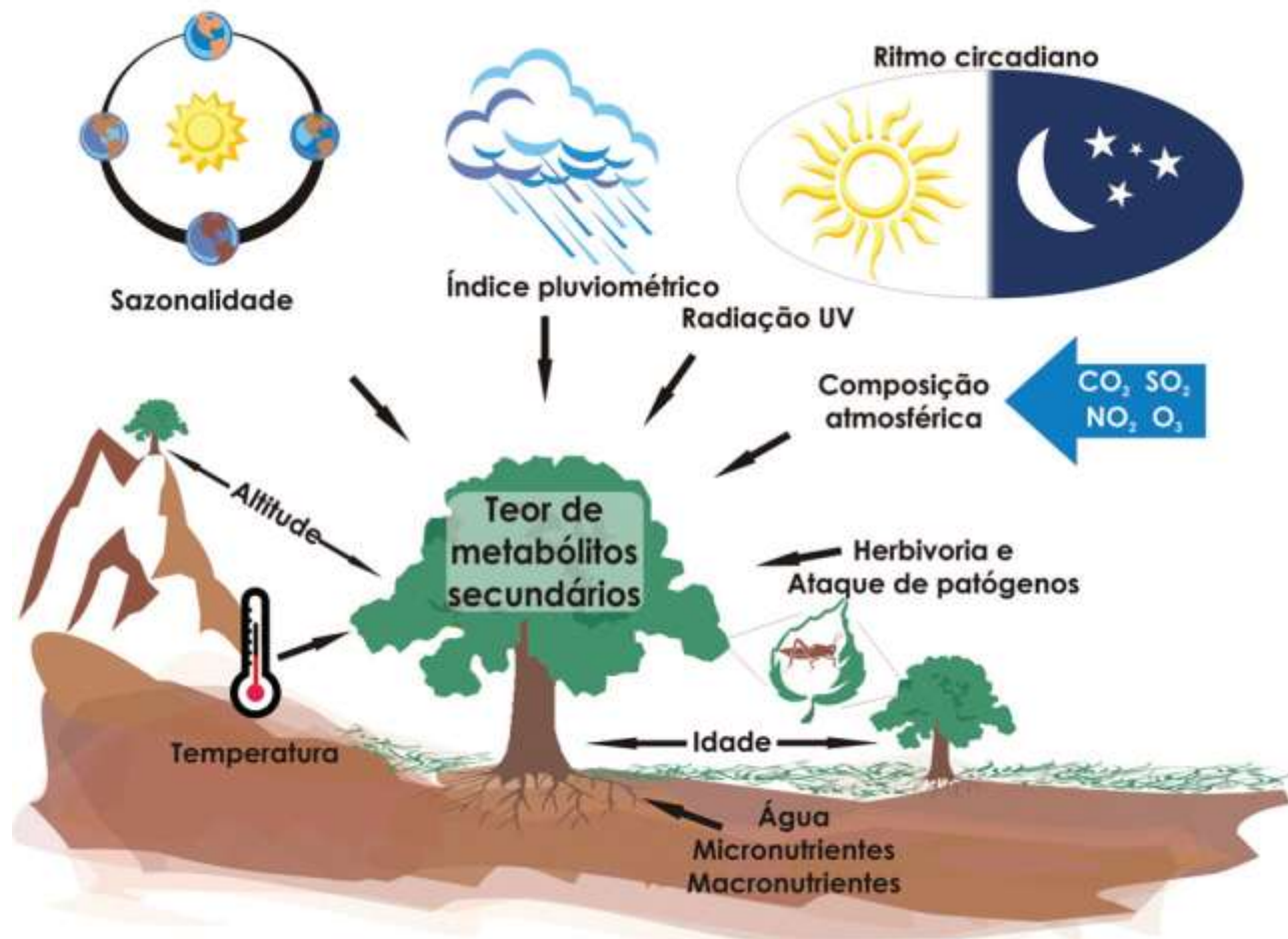


Figura 2. Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em plantas medicinais (GOBBO-NETO & LOPES, 2007).

Meira et al. (2013) em experimento com *Melissa officinalis* L. observaram que o teor de óleo essencial foi reduzido nas maiores lâminas de água aplicadas e, apesar de haver maior incremento de fitomassa, a maior produção de óleo foi encontrada nas menores lâminas. Com *Lippia sidoides* Cham., houve diminuição diária de 50% do teor de óleo a medida que se aumentava a lâmina de irrigação (ALVARENGA et al., 2011). Lopes et al. (2001) avaliaram a produção de óleo essencial de *Polygonum punctatum* Elliot em ambientes sob diferentes regimes hídricos e observaram o maior rendimento no ambiente mais seco. Estes resultados demonstram que o aumento da biossíntese de OE pode funcionar

como resposta adaptativa ao estresse hídrico, relacionando alguma resposta fisiológica às variações ambientais (MORAIS, 2009). Porém, o efeito da seca na concentração de metabólitos é, às vezes, dependente do grau de estresse e do período em que ocorre, sendo que efeitos de curto prazo parecem elevar a produção, enquanto que os de longo prazo provocam efeito oposto (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O excesso de água pode diminuir a concentração de alguns metabólitos secundários, dentre eles os óleos voláteis, como no caso de chuva contínua, que promove a lixiviação de substâncias hidrossolúveis presentes nas folhas, flores e raízes. Por conta disso, é recomendado aguardar aproximadamente três dias após o cessar das chuvas para realizar a coleta da planta medicinal, para que os teores de óleo essencial voltem ao normal (GOBBO-NETO & LOPES, 2007; MORAIS, 2009). Carneiro et al. (2010) observaram baixo rendimento de óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) nos meses de alta precipitação, confirmando que a produção de OE é reduzida na presença de excesso de água. O mesmo ocorreu com *Mentha x piperita* L. var. *citrata* (Ehrh.) em que verificou-se incremento no conteúdo de óleo essencial nos meses de baixa precipitação pluviométrica (OLIVEIRA et al., 2012).

Fatores ambientais distintos podem limitar as taxas fotossintéticas e com isso alterar a produção dos metabólitos secundários que são dependentes de intermediários provenientes do metabolismo primário das plantas. A temperatura e a irradiância desempenham papel importante na atividade fotossintética e a interação desses dois fatores garante um ambiente ideal para os processos fisiológicos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese, portanto as respostas das plantas à temperatura são bastante complexas. Todo vegetal possui uma temperatura ótima, em que as taxas fotossintéticas se encontram mais altas, tornando-se limitante quando a temperatura aumenta ou diminui (TAIZ & ZEIGER, 2013). Os óleos essenciais geralmente apresentam um aumento no seu teor quando as plantas são submetidas a altas temperaturas, porém, em dias muito quentes, pode-se observar perda excessiva dos mesmos (GOBBO-NETO & LOPES, 2007; MORAIS, 2009). Em experimento com *Hyptis marrubioides* Epl., em que foi analisado o teor de óleo em função da

sazonalidade, verificou-se o maior teor na estação do verão, época em que as temperaturas se encontraram mais elevadas (BOTREL, 2010).

Os níveis de irradiância solar juntamente com o fotoperíodo (horas do dia com incidência luminosa), podem explicar a maior produção de biomassa seguida de maior teor de óleo essencial, devido ao fato de que as reações biossintéticas são dependentes de suprimentos de esqueletos de carbono, produzidos pela fotossíntese. A quantidade de luz incidente é um recurso que limita o crescimento vegetal e que pode levar a planta a realizar adaptações fisiológicas para se adequar ao seu ambiente luminoso. A incidência luminosa determina a resposta fotossintética das folhas e muitas vezes a fotossíntese pode ser limitada devido um suprimento inadequado ou excesso de irradiância. Um dos mecanismos utilizados pelos vegetais para dissipar o excesso de luminosidade e temperatura é a síntese de isoprenos, pois esses compostos parecem conferir estabilidade às membranas fotossintéticas (TAIZ & ZEIGER, 2013). Esse mecanismo pode estar ligado à maior produção de óleo essencial em plantas do semiárido, que sobrevivem em ambientes altamente iluminados e com elevadas temperaturas.

A intensidade luminosa influencia tanto a concentração como a composição dos óleos essenciais (TAIZ & ZEIGER, 2009). Estudos com *Lippia alba* (Mill.) demonstraram que o maior teor de óleo foi encontrado nas plantas submetidas a um nível maior de radiância, o que também ocorreu com *Baccharis trimera* (Less.) (VENTRELA & MING, 2000; SILVA et al., 2006). Entretanto, este comportamento é bastante variável entre as espécies. Gonçalves (2001) trabalhando com *Ocimum selloi* Benth. observou que o teor de óleo não diferiu com a alteração da luminosidade.

O estudo da sazonalidade, caracterizada pelas variações de diversos fatores climáticos, dentre eles, fotoperíodo, temperatura, disponibilidade hídrica e irradiância, podem ajudar a determinar a época mais favorável de plantio e colheita das espécies aromáticas, bem como a obtenção de óleo essencial, uma vez que podemos identificar as interferências e relações entre estes e assim obter um produto final de melhor qualidade e composição química mais constante.

Visto isso, o objetivo desse trabalho foi estudar o efeito dos fatores climáticos sobre o crescimento, teor e composição do óleo essencial de *M.*

leucocephalus, visando definir a melhor época de plantio e colheita e, com isso, contribuir para a exploração econômica e sustentável da espécie.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. R. Aspectos da anatomia foliar e rendimento de óleo essencial de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de cultivo, monografia de conclusão de curso de especialização em Biologia Celular, 42p, 2012.

ALVARENGA, I. C. A. et al. Water stress before harvest of peppermint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.706-711, 2011.

ALVES, L. F. Produção de Fitoterápicos no Brasil: História, Problemas e Perspectivas, **Revista Virtual de Química**, 5(3), 450-513, 2013.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 32, nº 3, 588-594p, 2009.

BORDIGNON, S. A. L. **O gênero *Hyptis* Jacq. (Labiatae) no Rio Grande do Sul**. 1990, 1v. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, UFRGS, Rio Grande do Sul.

BOTREL, P. P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.3, p.533-538, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília, DF, 2009.

BRASIL. MINISTERIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 59p.

CALIXTO, J. B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutic agents). **Brazilian Journal and Biological Research**,33, p. 179-189, 2000.

CARNEIRO, F. B. et al. Variação da quantidade de β -cariofileno em óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng., Lamiaceae, sob diferentes condições de cultivo. **Revista brasileira farmacognosia**, vol.20, n.4, p. 600-606, 2010.

CARSON, C. F. et al. Susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. **J. Antimicrobial Chemotherapy**, v.35, p.421-424, 1995.

CASTRO, D. M.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M. Composição fitoquímica dos óleos essenciais de folhas da *Lippia alba* (Mill). N.E.Br em diferentes épocas de colheita e partes do ramo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.4, n.2, p. 75-79, 2002.

FALCÃO, D. Q.; MENEZES, F.S. Revisão etnofarmacológica. Farmacológica e química do gênero *Hyptis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.84, n.3, p.69-74, 2003.

FRAGOSO-SERRANO, M.; GIBBONS, S.; PEREDA-MIRANDA, R. Anti-staphylococcal and cytotoxic compounds from *Hyptis pectinata*. **Planta Médica**, 71:278-280, 2005

FUZÉR, L.; SOUZA, I. IBAMA dá início a núcleo de plantas medicinais. **Bionotícias**, Rio de Janeiro, n. 57, p.6-7, 2003.

GIULIETTI, A. M. et al. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga**. Disponível em: <[HTTP://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/BioDiversidade_Caatinga_parte2.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/BioDiversidade_Caatinga_parte2.pdf)> 2002.

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

GONÇALVES L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da irradiância solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae)**. 2001. 1v. 95f Dissertação (Mestrado) – UFLA, Lavras, Minas Gerais.

HARLEY, R. M., FRANÇA, F., SANTOS, E.P., SANTOS, J.S. **Lamiaceae Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000142>>. Acesso em 25 maio 2013.

HARLEY, R. M.; PASTORE, J.F.B. A generic revision and new combinations in the Hyptidinae (Lamiaceae), based on molecular and morphological evidence. **Phytotaxa**, 58:1-55, 2012.

LAVABRE, M. **Aromaterapia: A cura pelos óleos essenciais**, Record, Rio de Janeiro, 1992.

LOPES, R. C. et al. Influência de três regimes hídricos na produção de óleo essencial em sete acessos de *Polygonum punctatum* Ell. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais** 3: 7-10, 2001.

LORENZI, H; SOUZA, V.C. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa, SP, 2008. 705 p.

LUCCHESI, A. M. et al. Óleos essenciais do gênero *Hyptis* da região do semi-árido da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 3. 2005, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. p.118.

MAUL, A. A. Fluidos Supercríticos – Situação atual e futuro da extração supercrítica, **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Ano II, nº 11, p.42-46, 2000.

MEIRA, M. R. et al. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2013

MENEZES, F. S. **Base química de tendências filogenéticas em Lamiiflorae**. 1994. 1v. 94f. Dissertação (Mestrado), Núcleo de Pesquisas de Produtos Naturais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORAIS L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

OLIVEIRA, A. R. M. F. et al. Influência da idade da planta na produção de óleo essencial de alevante. **Revista Ceres**. vol.59, n.2, pp. 241-245. 2012.

OLIVEIRA, C. M. A. et al. Chemical composition and antifungal activity of the essential oil of *Hyptis ovalifolia* Benth. (Lamiaceae). **Journal oh the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 5, p. 756-759, 2004.

OLIVEIRA, L. M. et al. Propagação vegetativa de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth.. e *Hyptis platanifolia* Mart. ex Benth.. (Lamiaceae), **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p.73-78, 2011.

PRASHAR, A. et al. Antimicrobial action of palmarosa oil (*Cymbopogon martinii*) on *Saccharomyces cerevisiae*. **Phytochemistry**, v. 63, p.569-575, 2003.

RAVEN, P. H; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**, 7 ed, 2007, 830p.

SANTOS, S. N. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *Hyptis leucocephala* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 2011, Campinas. **Anais**. Campinas, EMBRAPA, 2011. Resumo BIO-10, p.70.

SERAFINI, L. A.; BARROS, N. M.; AZEVEDO, J. L. **Biotecnologia na agricultura e na agroindústria**. Livraria e editora Agropecuária, 2001.

SOUZA, L. K. H. et al. Antimicrobial activity of *Hyptis ovalifolia* towards dermatophytes. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 7, p. 963-965, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 5 ed, 918 p, 2013.

VASCONCELLOS, A. G. et al. Fitofármaco, fitoterápico, plantas medicinais: o reducionismo e a complexidade na produção do conhecimento científico. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, p. 103-105, 2002.

VENTRELLA M. C.; MING L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira** 18: 972-974, 2000.

CAPÍTULO 1

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE
Martianthus leucocephalus (MART. EX BENTH.) J.F.B.
PASTORE CULTIVADA NAS CONDIÇÕES DE FEIRA DE
SANTANA, BAHIA, BRASIL.**

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus leucocephalus* (MART. EX BENTH.) J.F.B.PASTORE CULTIVADA NAS CONDIÇÕES DE FEIRA DE SANTANA, BAHIA, BRASIL.

AZEVEDO, B.O.^{1*}; OLIVEIRA, L.M.¹; LUCCHESI, A.M.²; SILVA, D.J.¹, LEDO, C.A.S.³

¹Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), *biancaoz@yahoo.com.br;

²Departamento de Ciências Exatas da UEFS

³Embrapa Mandioca e Fruticultura

RESUMO: A região semiárida brasileira apresenta grande riqueza de espécies medicinais e aromáticas, com grande potencial para indústria farmacêutica, alimentícia, de cosméticos e biopesticidas. A espécie *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B.Pastore, anteriormente designada *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. é endêmica dessa região e utilizada pelas comunidades locais para tratamento de doenças respiratórias. Seu óleo essencial apresenta como composto majoritário o formiato de isobornila com atividade antimicrobiana frente à *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus* e antifúngica frente à *Candida albicans*. Apesar do seu grande potencial farmacológico, trabalhos relacionados ao seu cultivo ainda são raros. Devido à grande influência da sazonalidade sobre o crescimento e produção vegetal e, sobretudo, o metabolismo secundário de plantas, o objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e o teor de óleo essencial de *M. leucocephalus* cultivada e colhida em diferentes meses do ano, nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana-Bahia, Brasil, a fim de determinar o período mais favorável para seu cultivo e produção do óleo essencial. O experimento foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com doze tratamentos, constituídos dos diferentes meses de colheita e cinco repetições. A cada mês foram registrados os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e irradiância, a partir dos dados gerados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Mensalmente foram quantificadas a massa fresca e seca das folhas, flores e caule, a área foliar e teor de óleo essencial das plantas. Os dados foram submetidos à análise de correlação de Spearman e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). A massa seca total (MST) e o teor de óleo (TO) aumentaram em função da irradiância solar e fotoperíodos mais longos. A precipitação e umidade relativa do ar reduzem o crescimento da planta e o teor de óleo essencial. As maiores médias de MST foram encontradas durante os meses de nov/12 a jan/13 e de set. a out/13. O TO foi maior nos meses de fev., mar., set. e out/13.

PALAVRA-CHAVE: Plantas medicinais e aromáticas; Metabolismo secundário; Lamiaceae; Sazonalidade; Semiárido; *Hyptis leucocephala*.

ABSTRACT: The semiarid region of Brazil shows a great species richness on medicinal and aromatic plants, with a considerable potential for pharmaceutical, food, comstic and biopesticide industries. The species *Martianthus leucocephalus* (Mart. Ex Benth.) J. F. B. Pastore, previously regarded as *Hyptis leucocephala* Mart. Ex Benth. is endemic to this region, being used by traditional communities on the treatment of respiratory diseases. Its essential oil shows a majoritary compound, formate isobornila, which shows a antimicrobial activity on *Bacilus cereus* and *Staphilococcus aureus*, and an antifungal activity on *Candida albicans*. Although its great pharmacological potential there is a lack of studies regarding its growth. Due to a considerable influence of sazonality on the growth and production of plants, and mostly, on secondary metabolism of plants, the goal of this study was to evaluate growth and content of essential oils in *M. leucocephalus* cropped and harvested in different months throughout a year, in edaphoclimatic conditions of Feira de Santana, Bahia, Brasil, in order to determine the most favorable period for its growth and production of essential oil. Experments were undergone in Horto Florestal Experimental Unit from Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Experimental design was entirely randomized, with twelve treatments, from different months of harvesting and five replicates. We collected data of each month mean values for temperature, air humidity, rainfall and irradiance from INMET (Meteorology National Institute). Fresh and dried leaves, flowers, branches, foliar area, and contents of essential oil were monthly quantified. We submitted data under the Spearmen correlation analysis and mean averages were compared by Scott-Knopp test ($p \leq 0,05$). Total leaf mass and oil content were higher in longer photoperiods with higher solar irradiance. Rainfall and relative humidity reduce plant growth and contents of essential oil. Higher MST averages were recorded from November/2012 to January/2013, and from September/2013 to October/2013. TO was higher from February/2013 to March/2013 and from Spetember/2013 to October/2013.

Keywords: Medicinal and aromatic plants; Secondary metabolismo; Lamiaceae; Sazonality; Semiarid; *Hyptis leucocephala*.

Introdução

A região semiárida do Brasil, onde o bioma caatinga é predominante, apresenta grande riqueza de espécies vegetais aromáticas, sendo muitas endêmicas (GIULIETE, 2002). Estes vegetais são amplamente utilizados na medicina tradicional não só no Brasil, mas também em outros países, sendo que muitas destas espécies já tiveram sua ação farmacológica comprovada devido a presença de substâncias com potencial farmacológico, com atividade antimicrobiana, antifúngica, citotóxica, anti-inflamatória, anti-HIV e inseticida (FALCÃO & MENEZES, 2003).

Martianthus leucocephalus (Mart. ex. Benth.) J.F.B.Pastore, anteriormente denominada de *Hyptis leucocephala* Mart ex. Benth., é uma planta medicinal endêmica do semiárido brasileiro e pertence à família Lamiaceae. Trata-se de uma erva aromática decumbente de cerca de 20 cm de altura, apresenta folhas cartáceas, flores com cálice esverdeado e corola arroxeadas (OLIVEIRA et al., 2011). É utilizada pelas comunidades locais para tratamento de doenças respiratórias, sendo seus efeitos atribuídos aos óleos essenciais presentes em suas folhas, flores e ramos. O rendimento médio do óleo essencial de suas folhas é de 0,2%, tendo formiato de isobornila como composto majoritário e possui atividade antimicrobiana comprovada frente a *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus* e antifúngica frente a *Candida albicans* (LUCCHESI et al., 2005).

Os óleos essenciais são compostos voláteis, constituídos principalmente de mono e sesquiterpenos, com grande potencial para a indústria farmacêutica, alimentícia, de cosméticos e de biopesticidas. São provenientes do metabolismo secundário das plantas e acumulam-se em estruturas secretoras denominadas de tricomas, localizados em folhas, ramos e flores (TAIZ & ZEIGER, 2013). Sua produção depende do balanço entre sua taxa de formação, transformação e de volatilização, variáveis durante o crescimento e desenvolvimento vegetal, em decorrência principalmente de três fatores: genéticos, ambientais e técnicas de cultivo (CASTRO et al., 2002), o que dificulta a produção estável desses compostos. Entre esses fatores, a época de colheita tem efeito marcante sobre a produção de óleos essenciais, uma vez que a quantidade e até mesmo seus constituintes ativos não são constantes durante o ano (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Fatores ambientais como temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, irradiância e fotoperíodo podem afetar a disponibilidade destes compostos secundários. O rendimento do óleo essencial de *Lippia Alba* (Mill), por exemplo, foi maior no verão, quando as temperaturas estavam elevadas, enquanto que no inverno foi mais baixo (BARROS, 2009). Botrel et al. (2010) também encontraram o mesmo resultado trabalhando com *Hyptis marrubioides* Epl. e concluíram que o comprimento maior dos dias influenciaram a produção desses metabólitos. Em *Melissa officinalis* L. também se verificou variação no teor de óleo, em que a maior produção foi obtida quando a disponibilidade de água foi menor (MEIRA et al., 2013). Porém, cada planta responde aos estímulos ambientais de forma particular, ocasionando em diferentes teores de óleo essencial.

A análise de crescimento é uma ferramenta que tem sido muito utilizada para se quantificar a taxa de assimilação e utilização de compostos orgânicos das plantas e, conseqüentemente, o acréscimo de biomassa ao longo de diferentes períodos, podendo ser de grande auxílio para o entendimento de como os fatores ambientais influenciam no crescimento e produção do óleo essencial de *M. leucocephalus* e, com isso, determinar a época mais favorável para sua obtenção.

Com isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a produção do óleo essencial de *M. leucocephalus* ao longo de doze meses do ano, correlacionando esses parâmetros aos fatores climáticos e, assim, determinar a época mais favorável para o cultivo e colheita dessa espécie, com fins de produção de óleo essencial nas condições de Feira de Santana-Bahia, Brasil.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia, Brasil, localizada a 12°16'00" de latitude sul e 38°58'00" de longitude oeste, apresentando altitude de 234 metros e temperatura média anual de 24°C. A extração dos óleos essenciais da parte aérea da planta foi realizada no Laboratório de Extração de Produtos Naturais (LAEX) da UEFS, localizado na Unidade Experimental Horto Florestal.

Material biológico

As plantas foram obtidas através de propagação por estaquia a partir de plantas matrizes mantidas na coleção de plantas aromáticas desta unidade e identificadas no Herbário da UEFS (HUEFS) (Voucher 25.322). Estacas apicais com aproximadamente cinco cm de comprimento foram cultivadas em placas de polipropileno com 200 células (Figura 1-A), preenchidas com substrato comercial Biomix® mais composto orgânico (1:1), conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2011). Após 120 dias de cultivo em casa de vegetação, com nebulização intermitente, as plantas foram transferidas para o local definitivo, onde foram plantadas em canteiros com dimensões de 1,0 x 10 m e 20 cm de altura, mantidos a pleno sol. A área experimental constou de oito canteiros, separados por ruas de 50 cm, ocupando uma área total de 115 m² (Figura 1-B). O solo foi corrigido com adubado antes do plantio, conforme resultado da análise química do solo. Para tal, foram aplicadas 6.160 g de calcário dolomítico e 732,6 g de fósforo (superfosfato simples) na área total e 10 litros de composto orgânico por canteiro. As mudas foram plantadas em espaçamento de 40 x 40 cm, procedendo-se limpeza manual a cada 30 dias e irrigação em dias alternados, com sistema de microaspersão. Com a finalidade de se manter constante a disponibilidade de água nos canteiros ao longo dos meses, foram instalados três tensiômetros digitais, de forma aleatória, procedendo-se leituras semanais. Após 120 dias de cultivo nos canteiros iniciou-se as colheitas mensais, definindo-se aleatoriamente a cada mês cinco repetições, constituída de 1m² de canteiro, onde efetuou-se a colheita da parte aérea das plantas (Figura 1-C), procedendo-se a análise do crescimento.

Análise do crescimento

No período de um ano foram avaliados mensalmente os seguintes parâmetros de crescimento: a área foliar, massa fresca e massa seca de caules, folhas e flores (Figura 1-D). Para obtenção do peso fresco utilizou-se balança digital com precisão de 0,001 g. Após a pesagem o material foi depositado em sacos de papel e colocados em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60°C, até atingir peso constante. Em seqüência, o material vegetal foi pesado em balança analítica com precisão de 0,001g. A área foliar foi

estimada a partir de sub-amostras, compostas de três repetições de 20 folhas coletadas aleatoriamente nas parcelas. A área foi mensurada com auxílio de scanner HP4C deskjet, quantificando-se a área correspondente a cada imagem com o auxílio do software QUANT (VALE et al., 2001). Para cada amostra foi obtido o peso seco correspondente. A média dos valores obtidos foi utilizada para se estimar a área foliar total das parcelas a partir do peso seco total das folhas.

Obtenção dos dados climáticos

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação de chuva, fotoperíodo e de radiância foram obtidos mensalmente a partir dos registros do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o qual mantém uma estação de observação na cidade de Feira de Santana (BA). Posteriormente foram tabuladas e obtidas as médias, que foram utilizadas para análise de correlação com os parâmetros de crescimento e produção do óleo essencial de *M. leucocephalus*.

Extração e quantificação do óleo essencial

A extração dos óleos essenciais foi realizada com a utilização do aparelho de destilação tipo Clevenger (Figura 1-E). Para extração foi utilizada toda a massa seca de folha e flor de cada parcela, com tempo de destilação de 3 h. Após a destilação o óleo foi recolhido (Figura 1-F) e foi adicionado sulfato de sódio anidro para separação da água residual (Figura 1-G). O teor do óleo essencial foi quantificado pela massa de óleo, obtido em balança analítica, sendo expresso em porcentagem de massa/massa (g de óleo por 100 g de matéria seca) (Figura 1-H).



Figura 1. (A) Estacas de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore propagadas em placas de polipropileno; (B) Plantas de *M. leucocephalus* cultivada em canteiro a pleno sol; (C) 1m² da parte aérea da planta sendo retirada para análises; (D) Folha, flor e caule separados para quantificação da massa fresca e seca; (E) Destilador do tipo Clevenger; (F) Óleo essencial obtido após 3 horas de destilação; (G) Separação da água residual do óleo essencial; (H) Óleo essencial obtido no final da extração.

Análise estatística

Para as variáveis obtidas foram calculadas as estatísticas descritivas: valores mínimos e máximos, média, desvio padrão e coeficiente de variação (%), teste de normalidade de Shapiro-Wilks e foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman utilizando o procedimento CORR do SAS. Os coeficientes de correlação foram testados pelo teste t de Student a 5% de significância. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS Institute Inc, 2010). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010) onde também foi obtida a análise de variância.

Resultados e discussão

A estatística descritiva revelou elevada variabilidade no crescimento da espécie *Martianthus leucocephalus*, principalmente a massa seca de flores (MSFI) (Tabela 1), com valores de coeficiente de variação (CV) relativamente altos, o que demonstra o quanto esses parâmetros são afetados por fatores diversos, ao longo dos meses do ano e mesmo dentro de cada período de colheita. O teor de óleo (TO) também variou bastante, com valores mínimos de 0,10% e máximos de 0,36% em condições favoráveis para produção, com média anual ficando em torno de 0,20%, semelhante à média já encontrada para a espécie (LUCCHESI et al., 2005). Os dados apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro-Wilks ao nível de 5% de significância.

Para as variáveis climáticas, a estatística descritiva demonstrou que o maior CV foi encontrado para precipitação, seguido da irradiância (Tabela 2). De acordo com o teste de Shapiro-Wilks os resultados também apresentaram distribuição normal.

Tabela 1. Valores mínimos, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade para as variáveis massa seca total (MST g), massa seca folha (MSF g), massa seca flor (MSFI g), massa seca caule (MSC g), área foliar total (AFT cm²) e teor de óleo essencial (TO %) de *M. leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Teste de normalidade
MST	97,65	423,27	238,14	62,66	26,31	0,9857 ^{ns}
MSF	39,65	115,19	78,07	19,47	24,95	0,9804 ^{ns}
MSFI	1,77	80,24	22,45	15,69	69,87	0,9147 ^{ns}
MSC	44,83	227,84	137,61	39,59	28,77	0,9862 ^{ns}
AFT	2658,76	12670,90	5894,34	2029,96	34,44	0,9181 ^{ns}
TO	0,10	0,36	0,20	0,07	32,73	0,9647 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Shapiro-Wilks a 5% de significância.

Tabela 2. Valores mínimos, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e teste de normalidade para as variáveis temperatura (TEMP °C), umidade (UMID %), precipitação de chuva (PRECIP mm), radiância (RAD KJ/m²) e fotoperíodo (FOTO h/d).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Teste de Normalidade
TEMP	22,00	27,54	24,90	1,91	7,68	0,8855 ^{ns}
UMID	64,51	84,52	74,30	6,74	9,07	0,9150 ^{ns}
PRECIP	2,00	122,00	60,53	40,73	67,29	0,9015 ^{ns}
RAD	1361,97	2609,09	1996,07	443,59	22,22	0,8822 ^{ns}
FOTO	11,25	12,51	11,90	0,48	4,08	0,8328 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Shapiro-Wilks a 5% de significância.

A análise de variância para as variáveis de crescimento analisadas mostrou-se significativa ($p < 0,05$). Durante os doze meses de observação, os

parâmetros de crescimento massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), flores (MSFI) e de caule (MSC), área foliar total (AFT) e o teor de óleo essencial (TO) variaram significativamente (Tabela 3). Essa variação mostra que a espécie não segue um padrão de crescimento ao longo do ano, nas condições de cultivo com irrigação. Ressalta-se que *M. leucocephalus* é uma espécie selvagem, que se encontra em fase de domesticação e segundo Taiz e Zeiger (2013), nesses casos, as plantas utilizam estratégias de sobrevivência constantes, quando não estão em seu ambiente natural, apresentando padrões de crescimento flexíveis, que permitem a elas se adaptarem a locais fixos onde as condições ambientais podem ser inferiores ao ideal, especialmente em relação à luz solar, podendo variar com o tempo. Portanto, o período de um ano ainda pode ser curto para se determinar um padrão de crescimento de uma planta em fase de domesticação.

As respostas obtidas demonstraram que a MST por área foi maior nos meses de nov/12 à jan/13, seguido de set/13 e out/13. Verifica-se que durante esse período houve níveis altos de irradiância, começando a declinar depois de fev/13, voltando a subir novamente em set/13 (Figura 2). O resultado da análise de correlação mostrou que a irradiância e o fotoperíodo influenciaram positivamente no incremento da MST das plantas, enquanto que a umidade relativa elevada contribuiu para sua redução (Tabela 4). A irradiância é um fator importante para ativação da fotossíntese e conseqüente aumento de biomassa (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A MSF seguiu um padrão semelhante à MST, porém a partir de jun/13 as plantas voltaram a produzir mais folhas. Algumas folhas que se desenvolvem em ambientes bastante ensolarados são muitas vezes incapazes de persistir quando há mudança da disponibilidade luminosa, ocorrendo a abscisão foliar e logo a planta desenvolve novas folhas que melhor se ajustam a esse ambiente (TAIZ & ZEIGER, 2013), o que pode explicar os resultados obtidos. Assim sendo, pode-se inferir que a partir de jun/13 as plantas estavam se renovando, lançando novas folhas, atingindo o máximo de MSF em set/13, seguido de uma queda em out/13, provavelmente em nova fase de abscisão foliar e futura renovação das folhas para o período com maior irradiância. Outra hipótese é que a planta atingiu a fase de senescência, em que há a perda natural das folhas. Ressalta-se que essa espécie em ambientes naturais e nas condições de Feira de Santana-BA,

apresenta intenso desenvolvimento vegetativo entre os meses de maio e junho, com florescimento entre julho e agosto, praticamente desaparecendo do campo nos meses mais secos, o que também pode ter influenciado nesse resultado. A MSF apresentou correlação positiva com a temperatura (Tabela 4), podendo ser esse o estímulo para essas mudanças de fase fenológica.

Tabela 3 – Variação mensal da massa seca total (MST), massa seca de folhas (MSF), flores (MSFI), caule (MSC), área foliar total (AFT) e teor de óleo essencial (TO) de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Mês/ano	MST (g)	MSF (g)	MSFI (g)	MSC (g)	AFT (g)	TO (g)
Nov/12	291,95 a	97,66 a	32,57 b	161,73 a	6713,85 b	0,21 c
Dez/12	293,95 a	85,51 a	38,27 a	170,18 a	6718,96 b	0,16 d
Jan/13	307,55 a	86,01 a	47,10 a	174,44 a	9461,10 a	0,18 d
Fev/13	212,68 b	63,40 b	22,95 c	126,33 b	7749,38 b	0,25 b
Mar/13	229,69 b	58,13 b	28,07 b	143,50 b	7104,53 b	0,31 a
Abr/13	193,11 b	64,04 b	19,67 c	109,40 b	5031,71 c	0,17 d
Mai/13	168,18 b	68,80 b	12,64 d	86,74 b	3983,39 c	0,10 e
Jun/13	203,13 b	81,18 a	4,18 d	117,76 b	4059,00 c	0,12 e
Jul/13	222,58 b	86,48 a	10,59 d	125,51 b	5285,01 c	0,23 c
Ago/13	222,45 b	82,58 a	6,52 d	133,35 b	5046,43 c	0,21 c
Set/13	300,24 a	100,37 a	17,43 c	182,44 a	5520,35 c	0,25 b
Out/13	212,16 a	62,72 b	29,46 b	119,98 b	4058,35 c	0,26 b
Média	238,14	78,07	22,45	137,61	5894,34	0,20

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

A maior produção de flores ocorreu nos meses dez/12 e jan/13 (Tabela 3), onde os níveis de irradiância foram elevados e as horas de disponibilidade de luz

foram maiores. A análise de correlação confirmou com correlação positiva entre temperatura, irradiância e fotoperíodo com a MSFI, enquanto que a umidade relativa do ar apresentou correlação negativa, evidenciada pela baixa produção de flores nos meses de mai/13 a ago/13.

O peso da MSC acompanhou a tendência da MST, apresentando correlação positiva com a irradiância e negativa com a umidade relativa do ar (Tabela 4). A AFT foi maior no período de nov/12 a mar/13, com pico no mês de jan/13, quando a temperatura, a irradiância e o fotoperíodo foram altos. Essas condições, portanto, favoreceram a maior produção de folhas durante o período estudado, apresentando condições ideais para o crescimento de *M. leucocephalus*. A precipitação constante e o aumento da umidade influenciaram negativamente a AFT.

Os resultados demonstram que a elevada pluviosidade e umidade promoveram menor crescimento e conseqüentemente diminuição da biomassa total da planta. Pravuschi et al. (2010), trabalhando com manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), verificaram que mesmo em solos arenosos, a irrigação excessiva diária prejudica o desenvolvimento, implicando em menor produtividade. Em dias nublados e com chuvas, as folhas sob baixa luminosidade são mais resistentes ao fluxo de água, diminuindo a transpiração e, conseqüentemente, as taxas fotossintéticas (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Spearman entre as variáveis climáticas e incremento da massa seca de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore no período de um ano para as condições de Feira de Santana – BA, Brasil.

	MST	MSF	MSFI	MSC	TEOR	TEMP	UMID	PRECIP	RAD	FOTO
AFT	0,7024*	0,5104*	0,4730*	0,6631*	0,3373*	0,5490*	-0,5390*	-0,2120 ^{ns}	0,5760*	0,5910*
MST		0,7319*	0,5140*	0,9581*	0,1945 ^{ns}	0,1714 ^{ns}	-0,2844*	-0,1026 ^{ns}	0,4084*	0,5241*
MSF			0,0041 ^{ns}	0,6142*	-0,0160 ^{ns}	0,2796*	0,2197 ^{ns}	0,0824 ^{ns}	-0,0747 ^{ns}	0,0493 ^{ns}
MSFI				0,4469*	0,1777 ^{ns}	0,6514*	-0,7491*	-0,1373 ^{ns}	0,6777*	0,8044*
MSC					0,2392 ^{ns}	0,1957 ^{ns}	-0,2938*	-0,1514 ^{ns}	0,4240*	0,4895*
TO						0,1681 ^{ns}	-0,2557*	-0,3361*	0,3581*	0,2406 ^{ns}
TEMP							-0,9161*	-0,3678*	0,8112*	0,7273*
UMID								0,4869*	-0,9231*	-0,8741*
PREC									-0,5604*	-0,2627*
RAD										0,9021*

^{ns} não significativo pelo teste t a 5% de significância.

* Significativo

Em geral, a espécie *Martianthus leucocephalus* se desenvolveu melhor em altos níveis de irradiância solar, sendo esse um fator limitante ao crescimento da espécie, com maior acúmulo de biomassa nos meses de alta luminosidade (Figura 2), certamente conseqüência da maior taxa fotossintética. Resultados semelhantes foram encontrados para *Mentha x piperita* L. var. *piperita* cultivada em diferentes condições de luminosidade, em que a maior produção de biomassa foi encontrada nos tratamentos com 100% de luz (PEGORARO et al., 2010). O mesmo ocorreu com *Mentha spicata* L. onde o rendimento da biomassa foi maior quando cultivadas a pleno sol do que em ambientes sombreados (SANTOS et al., 2013).

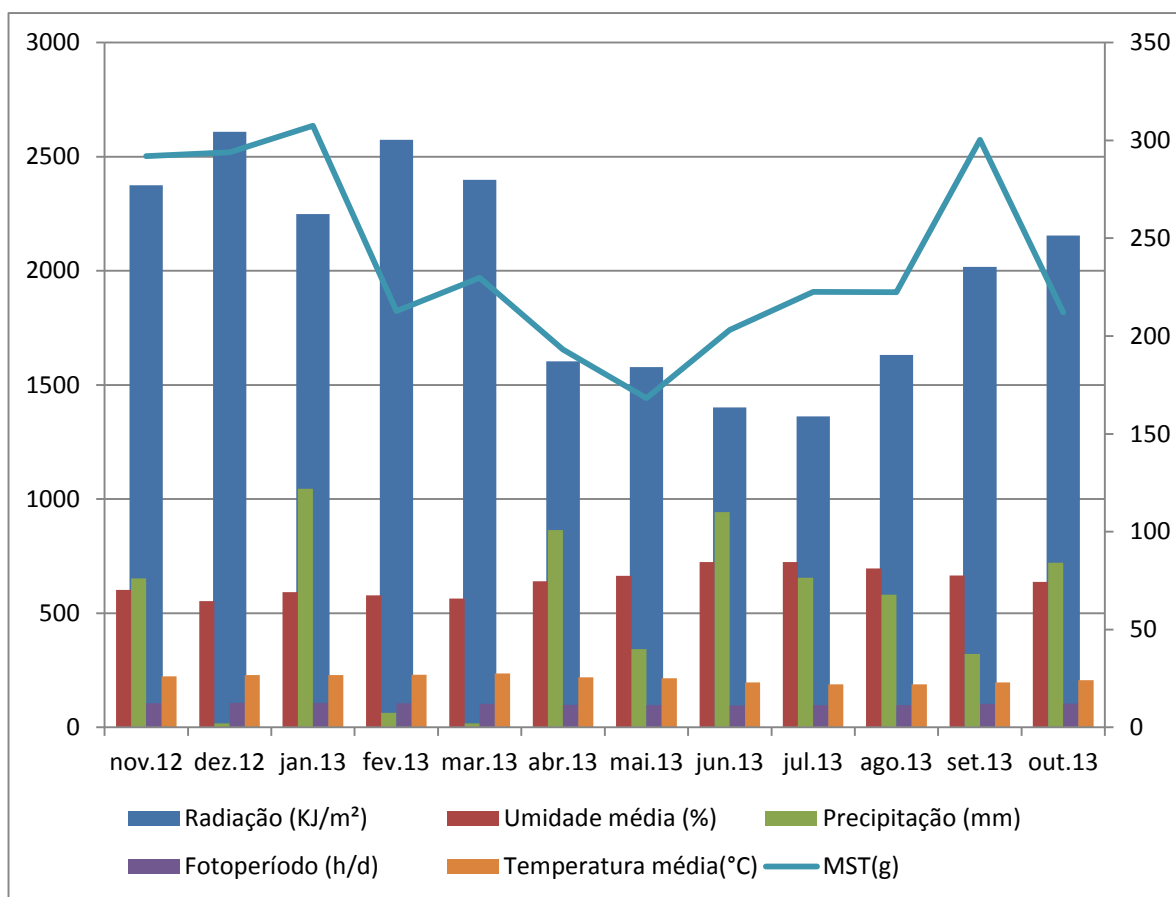


Figura 2. Variáveis climáticas analisadas no período de um ano para as condições de Feira de Santana – BA, Brasil e incremento da massa seca total (MST) de *M. leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore no período estudado.

A análise de correlação mostrou que dos fatores climáticos avaliados, a umidade relativa do ar e a precipitação de chuva influenciaram inversamente no teor de óleo. Outro fator que afetou a produção de óleo foi a irradiância, aumentando o teor. Para temperatura média do ar e fotoperíodo não houve significância, essa resposta pode ter sido dificultada devido a pouca variação desses fatores durante o ano. A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese, portanto, as respostas a ela são muito complexas e nem sempre visíveis pois seus efeitos ocorrem em sua maioria em nível celular (TAIZ & ZEIGER, 2013), portanto seu efeito deve melhor investigado futuramente.

A irradiância foi o fator climático que mais afetou a produção de óleos essenciais (Figura 3). Nos meses em que os níveis foram altos (fev. e mar/13) o teor aumentou. Em nov/12, dez/12 e jan/2013, apesar dos altos níveis de irradiância, a produção de óleo não foi tão alta como esperado, o que pode ter ocorrido devido a esses serem os primeiros meses coletados, onde as plantas ainda estavam em processo fisiológico de adaptação, priorizando maior investimento no crescimento do que na produção de metabólitos secundários. Certos terpenos têm funções bem caracterizadas no crescimento ou no desenvolvimento vegetal, podendo ser considerados como metabólitos primários em vez de secundários, como por exemplo, as giberelinas, um fitormônio com função de incrementar o crescimento dos talos e das raízes. Os brassinosteroides, outra classe de hormônios vegetais, também possuem função reguladora do crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2013). As rotas de biossíntese do óleo essencial podem ter sido redirecionadas para a síntese desses hormônios.

A partir de abr/13 o teor de óleo diminuiu, assim como os níveis de irradiância, se mantendo baixo até jun/13, que aumentou a partir de jul/13. Isso pode ter ocorrido, apesar da irradiância ainda estar baixa, devido a precipitação, que nesta época começou a diminuir. Nos meses seguintes o teor de óleo aumentou juntamente com a irradiância e se manteve na média esperada de 0,20%.

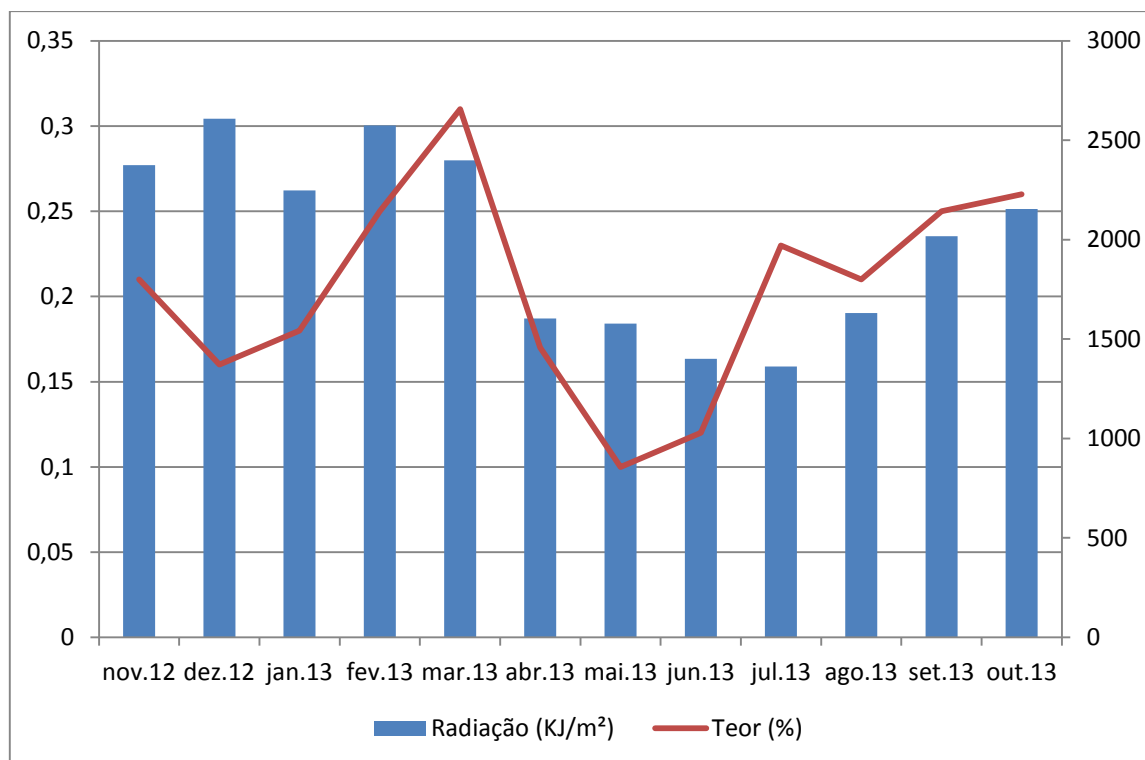


Figura 3. Correlação positiva entre teor de óleo essencial de *M. leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore e irradiância solar durante período de estudo em Feira de Santana – BA, Brasil.

O teor de óleo também se correlacionou positivamente com a AFT, o que explica o aumento de teor a partir de jul/13, quando os níveis de irradiância ainda eram baixos, contudo, a AFT já havia começado a aumentar. Ressaltando que a folha é o principal órgão produtor de óleo essencial da espécie, com elevada densidade de tricomas. Além disso, o aumento da área foliar é importante para maximizar a absorção de luz sob baixa irradiância solar.

Com *Otacanthus azureus* (Linden) Ronse o maior teor de óleo essencial foi encontrado no tratamento com 100% de irradiância e reduziu seu valor à medida que diminui o nível de luz (SERUDO et al., 2013). *Lippia citriodora* Lam. também apresentou maior média no teor de óleo para o tratamento a pleno sol (GOMES et al., 2009), o mesmo ocorreu com *Hyptis marrubioides* Epl. (SALES et al., 2009). A radiação é um fator importante devido ao fato de ser a fonte de energia primária para a fotossíntese, que transforma esta em compostos orgânicos utilizados no crescimento e desenvolvimento da planta, sendo a base para a síntese dos compostos secundários como os óleos voláteis (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Contrariamente, verificou-se correlação negativa entre precipitação e umidade relativa com a produção do óleo essencial (Figura 4). Nos meses de baixa precipitação (fev/13 e mar/13) o teor foi maior. Como explicado anteriormente, os meses de nov/12 e dez/12 parecem não seguir este padrão devido ao fato de serem os primeiros meses de avaliação, tempo em que a planta poderia estar investindo mais no crescimento e adaptação. A umidade variou pouco durante o ano avaliado, porém também acompanha os níveis de precipitação. Estudos com *Plectranthus amboinicus* (Lourr.) Spreng. demonstraram que a produção de óleo essencial apresentou aumento no rendimento nos meses de baixa precipitação e baixos rendimentos nos meses de alta precipitação, concluindo que o excesso de água reduz a produção de óleo essencial (CARNEIRO, 2010). A partir de jul/13, apesar de ainda haver precipitação, o teor começa a aumentar. Isso pode ter ocorrido porque nesse mês as chuvas começam a ficar mais espaçadas e há uma tendência no aumento da irradiância incidente e aumento da AFT, porém nenhum fator age separadamente na produção dos metabólitos secundários e pode ter havido influencia de outros ou de diversos fatores conjuntamente (GOBBO-NETTO & LOPES, 2007).

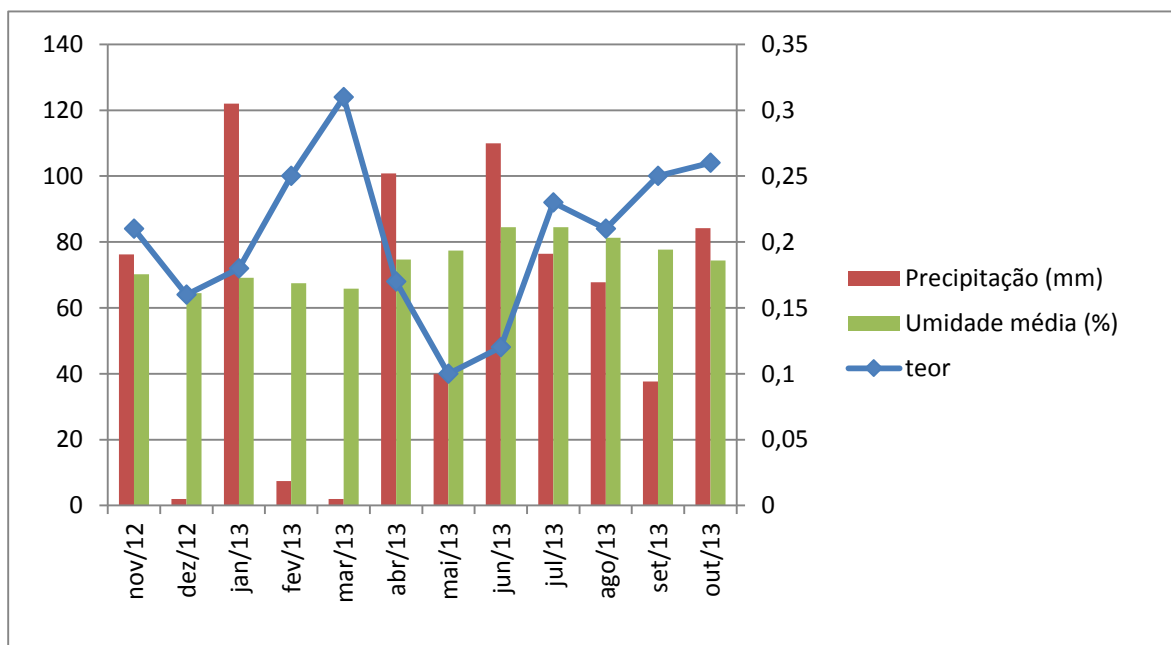


Figura 4. Correlação negativa da precipitação e umidade média no teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada em condições de Feira de Santana-BA.

Os resultados obtidos nesse trabalho, apesar de preliminares, pois são os primeiros do gênero com *Martianthus leucocephalus*, espécie ainda em processo de domesticação, sugerem a possibilidade de maiores produções de óleo essencial nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana, Bahia, Brasil, com o plantio realizado em campo nos meses de maio/junho e colheita entre os meses de setembro e março, sob cultivo irrigado. Como a espécie tem hábito perene, com rápida rebrota, pode-se obter dois ou mais cortes entre esses meses, sendo algo que ainda deve ser pesquisado.

Conclusões

A espécie *Martianthus leucocephalus*, em cultivo irrigado e nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana, Bahia, Brasil, vegeta e floresce ao longo dos doze meses do ano; as maiores produções de óleo essencial, nessas condições climáticas (ano agrícola 2012/2013), são obtidas nos meses de setembro a março; a produção de óleo essencial é diretamente afetada pela irradiância, umidade relativa e precipitação, com maiores produções nos meses de maior irradiância e menor precipitação e umidade relativa.

Referências

- BARROS, F. M. C.; ZAMBARDA, E.O.; HEINZMANN, B.M. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Quimica Nova**, Vol. 32, No. 4, 861-867, 2009
- BOTREL, P. P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 533-538, Maringá, 2010
- CARNEIRO, F. B. et al. Variação da quantidade de β -cariofileno em óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng., Lamiaceae, sob diferentes condições de cultivo. **Revista Brasileira Farmacognosia**, vol.20, n.4, p. 600-606, 2010.

CASTRO, D. M.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Composição fitoquímica dos óleos essenciais de folhas da *Lippia alba* (Mill). N.E.Br em diferentes épocas de colheita e partes do ramo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.4, n.2, p. 75-79, 2002.

FALCÃO, D. Q.; MENEZES, F.S. Revisão etnofarmacológica. Farmacológica e química do gênero *Hyptis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.84, n.3, p.69-74, 2003.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**, versão 5.3 (Build 75), 2010.

GIULIETTI, A. M. et al. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga**. Disponível em: <HTTP://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/BioDiversidade_Caatinga_parte2.pdf> 2002.

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

GOMES, P. A. et al. Influência do sombreamento na produção de biomassa, óleo essencial e quantidade de tricomas glandulares em cidrão (*Lippia citriodora* Lam.), **Revista Biotemas**, 22 (4), 2009

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Monitoramento das estações automáticas**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>, Acesso em 2012 e 2013.

LUCHESE, A. M. et al. Óleos essenciais do gênero *Hyptis* da região do semi-árido da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 3. 2005, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. p.118.

MASETTO, M. A. M. et al. Teor e composição do óleo essencial de inflorescências e folhas de *Lavandula dentata* L. em diferentes estádios de desenvolvimento floral e épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.4, p.413-421, 2011.

MEIRA, M. R. et al. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, On line. Santa Maria, 2013.

OLIVEIRA, L. M. et al. Propagação vegetativa de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth.. e *Hyptis platanifolia* Mart. ex Benth.. (Lamiaceae), **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p.73-78, 2011.

PRAVUSCHI, P. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjericão (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 687-693, 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 Botânica**, V.33, n.4, p.631-637, 2010.

SALES, J. F. et al. Influência do nível de irradiância no crescimento, produção e composição química do óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marrubioides* Epl.) **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 389-396, abr./jun. 2009

SANTOS, G. A.; BRENZAN, M. A.; L. Z. SERRA. Influência do cultivo na produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *mentha spicata* Sabios, **Revista de saúde e biologia**, v.8, n.3 p.19-25, ago./dez., 2013.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistic: version 9.1.3. Cary: SAS Institute, 846 p, 2004.

SERUDO, R. N. et al. Acúmulo de matéria seca e rendimento de óleo da planta *Otacanthus azureus* em função da luminosidade e adubação nitrogenada. **Scientia Plena**, vol. 9, num. 11, 2013.

SILVA, N. A. et al. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.3, p.52-55, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*, 5 ed, 918 p, 2013.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R. **QUANT— A software for plant disease severity assesmsment**. 8 INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, Christchurch, New Zealand, p.105, 2003.

CAPÍTULO 2

**VARIAÇÃO SAZONAL DO TEOR E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus
leucocephalus* (MART. EX. BENTH.) J.F.B.PASTORE
CULTIVADA EM CONDIÇÕES DE FEIRA DE SANTANA,
BA, BRASIL.**

VARIAÇÃO SAZONAL DO TEOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Martianthus leucocephalus* (MART. EX. BENTH.) J.F.B. PASTORE CULTIVADA EM CONDIÇÕES DE FEIRA DE SANTANA, BA, BRASIL.

AZEVEDO, B.O.^{1*}; OLIVEIRA, L.M.¹; LUCHESE, A.M.²; SILVA, D.J.¹, LEDO, C.A.S³

¹Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), *biancaoz@yahoo.com.br;

²Departamento de Ciências Exatas da UEFS

³Embrapa Mandioca e Fruticultura

RESUMO: Óleos essenciais são compostos voláteis, constituídos principalmente de mono e sesquiterpenos e com grande aplicação na indústria farmacêutica, de alimentos, cosméticos e biopesticidas. A composição dos óleos essenciais sofre variações devido à forte influência que os fatores abióticos exercem na sua biossíntese, podendo levar a um produto de baixa qualidade no mercado. *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex. Benth.) J.F.B.Pastore é uma erva aromática endêmica do semiárido do Brasil que produz em média 0,2% de óleo essencial em suas folhas, com atividade antimicrobiana frente a *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus* e antifúngica frente a *Candida albicans*. O objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito da sazonalidade no teor e composição do óleo essencial de *M.leucocephalus* cultivada em condições edafoclimáticas de Feira de Santana – BA. O experimento foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), em delineamento experimental inteiramente casualizado, com doze tratamentos, constituídos dos diferentes meses do ano, com cinco repetições. A cada mês foram registrados os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e irradiância, a partir dos dados gerados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Mensalmente foram quantificados o teor do óleo essencial e a composição química dos mesmos, por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM). Os dados foram submetidos à análise de correlação e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Os fatores ambientais influenciaram o teor e a composição do óleo essencial durante o período de avaliação. O teor de óleo foi maior nos meses de maior irradiância solar, enquanto nos meses de maior precipitação e umidade relativa do ar obteve-se menor teor de óleos essenciais. Dentre os compostos majoritários, o formiato de isobornila foi encontrado em maior concentração nos meses de baixa irradiância e umidade do ar elevada, o mesmo ocorreu com espatulenol e óxido de cariofileno, enquanto que o contrário foi observado para E-cariofileno, viridifloreno e α -muurolol. Todos componentes apresentaram pouca estabilidade nas concentrações ao longo do período estudado, exceto α -muurolol.

PALAVRA-CHAVE: Plantas medicinais; Lamiaceae; Metabolismo secundário; Fitoquímica; *Hyptis leucocephala*.

ABSTRACT: Essential oils are volatile compounds, constituted mostly by mono and sesquiterpenes with a great applicability on pharmaceutical, food, cosmetic, and biopesticide industries. Essential oils composition varies due to a strong influence of abiotic factors on its biosynthesis, resulting in a low quality product on the market. *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J. F. B. Pastore is an aromatic herb endemic to the semiarid region of Brazil and produces an average of 0.2% of essential oil in its leaves, which shows an antimicrobial activity on *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* and an antifungal activity on *Candida albicans*. The goal of this study was to evaluate growth and content of essential oils in *M. leucocephalus* cropped and harvested in different months throughout a year, in edaphoclimatic conditions of Feira de Santana, Bahia, Brasil. Experiments were undergone in Horto Florestal Experimental Unit from Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Experimental design was entirely randomized, with twelve treatments, from different months of harvesting and five replicates. We collected data of each month mean values for temperature, air humidity, rainfall and irradiance from INMET (Meteorology National Institute). Contents and composition of essential oil were monthly quantified by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrophotometry (GC/EM). Data were submitted under correlation analysis and mean averages were compared on a Scott-Knott test. Environmental factors influenced content and composition of essential oil during the studied period. Content of oil was higher on months with a larger solar irradiance, while on months with the higher rainfall and relative humidity values the lowest contents of oil were recorded. Among majoritary compounds, foriate isobornile was found in the highest concentration on months with a low solar irradiance and high levels of relative humidity, the same pattern was observed for spathulenol and caryophyllene oxide, while the opposite was observed for E-caryophyllene, viridifloreno and α -muurolol. All compounds showed a low stability on concentrations throughout the period of study, except for muurolol.

Keywords: Medicinal Plants; Lamiaceae; Secondary Metabolism; Phytochemistry; *Hyptis leucocephala*.

Introdução

Martianthus leucocephalus (Mart. Ex. Benth.) J.F.B.Pastore, anteriormente designada como *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. é uma planta medicinal endêmica do semiárido brasileiro e pertence à família Lamiaceae. É uma erva aromática decumbente de cerca de 20 cm de altura, com folhas cartáceas, flores com cálice esverdeado e corola arroxeadas (OLIVEIRA et al., 2011). É utilizada pelas comunidades locais para tratamento de doenças respiratórias. Produz óleos essenciais com atividade antimicrobiana comprovada frente à *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus* e antifúngica frente à *Candida albicans* (LUCCHESI et al., 2005).

Devido ao elevado potencial fitoquímico do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus*, vêm sendo realizados estudos que visam sua domesticação e, conseqüentemente, sua exploração econômica de forma mais sustentável. Estudos de suas formas de propagação foram realizados e o método por estaquia se mostrou adequada para a sua multiplicação (OLIVEIRA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012). Estes estudos são primordiais para futura exploração econômica desses importantes recursos genéticos de plantas.

Os óleos essenciais são misturas de mono e sesquiterpenos voláteis e possuem aroma característico. Apresentam reconhecidas propriedades como repelentes de insetos e contra herbivoria, sendo freqüentemente encontrados em tricomas glandulares que se projetam da epiderme de folhas e ramos e agem como advertência sobre a toxicidade da planta (TAIZ & ZEIGER, 2013). Os óleos essenciais possuem grande importância para diversos ramos da indústria, como farmacêutica, cosmética e alimentícia (LAVABRE, 1992). O mercado mundial desse produto gira em torno de US\$ 15 milhões/ano, com crescimento de 11% ao ano, sendo o Brasil um dos principais exportadores de óleo essencial de cítricos. Porém essas exportações se encontram em queda e isso se deve, principalmente, à baixa qualidade dos óleos essenciais e a falta de padronização (BIZZO et al., 2009). Apesar de constar na lista de exportadores, a posição do Brasil encontra-se muito abaixo do desejado, considerando ser o detentor de grande diversidade de espécies aromáticas (GIULIETTE, 2002). Contudo, nos últimos anos muitas espécies de plantas medicinais e aromáticas brasileiras estão

sendo estudadas e vêm despertando grande interesse da indústria farmacêutica e de cosméticos.

O teor do óleo essencial presente nas folhas da espécie *M. leucocephalus* encontra-se na ordem de 0,2%, com formiato de isobornila como composto majoritário (LUCCHESI et al., 2005). Porém, variações qualitativas e quantitativas dos principais componentes dos óleos essenciais podem ocorrer devido à influência de fatores abióticos, como irradiância, temperatura, precipitação e umidade (LIMA et al., 2003; BARROS et al., 2009), que interferem na biossíntese dos seus componentes.

Diversos estudos vêm demonstrando o efeito da sazonalidade na produção e composição de óleos essenciais. Em experimento com *Hyptis marrubioides* Epl. em que foi analisado o teor de óleo em função da sazonalidade, verificou-se o maior teor na estação do verão, época em que as temperaturas se encontraram mais elevadas (BOTREL, 2010). Estudos com *Lippia alba* (Mill.) demonstraram que o maior teor de óleo foi encontrado nas plantas submetidas a um nível maior de irradiância, o que também ocorreu com *Baccharis trimera* (Less.) (VENTRELA & MING, 2000; SILVA et al., 2006). A composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) e de *Pittosporum undulatum* Vent. variaram consideravelmente em função de fatores microclimáticos e época de colheita (CASTRO et al., 2002; LAGO et al., 2003). Porém, sabe-se que cada espécie responde aos estímulos de maneira diferente e para se obter uma produção de importância econômica reconhecida é preciso conhecer o efeito dessas condições climáticas, a fim de se obter um óleo essencial de qualidade.

Até o momento não há trabalhos publicados na literatura que tenham avaliado a influência dos fatores abióticos no teor e composição química dos óleos essenciais de *Martianthus leucocephalus*. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variação do teor e composição química do óleo essencial dessa espécie, cultivada no período de um ano nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana, Bahia, Brasil, relacionando com as variáveis climáticas de temperatura, pluviosidade, umidade relativa, irradiância e fotoperíodo.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia, Brasil, localizada a 12°16'00" de latitude sul e 38°58'00" de longitude oeste, apresentando altitude de 234 metros e temperatura média anual de 24°C.

Material biológico

As plantas foram obtidas através de propagação por estaquia a partir de plantas matrizes mantidas na coleção de plantas aromáticas da Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana e identificadas no Herbário desta mesma universidade (HUEFS) (Voucher 25.322). Estacas apicais com aproximadamente 5 cm de comprimento foram cultivadas em placas de polipropileno com 200 células (Figura 1-A), preenchidas com uma mistura de substrato comercial Biomix® e composto orgânico, na proporção 1:1, conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2011). Após 45 dias de cultivo em casa de vegetação com nebulização intermitente, as plantas foram transferidas para o local definitivo, onde foram plantadas em canteiros mantidos a pleno sol, com dimensões de 1,0 x 10 m e 20 cm de altura (Figura 1-B). O solo foi corrigido e adubado antes do plantio, conforme resultado da análise química do solo. Para tal, foram aplicadas 6.160 g de calcário dolomítico e 732,6 g de fósforo (superfosfato simples) na área total e 10 litros de composto orgânico em cada canteiro. As mudas foram plantadas em espaçamento de 40 x 40 cm, procedendo-se limpeza manual a cada 30 dias e irrigação em dias alternados, com sistema de microaspersão. Com a finalidade de se manter constante a disponibilidade de água nos canteiros ao longo dos meses, foram instalados três tensiômetros digitais, de forma aleatória, procedendo-se leituras semanais. Após 120 dias de cultivo iniciou-se as colheitas mensais, definindo-se aleatoriamente nos canteiros a cada mês cinco repetições, tendo cada repetição constituída de 1m² de canteiro, onde se efetuou a colheita da parte aérea das plantas (Figura 1-C), separando-se folhas e flores para a extração do óleo essencial (Figura 1-D).

Extração do óleo essencial

A extração do óleo essencial foi realizada no Laboratório de Extração de Produtos Naturais (LAEX) da UEFS, localizado na Unidade Experimental Horto Florestal, através de aparelho de destilação tipo Clevenger (Figura 1-E). Foi utilizada toda massa seca das folhas e flores de cada parcela, com tempo de destilação de 3 h (Figura 1-F). Após a destilação, o óleo foi recolhido e adicionado sulfato de sódio anidro para separação da água residual (Figura 1-G). O teor do óleo essencial foi quantificado pela massa de óleo em balança analítica e foi expresso em porcentagem massa/massa (g de óleo por 100 g de matéria seca) (Figura 1-H).

Quantificação dos componentes majoritários

A análise dos compostos voláteis foi efetuada no Laboratório de Produtos Naturais e Bioativos (LAPRON) da UEFS, através da combinação de técnicas de Cromatografia Gasosa (CG), para quantificação dos constituintes e determinação do índice de Kovats¹ e Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM) para identificação dos constituintes (Figura 1-G e H).

Para a análise da composição química, os óleos essenciais (50 mg) foram previamente diluídos em 1 mL de metanol. Na análise por CG/DIC foi utilizado um Cromatógrafo Shimadzu® CG-2010 equipado com injetor automático AOC-20i, coluna capilar Rtx-5 (30 m x 0,25 mm), espessura do filme 0,25 µm, temperatura do injetor 220°C e do detector 240°C, hélio como gás de arraste (1,2 mL.min⁻¹), com programa de temperatura do forno de 60° a 240°C a 3°C.min⁻¹, mantendo a 240°C por 20 min, split de 1:20, volume de injeção de 1 µL.

As análises por CG/EM foram realizadas em Cromatógrafo Shimadzu® CG-2010 acoplado a Espectrômetro de Massas CG/MS-QP 2010 Shimadzu®, com injetor automático AOC-20i, coluna capilar DB-5ms (30 m x 0,25 mm), espessura do filme 0,25 µm, temperatura do injetor 220°C, gás de arraste hélio (1 mL.min⁻¹), temperatura da interface e da fonte de ionização 240°C, energia de

¹O índice de Kovats é um índice de retenção que descreve o comportamento de retenção do composto comparativamente ao de uma mistura de alcanos de diferentes números de átomos de carbono. Este índice de retenção fornece informação sobre a seqüência de eluição do composto e varia em função da fase estacionária e da temperatura, sendo independente das condições experimentais.(JANZANTTI et al., 2003)

ionização 70, corrente de ionização 0.7 kV e programa de temperatura e split semelhante à descrita acima.

A identificação dos constituintes foi realizada através do cálculo do índice de Kovats de cada um dos picos. A determinação dos Índices de Kovats foi realizada por co-injeção com padrões de alcanos (C8 a C24), conforme equação a seguir:

$$IK = 100 N + 100 \cdot \frac{(\log t'_{R(A)} - \log t'_{R(N)})}{(\log t'_{R(N+1)} - \log t'_{R(N)})}$$

Onde:

IK = Índice de Kovats

N = Número de átomos de carbono do padrão do alcano (C₈ a C₂₄)

t'_{R(A)} = tempo de retenção do pico calculado

t'_{R(N)} = tempo de retenção do alcano correspondente ao pico calculado

t'_{R(N + 1)} = tempo de retenção do alcano que elui posteriormente ao pico calculado.

Cada pico do cromatograma foi também identificado pelo seu espectro de massas, pela comparação com a biblioteca do equipamento (NIST21 e NIST107), consulta a literatura especializada (ADAMS, 2007; JOULAIN; KONIG, 1998) e injeção de padrões autênticos. Já a quantificação do percentual relativo dos constituintes identificados foi obtida com base nas áreas dos picos cromatográficos correspondentes pelo método da normalização.

Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos de temperatura, umidade relativa do ar, índice pluviométrico, fotoperíodo e irradiância foram obtidos mensalmente a partir dos registros do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o qual mantém uma estação de observação na cidade de Feira de Santana (BA). Posteriormente, os valores diários foram tabulados e obtidos os valores médios utilizados para estudos de correlação com as variáveis quantitativas e qualitativas do óleo essencial de *M. leucocephalus*.

Análise estatística

Para as variáveis obtidas foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman, utilizando o procedimento CORR do SAS. Os coeficientes de correlação foram testados pelo teste t de Student a 5% de significância. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS InstituteInc, 2010). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010), onde também foi obtida a análise de variância.



Figura 1. (A) Estacas de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivadas em placas de polipropileno; (B) Plantas de *M. leucocephalus* cultivada em canteiro a pleno sol; (C) 1m² da parte aérea da planta sendo retirada para análises; (D) Folha, flor e caule utilizados nas análises; (E) Destilador do tipo Clevenger; (F) Óleo essencial obtido após 3 horas de destilação; (G) Cromatógrafo a gás (CG) (TELES, 2013); (H) Cromatógrafo acoplado ao Espectrometro de Massa (CG-EM) (TELES, 2013).

Resultados e discussão

O teor de óleo essencial (TO) obtido nos diferentes meses variou significativamente (Tabela 1). As maiores médias foram encontradas nos meses de mar/13 (0,31%), out/13 (0,26%), fev/13 (0,25%) e set/13 (0,25%) e as menores nos meses de mai/13 (0,10%) e jun/2013 (0,12%). Estes resultados demonstram a grande variabilidade que ocorre na produção de óleos voláteis na espécie ao longo do ano. Comparando essas respostas com os dados meteorológicos obtidos (Tabela 1) foi possível verificar que o teor de óleo essencial foi maior nos meses em que os níveis de irradiância foram mais elevados e à medida que a irradiância diminuiu, até atingir os níveis mais baixos em mai/13 e jun/13, o teor de óleo também diminuiu.

Tabela 1. Variação mensal do teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore e dados meteorológicos obtidos através do INMET nos meses de estudo, nas condições edafoclimáticas de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Meses/ Ano	Teor (%)	Temperatura média (°C)	Umidade média (%)	Precipitação (mm)	Irradiância (KJ/m ²)	Fotoperíodo (h/dia)
nov/12	0,21 c	26,01	70,2	76,2	2374,41	12,41
dez/12	0,16 d	26,67	64,51	2	2609,09	12,51
jan/13	0,18 d	26,75	69,1	122	2247,80	12,45
fev/13	0,25 b	26,83	67,44	7,4	2574,43	12,28
mar/13	0,31 a	27,54	65,84	2	2399,06	12,10
abr/13	0,17 d	25,65	74,7	100,8	1603,06	11,48
mai/13	0,10 e	25,12	77,44	40	1578,7	11,33
jun/13	0,12 e	22,96	84,52	110	1401,58	11,25
jul/13	0,23 c	22	84,51	76,4	1361,97	11,29
ago/13	0,21 c	22	81,24	67,8	1631,1	11,42
set/13	0,25 b	23,04	77,65	37,6	2017,75	12,01
out/13	0,26 b	24,09	74,42	84,2	2153,83	12,25
Média	0,20	24,89	74,30	60,53	1996,06	11,90

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Verifica-se que nos meses de baixa precipitação, fev/13 e mar/2013, o teor de óleo aumentou consideravelmente (Tabela 1). Assim, pode-se inferir que a combinação entre a elevada irradiância e baixa precipitação de chuvas favorece o aumento da produção do óleo essencial desta espécie. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar não variaram muito ao longo do período de avaliação, entretanto, para Gobbo-Neto e Lopes (2007) elas estão intimamente ligadas à produção de metabólitos secundários e necessitam de mais estudos.

Para corroborar com os resultados encontrados, a análise de correlação entre irradiância e teor de óleo essencial mostrou-se positiva (Tabela 2). Santos et al. (2013), analisando a produção de óleo essencial de *Mentha spicata* L. em função da luminosidade encontrou os maiores rendimentos no tratamento em pleno sol. Com *Hyptis marrubioides* Epl., também foi encontrado maior rendimento de óleo no cultivo a pleno sol (SALES et al., 2009). Por outro lado, a precipitação e a umidade relativa do ar influenciam negativamente o teor de óleo, sendo que quando os níveis de chuva aumentaram, a partir de abr/13, e se mantiveram durante alguns meses, o TO diminuiu. Isso também foi verificado com *Lavandula dentata* L., em que a precipitação contribuiu para menor acúmulo de óleo essencial (MASETTO et al., 2011).

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Spearman entre teor de óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore com as variáveis climáticas, nas condições de Feira de Santana – BA, Brasil.

	TEMP	UMID	PRECIP	RAD	FOTO
TEOR	0,1681 ^{ns}	-0,2557*	-0,3361*	0,3581*	0,2406 ^{ns}
TEMP		-0,9161*	-0,3678*	0,8112*	0,7273*
UMID			0,4869*	-0,9231*	-0,8741*
PREC				-0,5604*	-0,2627*
RAD					0,9021*

^{ns} não significativo pelo teste t a 5% de significância. * Significativo

A análise fitoquímica revelou a presença de 32 compostos no óleo essencial da espécie *Martianthus leucocephalus*, correspondendo a 96,71% dos seus constituintes (Tabela 3). A porcentagem relativa de monoterpenos foi de 49,95%, enquanto que os sesquiterpenos corresponderam a 46,23%, com 3,82% do óleo constituído de outros compostos. Os componentes encontrados em maior concentração foram formiato de isobornila (32,68%), α -muurolol (8,20%), óxido de cariofileno (7,76%), E-cariofileno (6,33%), viridifloreno (5,41%) e espatulenol (4,65%). Em estudos fitoquímicos com essa espécie Lucchese et al. (2005) também identificaram o formiato de isobornila como composto majoritário, sendo o único monoterpeno dentre os componentes principais.

Tabela 3. Componentes químicos identificados e seus respectivos índices de Kovats calculados (IKC), índices de Kovats da literatura (IKL), amplitudes e médias de suas concentrações do óleo essencial de *Martianthus Leucocephalus* (Mart. ex Benth) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Composto	IkLit	IkCalc	Amplitude (%)	Média geral (%)
α -pineno	939	939	0,28 - 0,79	0,55
Canfeno	954	954	0,32 - 1,51	0,75
Sabineno	975	977	0,52 - 2,39	1,35
3-octanona	979	988	0,80 - 3,50	2,16
β -mirceno	990	992	0,19 - 0,74	0,55
δ -3-careno	1011	1011	0,40 - 2,39	0,99
Limoneno	1029	1031	0,30 - 2,42	1,05
Menta-2,4(8)-dieno	1088	1089	0,44 - 1,36	0,80
Terpinoleno	1088	1091	0,37 - 0,67	0,50
Óxido de limoneno, cis	1136	1138	0,76 - 3,47	1,85
Mircenona	1149	1150	0,15 - 1,01	0,58
Borneol	1169	1170	0,94 - 4,30	2,33
1,3,5,8-undecatetraeno		1179	0,60 - 2,77	1,53
Formiato de isobornila	1239	1235	24,29 - 54,91	32,68
Acetato de bornila	1288	1289	0,55 - 4,49	2,39
Carvacrol	1299	1298	0,26 - 3,35	1,94

β -bourboneno	1388	1387	0,37 - 0,56	0,45
β -elemeno	1390	1393	0,35 - 0,35	0,35
E-cariofileno	1419	1425	0,50 - 11,20	6,33
α -humuleno	1454	1457	0,62 - 2,02	1,41
Cadina-1(6),4-dieno,cis	1463	1462	0,34 - 1,15	0,58
Germacreno D	1485	1485	0,66 - 4,71	2,72
Viridifloreno	1496	1496	0,96 - 7,25	5,41
β -bisaboleno	1505	1510	0,39 - 0,63	0,49
γ -cadineno	1513	1517	0,37 - 1,70	1,24
Cis-calameneno	1529	1526	0,30 - 0,55	0,41
Espatulenol	1578	1584	1,19 - 8,28	4,65
Óxido de cariofileno	1583	1588	2,89 - 13,19	7,76
Epóxido de humuleno II	1608	1613	0,50 - 3,03	1,64
1,10-di-epi-cubenol	1619	1620	1,29 - 10,97	2,53
α -muurolol	1646	1651	6,35 - 10,45	8,20
α -bisabolol	1685	1688	0,48 - 0,72	0,54
Total identificado				96,71
Total não identificado				3,29
Total monoterpenos				48,31
Total sesquiterpenos				44,71
Outros				3,69

O composto principal, formiato de isobornila, apresentou maiores concentrações nos meses de jan/13 e de abr/13 a ago/13, com maior pico de produção no mês de mai/13, quando equivaleu a 54,91% do óleo essencial (Tabela 4). Em todos esses meses a irradiância foi baixa e ocorreram índices de umidade e precipitação elevados (Figura 2), apresentando correlação positiva com o teor de óleo nos tecidos da planta (Tabela 5). O mesmo ocorreu com espatulenol e óxido de cariofileno, onde as maiores concentrações apresentadas pelos dois compostos foram nos meses de abr/13 a jun/13, sendo que a concentração de espatulenol também foi maior nos meses de jan/13 e ago/13, onde se verificou correlação positiva com os mesmos fatores climáticos. Assim, pode-se inferir que dias nublados, úmidos e com temperaturas mais amenas

favorecem a síntese desses compostos na planta. Para os demais compostos (α -muurolol, E-cariofileno e viridifloreno), as maiores concentrações foram observadas durante os meses mais quentes e secos do ano, com elevada irradiância, correspondente ao período de setembro a abril (Tabela 4), apresentando correlação positiva com temperatura, irradiância e fotoperíodo (Tabela 5). Dessa forma, verificou-se que dias ensolarados são mais propícios a síntese desses componentes.

Tabela 4. Variação mensal da concentração dos seis principais componentes do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex Benth.) J.F.B. Pastore cultivada nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Mês/ Ano	formiato de isobornila	α - muurolol	óxido de cariofileno	E-cariofileno	Viridifloreno	Espatuleno
nov/12	27,64 c	6,49 b	2,89 d	11,20 a	7,25 a	1,92 d
dez/12	27,10 c	9,51 a	7,64 c	7,59 b	5,69 b	4,32 c
jan/13	36,17 b	9,00 a	8,64 c	3,51 d	1,42 d	5,86 b
fev/13	27,47 c	9,73 a	6,08 c	8,64 b	6,12 a	3,18 c
mar/13	25,96 c	7,87 b	3,08 d	10,78 a	6,58 a	2,07 d
abr/13	33,29 b	8,76 a	13,14 a	2,63 d	1,06 d	8,28 a
mai/13	54,91 a	6,66 b	9,63 b	0,50 d	1,00 d	5,10 b
jun/13	37,33 b	7,81 b	13,19 a	1,93 d	0,97 d	7,77 a
jul/13	35,67 b	6,35 b	6,51 c	5,83 c	4,08 b	3,79 c
ago/13	35,05 b	7,16 b	7,72 c	5,68 c	3,13 c	8,36 a
set/13	27,28 c	8,66 a	8,08 c	8,44 b	5,19 b	4,61 c
out/13	24,29 c	10,45 a	6,55 c	9,27 b	6,79 a	4,23 c

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, $p < 0,05$.

Estudos têm demonstrado o efeito de diversos fatores climáticos, como a luminosidade, na composição de óleos essenciais. Os componentes majoritários de *Hyptis marruboides* Epl., por exemplo, apresentaram diferentes concentrações quando se alterou a porcentagem de luz incidente (SALES et al., 2009). Carneiro et al. (2010) encontraram concentrações mais altas de β -cariofileno no óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) nos meses de baixa precipitação. Barros et al. (2009) concluíram que a sazonalidade afetou de maneira distinta a biossíntese do número de estruturas das duas principais classes de terpenóides

presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) e cita que as condições climáticas podem beneficiar a biossíntese desses constituintes terpenóides, através do favorecimento da atividade da enzima principal envolvida na via de síntese, a terpeno-sintetase. Para esses autores a temperatura ótima de reação da enzima ocorre entre 30 e 37° C e, nesse caso, a temperatura pode ser um fator importante no controle da rota de síntese. Portanto, assim como a temperatura é um fator importante na atividade enzimática, outros fatores também podem influenciar esta regulação, o que pode justificar a variabilidade na concentração de certos constituintes em diferentes meses do ano.

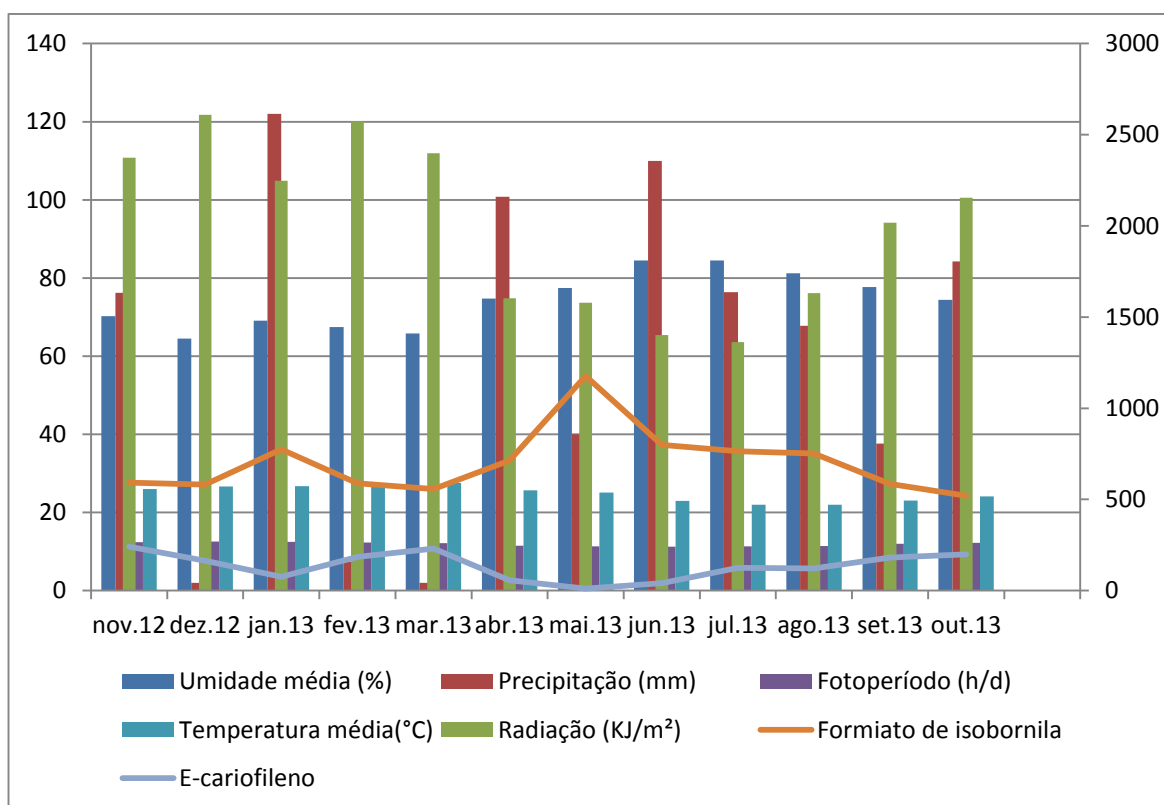


Figura 2. Correlação dos compostos majoritários formiato de isobornila e E-cariofileno do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex. Benth.) J.F.B. Pastore com as variáveis climáticas nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Dentre os componentes principais o α -muurolol foi o que apresentou maior estabilidade ao longo dos meses, o que sugere que a síntese desse composto é menos sensível às variações climáticas que podem ocorrer mensalmente. Alguns

compostos também se correlacionaram inversamente, como por exemplo, o formiato de isobornila e o E-cariofileno (Figura 2), isso acontece devido a síntese de cada um deles ocorrer favoravelmente a condições ambientais distintas.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman entre os compostos majoritários do óleo essencial de *Martianthus leucocephalus* (Mart. ex. Benth.) J.F.B. Pastore as variáveis climáticas de temperatura (TEMP), umidade relativa do ar (UMID), precipitação de chuva (PREC), irradiância solar (RAD) e fotoperíodo (FOTO) nas condições de Feira de Santana, Bahia, Brasil.

	E-cariofileno	viridifloreno	espatulenol	óxido de cariofileno	α -muurolol	TEMP	UMID	PREC	RAD	FOTO
Formiato de isobornila	-0,8930*	-0,8630*	0,5610*	0,5790*	-0,5900*	-0,3890*	0,5430*	0,4090*	-0,6520*	-0,5530*
E-cariofileno		0,9420*	-0,7940*	-0,8100*	0,2890*	0,3410*	-0,4750*	-0,4510*	0,6250*	0,5090*
Viridifloreno			-0,8190*	-0,7900*	0,3070*	0,2930*	-0,4690*	-0,5440*	0,5980*	0,4680*
Espatulenol				0,9320*	0,0900*	-0,3500*	0,4570*	0,5000*	-0,5110*	-0,4130*
Óxido de Cariofileno					0,0481 ^{ns}	-0,3140*	0,4370*	0,4380*	-0,5080*	-0,4160*
α -muurolol						0,3290*	-0,4290*	-0,1320 ^{ns}	0,4820*	0,4680*
TEMP							-0,9160*	-0,3680*	0,8110*	0,7270*
UMID								0,4870*	-0,9230*	-0,8740*
PREC									-0,5600*	-0,2630*
RAD										0,9020*

^{ns} não significativo pelo teste t a 5% de significância.

* Significativo

A composição geral do óleo essencial de *M. leucocephalus* não variou muito durante o período, porém os compostos mircenona e 1,3,5,8-undecatetraeno não foram encontrados no mês de fev/13. Outro fato que merece destaque foram às baixas concentrações de alguns componentes principais durante alguns meses, fazendo com que outros compostos se destacassem. É o que ocorreu em nov/12, quando a concentração de espatulenol foi baixa, enquanto que a concentração do composto germacreno D aumentou. De acordo com Murari et al. (2008) esse constituinte é muito instável e parece não estar relacionado a alguma atividade antibacteriana. O viridifloreno e o E-cariofileno também foram encontrados em baixa concentração de abr/13 a jun/13, fazendo com que os compostos borneol, acetato de bornila e epóxido de humuleno II aparecessem em maior concentração nesse período. Isso pode ter ocorrido devido às condições climáticas que não foram favoráveis para a biossíntese desses compostos, meses em que a precipitação e umidade foram altos, enquanto os níveis de irradiância foram baixos, fatores esses que tiveram correlação com a produção do viridifloreno e E-cariofileno. Sabe-se que alguns compostos com cariofileno possuem algumas atividades, como antibacteriana. Carneiro et al. (2010) encontrou baixo rendimento de β -cariofileno nos meses de alta precipitação. Portanto, sendo esse o composto de interesse, para sua obtenção não é aconselhável colheitas em meses com altos índices pluviométricos. Apesar dessas pequenas variações o composto majoritário formiato de isobornila se encontrou em altas concentrações em relação a todos demais compostos durante os doze meses.

Os resultados obtidos nesse trabalho demonstram que os fatores ambientais influenciaram diretamente o teor e a composição do óleo essencial de *M. leucocephalus*. Altos níveis de irradiância solar, baixa umidade do ar e baixo índice de precipitação de chuvas favorecem o aumento do teor de óleo nos tecidos. Demonstram ainda que a concentração dos compostos majoritários variou consideravelmente em função dos fatores climáticos, havendo a necessidade de se identificar os compostos de maior importância farmacológica para que sejam obtidos nas épocas favoráveis para cada um. Para obtenção do formiato de isobornila, espatulenol e óxido de cariofileno, por exemplo, os meses com baixos níveis de irradiância solar e alta umidade são mais adequados,

devendo-se evitar a colheita em dias de chuva devido ao baixo teor encontrado nestas condições. Já para α -muurolol, E-cariofileno e viridifloreno é aconselhável a obtenção do óleo nos meses mais quentes e secos, quando suas concentrações estão mais altas. Os meses em que o teor de óleo essencial foi elevado, a concentração do formiato de isobornila foi mais baixa que os demais meses, o que sugere que na definição da época de colheita deve-se levar em consideração não apenas o volume de óleo, mas a sua qualidade. Por fim, os resultados apontam para quase todos os compostos pouca estabilidade nas suas concentrações ao longo dos meses do ano, por isso, é aconselhável o uso de ambientes controlados para uma maior escala de produção.

Conclusões

Os fatores ambientais influenciam diretamente o teor e a composição de óleo essencial de *M. leucocephalus*; Altos níveis de irradiância solar, baixa umidade do ar e baixo índice de precipitação de chuvas favorecem o aumento do teor de óleo essencial nos tecidos; baixos níveis de irradiância solar, alta precipitação de chuva e alta umidade favorecem a produção do formiato de isobornila, composto majoritário do óleo essencial dessa espécie.

Referências

ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4 ed. Allured Publishing Corporation©: Carol Stream, Illinois-USA, 804p. 2007.

BARROS, F. M. C.; ZAMBARDA, E. O.; HEINZMANN, B. M. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, Vol. 32, No. 4, 861-867, 2009

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, Vol. 32, nº 3, 588-594p, 2009.

BOTREL, P. P. et al. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.3, p.533-538, 2010.

CARNEIRO F. B. et al. Variação da quantidade de β -cariofileno em óleo essencial de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng., Lamiaceae, sob diferentes condições de cultivo. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 600-606, Ago./Set. 2010

FERREIRA, D. F. **SISVAR**, versão 5.3 (Build 75), 2010.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Monitoramento das estações automáticas.** Disponível em <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>, Acesso em 2012 e 2013.

JOULAIN, D.; KÖNIG, W. A. **The Atlas of Spectral Data of Sesquiterpene Hydrocarbons.** E. B. Verlag©: Hamburg-Germany, 1998. 658p.

GIULIETTI, A. M. et al. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga.** Disponível em: <[HTTP://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/BioDiversidade_Caatinga_parte2.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/BioDiversidade_Caatinga_parte2.pdf)> 2002.

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

LAVABRE, M. **Aromaterapia: A cura pelos óleos essenciais**, Record, Rio de Janeiro, 1992.

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**, V. 10, n.2, p.71 - 77, 2003

LUCCHESI, A. M. et al. Óleos essenciais do gênero *Hyptis* da região do semi-árido da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 3. 2005, Campinas, **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. p.118.

OLIVEIRA, L. M. et al. Propagação vegetativa de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. e *Hyptis platanifolia* Mart. ex Benth. (Lamiaceae), **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.13, n.1, p.73-78, 2011.

PEREIRA, D. M. S. et al. Indução e caracterização morfológica e bioquímica de calos de *Hyptis leucocephala* (Lamiaceae). **Sitientibus** série Ciências Biológicas 12(1): 151–156, 2012.

SALES, J. F. et al. Influência do nível de irradiância no crescimento, produção e composição química do óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides* Epl.). **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 389-396, 2009

SANTOS, G. A.; BRENZAN, M. A.; L. Z. SERRA. Influência do cultivo na produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha spicata* Sabios, **Revista de saúde e biologia**, v.8, n.3 p.19-25, ago./dez., 2013.

SILVA, N. A. et al. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.3, p.52-55, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*, 5 ed., 918 p, 2013.

VENTRELLA M. C; MING L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira** 18:972-974, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAS

É possível o cultivo e a produção de óleos essenciais de *M. leucocephalus*, nas condições de Feira de Santana-Ba, Brasil, durante os doze meses do ano em cultivo irrigado;

O maior teor de óleo essencial de *M. leucocephalus* é obtido nos meses de setembro à março;

Os níveis elevados de radiância favorecem a maior produção do óleo essencial e a precipitação é responsável pela sua diminuição;

Os fatores ambientais influenciam o teor e a composição química do óleo essencial.