

INFLUÊNCIA DOS FATORES ABIÓTICOS NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Lilia Aparecida Salgado de Moraes

Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, Km 127,5 s/n, Bairro Tanquinho Velho, Jaguariúna – SP; CEP:13820-000
e-mail:lilia@cnpma.embrapa.br

RESUMO

Os óleos essenciais constituem um dos mais importantes grupos de matérias primas para as indústrias de alimentos, farmacêutica, perfumaria e afins. São constituídos por uma mistura complexa de diversas classes de substâncias, dentre elas os fenilpropanóides, mono e sesquiterpenos, pertencentes ao metabolismo secundários das plantas. O metabolismo secundário por sua vez pode ser influenciado, dentre outros, por fatores genéticos, climáticos (temperatura, intensidade de luz, efeito sazonal, etc.) e edáficos. Observa-se que, grande parte das espécies popularmente utilizadas, encontra-se próxima ao estado silvestre, mantendo forte interação com o ambiente. Informações sobre o efeito de condições ambientais no

metabolismo secundário de plantas provêm principalmente de esforços da pesquisa para maximizar a produção de constituintes ativos de espécies medicinais e aromáticas. Como aplicação prática, avanços no sentido de compreender a influência dos fatores ambientais na regulação de biossíntese de metabólitos secundários, podem contribuir para um aumento na produção de compostos de interesse nestas espécies. Neste artigo será abordada a ação de alguns fatores abióticos no rendimento e composição de óleos essenciais, com base nos dados da literatura, sem a pretensão de esgotar este extenso tema.

PALAVRAS-CHAVE: sazonalidade, estresse hídrico, nutrição, época de coleta, plantas medicinais e aromáticas.

INTRODUÇÃO

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos na maioria das vezes, por moléculas de natureza terpênica. Frequentemente apresentam odor agradável e marcante. São freqüentemente extraídos das partes vegetais através de arraste à vapor d' água, hidrodestilação ou expressão de pericarpo de frutos cítricos, porém há outros métodos de extração como a enfleurage ou enfloração, extração por CO₂ supercrítico (muito utilizado na indústria) e por solventes orgânicos apolares (não apresentam valor comercial).

Em temperatura ambiente apresentam aspecto oleoso, tendo como principal característica a volatilidade. Isto os diferencia dos óleos fixos, que são misturas de substâncias lipídicas, geralmente provenientes de sementes (e.g.: óleo de rícino, manteiga de cacau e óleo de linhaça). Apresentam-se geralmente incolores ou levemente amarelados, com sabor ácido e picante, pouco estáveis em presença de luz, calor e ar, além de serem pouco solúveis em água (Simões & Spitzer, 1999; Saito & Scramin, 2000).

A composição química dos óleos essenciais é determinada por fatores genéticos, porém, outros fatores podem acarretar alterações significativas na produção dos metabólitos secundários. De fato, os metabólitos secundários representam uma interface química entre as plantas e o ambiente. Os estímulos decorrentes do ambiente, no qual a planta se encontra, podem redirecionar a rota metabólica, ocasionando a biossíntese de diferentes compostos. Dentre estes fatores, podem-se ressaltar as interações planta/ microrganismos, planta/ insetos e planta/ planta; idade e estágio de desenvolvimento, fatores abióticos como luminosidade, temperatura, pluviosidade, nutrição, época e horário de coleta, bem como técnicas de colheita e pós – colheita. É válido ressaltar que estes fatores podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, podendo exercer influência conjunta no metabolismo secundário. Em estudos de campo e com plantas anuais, os efeitos da sazonalidade podem ser confundidos com alterações metabólicas, sob controle do processo de desenvolvimento hormonal, controlado pela planta, devendo assim ser considerados em conjunto. A interferência de alguns fatores abióticos no rendimento e na composição dos óleos essenciais será descrita a seguir.

TEMPERATURA E LUMINOSIDADE:

A temperatura e a luminosidade apresentam papel relevante na fotossíntese, pois a interação destes fatores garante um ambiente ideal para o processo fisiológico (Souza et al., 2008). Apesar de as espécies terem se adaptado ao seu habitat natural, os vegetais são capazes de resistir a variações de temperatura. Estas variações são responsáveis pelas alterações na produção de metabólitos secundários. Os óleos essenciais, na maioria das vezes, apresentam um aumento em seu teor quando as plantas produtoras se encontram em ambientes com temperatura elevada, porém, em dias muito quentes, pode-se observar perda excessiva dos mesmos.

A intensidade luminosa é um fator que influencia a concentração bem como a composição dos óleos essenciais. Como exemplo, o desenvolvimento dos tricomas glandulares (estruturas vegetais que biossintetizam e armazenam o óleo essencial) de *O. basilicum* e *T. vulgaris* são processos dependentes de luz.

Folhas de *Mentha piperita* (hortelã) apresentaram como compostos majoritários do óleo essencial o mentol, a mentona e apenas traços de mentofurana, quando as plantas foram submetidas a dia longo. Em dias curtos, o constituinte do óleo essencial foi a mentofurana, composto quase ausente em dias longos (Voirin et al., 1990).

Hay & Svoboda (1993) definem tricomas glandulares como apêndices epidérmicos que ocorrem em vários órgãos vegetais. Citam, na mesma obra, que os tricomas são responsáveis pela síntese e armazenamento dos compostos terpênicos.

A radiação solar intervém diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, e indiretamente, pelos efeitos no regime térmico, sendo fundamental à produção de fitomassa.

É igualmente importante no condicionamento da evaporação e da evapotranspiração. Tanto a temperatura do ar como a do solo, afetam os processos de crescimento e de desenvolvimento para as plantas. Cada germoplasma apresenta limites térmicos mínimos, máximos e ótimos, para cada estágio de desenvolvimento (fenologia) (Ortolani & Camargo, 1987).

A maior produção de metabólitos secundários sob altos níveis de radiação solar são explicadas devido ao fato de que as reações biossintéticas são dependentes de suprimentos de esqueletos carbônicos, realizados por processos fotossintéticos e de compostos energéticos que participam da regulação dessas reações (Taiz & Zeiger, 2004).

SAZONALIDADE

A composição química e o teor de óleo essencial pode sofrer alterações durante as estações do ano. Colheitas de *O. gratissimum* realizadas na Índia, durante a estação úmida e quente, proporcionaram incremento na produção de fitomassa, quando comparadas às colheitas realizadas no período mais frio e seco (Choudhury et al., 1986). Estudos realizados por Czepac (1996), nos quais avaliaram-se as frequências de corte de *Mentha arvensis*, demonstraram que os menores rendimentos de fitomassa foram obtidos nos cortes efetuados no inverno. Pesquisas avaliando o efeito da sazonalidade associada à época de colheita na produção de fitomassa de *L. alba*, destacaram que os maiores rendimentos foram obtidos nos cortes realizados na primavera e no verão, sendo os menores obtidos no corte realizado no inverno (Castro, 2001).

Em estudos realizados com *Salvia officinalis*, no qual se avaliou a influência da sazonalidade no rendimento e na composição química do seu óleo essencial, Putievsky et al. (1986) concluíram que o maior rendimento de óleo essencial foi obtido no primeiro ano de cultivo, em corte realizado no verão. Com relação à composição do óleo essencial, este apresentou maior teor de constituintes majoritários (tujona e cânfora), no segundo ano de cultivo, em corte realizado na primavera.

Avaliando os efeitos da evolução sazonal na composição do óleo essencial de *Virola surinamensis*, Lopes et al. (1997), concluíram que não houve variação no rendimento do óleo essencial nas diferentes estações do ano e horários de coleta avaliados, porém, a proporção relativa dos componentes do mesmo alterou significativamente.

Amostras de folhas de *O. selloi*, cultivadas em Botucatu-SP, colhidas em junho de 2000 e janeiro de 2001, apresentaram como compostos majoritários o metilchavicol (24,14% e 29,96%), cis-anetol, (3,95% e 2,96%) e trans-anetol, com proporção relativa de 45,42% e 58,59% respectivamente (Moraes et al., 2002).

Chaves (2002) avaliou o efeito da época de corte (outono, inverno, primavera e verão) na composição do óleo essencial de folhas e inflorescências de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*).

Os resultados obtidos demonstraram que houve interferência na composição do óleo essencial em função da variação climática, apresentando as folhas como componente majoritário, o eugenol no verão, e o β -selineno e trans-cariofileno no inverno. As inflorescências apresentaram o 1,8-cineol como principal composto, com níveis baixíssimos de eugenol, sendo o teor do primeiro menor no outono.

Bezerra et al. (2008), observaram alterações nos teores de acetato de trans-pinocarveila, acetato de mirtenila e β -pineno, componentes majoritários do óleo essencial de macela, apresentaram alterações quando extraídos de capítulos florais provenientes de diferentes épocas de colheita.

Ao destilarem folhas de *Eucalyptus citriodora* Hk. durante um ano, a intervalos mensais, Kapur et al. (1982) verificaram que a produção de óleo essencial foi mínima durante os meses de inverno (junho e julho), mas após as monções aumenta gradualmente e permanece assim até os meses de setembro, outubro e novembro e alcança o máximo de produção durante os meses mais quentes (dezembro a fevereiro). Observaram que houve um pequeno declínio nos meses de março e abril. O teor de citronelal foi baixo em maio e junho, mas permaneceu alto nos outros meses do ano.

Silva et al. (2005), com o objetivo de verificar a influência da época e do horário de coleta no rendimento e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*), realizaram cortes às 8h e 16 h, em agosto de 1999 e janeiro de 2000. Os autores concluíram que a época de colheita influenciou o teor final do óleo essencial, apresentando o óleo essencial colhido em Janeiro maior rendimento (2,26%) que o óleo essencial colhido em Agosto (1,06%). Não houve influência do horário de coleta em relação à composição do óleo essencial, que apresentou como compostos majoritários o eugenol e o linalol, porém, observou-se redução do teor de linalol no corte efetuado em janeiro (21,24%) quando comparado ao corte de agosto (25,03%).

ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO

A idade e o estágio de desenvolvimento da planta podem influenciar não apenas a quantidade total de metabólitos secundários produzidos, mas a proporção relativa destes compostos. Tecidos mais jovens geralmente apresentam grande atividade biossintética, aumentando a produção de vários compostos, dentre estes, os óleos essenciais.

Silva et al. (2003) avaliaram a relação entre o estágio de desenvolvimento e o teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum basilicum*. Foram realizadas duas colheitas, sendo uma aos cinco e a outra aos dez meses após o plantio. Os autores relataram maior produtividade na colheita realizada aos dez meses após o plantio.

Nemeth et al. (1993) estudando espécies selvagens de *Achillea crithmifolia* sob diferentes condições ambientais e fases de desenvolvimento da espécie, verificaram que a proporção de cânfora no óleo essencial decresceu à medida que a planta avançou nas suas fases fenológicas, quando a mesma se encontrava em ambiente quente ou frio. Para 1,8-cineol, o comportamento observado foi o contrário. Tavares et al. (2005) analisaram o óleo essencial de três quimiotipos de *Lippia alba*, provenientes de regiões diferentes, cultivados em condições semelhantes, avaliando-se, dentre outros fatores, a influência do período reprodutivo (floração) no rendimento e composição química dos óleos essenciais. A extração foi realizada quando as plantas se encontravam em crescimento vegetativo e durante a floração.

A análise dos óleos essenciais mostrou que não houve variação na composição do óleo essencial com relação aos componentes majoritários (geranial e neral) nos dois estágios de desenvolvimento da planta (análise qualitativa). Já a análise quantitativa destes elementos mostra que a percentual de citral (geranial + neral) carvona e linalol sofreu uma ligeira diminuição durante a época de floração, observando-se aumento no percentual do limoneno. Os autores concluíram que a extração de óleo essencial de *L. alba* para a obtenção de citral, carvona e linalol deve ser efetuada em plantas em fase de crescimento vegetativo, estágio em que o rendimento do óleo e os teores dos componentes majoritários são maiores.

Sanda et al. (2001) verificaram que o rendimento de *O. gratissimum* em folhas frescas permaneceu relativamente constante, em torno de 0,16 %, durante 05 meses de cultivo. Até os 03 meses p-cimeno (23,0 %) foi o principal constituinte, enquanto nos dois últimos meses timol (27-30 %) foi o constituinte majoritário.

Para *O. basilicum* até o 4^o mês o teor de óleo foi 0,26 %, mas decresceu drasticamente para 0,14 %, do último mês de estudo. O principal constituinte foi o estragol que permaneceu praticamente constante durante a pesquisa (81-83 %).

HORÁRIO DE COLETA

Ao longo do dia, pode-se observar que o aroma característico de cada planta torna-se mais acentuado, sendo possível acreditar que a concentração de óleos essenciais seja maior naquele período, ou que esteja ocorrendo alteração na proporção relativa entre os componentes deste mesmo óleo essencial. Assim, o horário de coleta das plantas torna-se um aspecto relevante na produção de óleos essenciais.

A colheita torna-se o ponto crítico, pois se faz necessário que se defina o momento ideal para a mesma. Todas as pesquisas na área de metabólitos secundários de plantas medicinais deveriam ter como o principal objetivo, coincidir o momento de maior expressão de princípio ativo, neste caso, dos óleos essenciais, com o momento de maior rendimento de fitomassa, obtendo-se assim, o tão esperado sucesso (Mattos, 1996).

Em ensaios realizados com *Melissa officinalis* em dois horários de coleta, Blank et al. (2005) concluíram que houve inversão no percentual de compostos majoritários do óleo essencial, obtendo-se 49,0% de neral e 34,4% de geranial às 9h, e 34,1% e 50,8% às 15h para neral e geranial, respectivamente. Esta alteração na composição do óleo essencial pode ocasionar respostas diferenciadas em ensaios com fitopatógenos, pois, o composto responsável provavelmente pela atividade biológica, pode ter sua concentração no óleo essencial alterada, devido a coletas em horários diferentes.

Nascimento et al., (2006) verificaram o efeito do horário de corte sobre o rendimento do óleo essencial do capim-limão (*Andropogon* sp.), bem como sobre o teor de citral, componente majoritário do seu óleo essencial.

Os horários de corte pesquisados foi 7, 9, 11, 13, 15 e 17 horas. Houve diferença estatística entre os horários de corte, sendo o corte realizado às 7 h o que apresentou maior rendimento (5,06 mL/kg). O maior percentual de citral ocorreu por ocasião do corte realizado às 13 horas (91,7%), porém, este é o horário de menor produção de óleo essencial.

Carvalho-Filho et al. (2006) investigaram a interferência do horário de coleta (8h, 12h e 16h), associado à diferentes temperaturas de secagem (40° C, 50°C e 60°C), na composição do óleo essencial de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* cultivar Fino Verde). Os compostos majoritários deste óleo essencial são linalol e eugenol.

Foi observado um aumento na concentração de linalol proveniente do óleo essencial extraído do manjeriço colhido às 16 horas e seco a 40°C, porém, a maior concentração de eugenol foi observada no óleo essencial extraído de folhas frescas, colhido às 16 horas (Tabela 1). Estas alterações na composição química do óleo essencial podem ser explicadas pela conexão entre a variação de temperatura com a atividade metabólica das plantas.

ÁGUA

Por ser a água essencial à vida e ao metabolismo das plantas, pressupõe-se que em ambientes mais úmidos a produção de metabólitos secundários seja maior, Porém, isto nem sempre ocorre.

O fator hídrico afeta significativamente o crescimento e desenvolvimento da planta como um todo. A frequência e a intensidade do estresse hídrico constituem fatores de suma importância para a limitação da produção agrícola mundial (Ortolani & Camargo, 1987). Sua falta e seu excesso causam efeitos desastrosos no desenvolvimento vegetal (Haag, 1987). Vários fatores fisiológicos como abertura e fechamento de estômatos, fotossíntese, crescimento e expansão foliar podem sofrer alterações quando o vegetal é submetido a estresse hídrico, o que pode gerar, conseqüentemente, alterações no metabolismo secundário.

As culturas consomem durante o seu ciclo de desenvolvimento um grande volume de água, porém, 98% deste volume, apenas passa pela planta, perdendo-se posteriormente pelo processo de transpiração (Haag, 1987).

Existem limites ótimos de umidade para o desenvolvimento da planta. A retirada de água pelo sistema radicular pressupõe que, no equilíbrio hídrico do sistema solo-raiz, encontre-se um dos problemas fundamentais da agricultura. O excesso de água no solo pode alterar processos químicos e biológicos, limitando a quantidade de oxigênio e acelerando a formação de compostos tóxicos à raiz. Por outro lado, a percolação intensa da água provoca a remoção de nutrientes e inibição do crescimento normal da planta. Os excedentes hídricos, embora importantes, causam menos problemas que a seca. A deficiência hídrica, caracterizada por diferentes formas e intensidades, é a principal causa de perda de produtividade (Ortolani & Camargo, 1987), porém, apresenta correlação direta na concentração de metabólitos secundários, havendo relatos na literatura de que o estresse hídrico geralmente induz um aumento na produtividade de alguns terpenoides.

Estudos realizados com o intuito de avaliar a influência do estresse hídrico sobre a composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* demonstraram que, sob condições de estresse, houve redução no rendimento de massa seca total, ocorrendo, porém, um rendimento de óleo essencial duas vezes maior. Os componentes do óleo essencial apresentaram alterações significativas, havendo redução no percentual de sesquiterpenos e aumento no percentual de linalol e metilchavicol (Simon et al., 1992).

Em ensaios realizados em casa de vegetação com diferentes acessos de *Polygonum punctatum*, Lopes et al. (2001) avaliaram a influência de regimes hídricos (ambiente úmido, moderadamente úmido e seco) na produção de óleo essencial.

Os autores observaram maior rendimento do mesmo no ambiente seco que nos demais ambientes. Este resultado demonstra que o aumento na biossíntese do óleo essencial pode funcionar como resposta adaptativa ao estresse hídrico, relacionando-se alguma resposta fisiológica às variações ambientais.

Um dos fatores relevantes na alteração do rendimento e composição química dos óleos essenciais é a precipitação. Chuvas intensas e constantes podem resultar na perda de substâncias hidrossolúveis presentes principalmente nas folhas e flores. Recomenda-se aguardar aproximadamente três dias após o cessar das chuvas para realizar a coleta, para que os teores de óleo essencial possam voltar ao normal.

NUTRIÇÃO

De acordo com Corrêa Jr et al. (1994), Malavolta (1979) e Haag (1987), as plantas superiores necessitam de energia solar, armazenadas na forma de compostos de energia, como ATP e NADPH, CO₂, água, e de nutrientes. Hoje em dia, são conhecidos dezessete elementos essenciais ao crescimento dos vegetais, pois desempenham funções vitais no desenvolvimento das plantas, sendo estes o carbono, o oxigênio e o hidrogênio, provenientes do ar e da água, e os nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre (macronutrientes), boro, cloro, cobre, cobalto, ferro, manganês, molibdênio e zinco (micronutrientes). Todos estes nutrientes provêm do solo, com exceção do nitrogênio, que, primeiramente, passa pelo processo de fixação. As funções de cada nutriente nas plantas estão descritas na Tabela 2.

Segundo Martins et al. (1995), dentre todos os fatores que podem interferir nos princípios ativos de plantas, a nutrição é um dos que requerem maior atenção, pois o excesso ou a deficiência de nutrientes pode estar diretamente correlacionado à variação na produção de substâncias ativas. Alguns exemplos destas variações foram descritos pelos autores: o déficit de nitrogênio pode provocar redução no teor de alcalóides em lobélia (*Lobelia inflata*), sendo observada ação inversa para papoula (*Papaver somniferum*) e beladona (*Atropa belladonna*), as quais apresentaram aumento no teor de morfina e atropina. O fósforo também contribui para o aumento da concentração de atropina, assim como do teor de óleos essenciais em coentro (*Coriandrum sativum*) e funcho (*Foeniculum vulgare*), porém, o seu déficit no solo reduz a concentração de cumarinas em chambá (*Justicia pectoralis* var *stenophylla*), tendo como efeito mais prejudicial, a redução na produção de fitomassa, gerando uma redução na produção global do princípio ativo. Corrêa Jr. et al. (1994), afirmam que, a deficiência de magnésio pode causar uma sensível diminuição na formação de princípios ativos de um modo geral, devido à diminuição da clorofila e, conseqüentemente, da taxa de fotossíntese.

Avaliando a influência da nutrição mineral no rendimento e composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriço), *Coriandrum sativum* L. (coentro), *Antethum graveolens* L. (endro) e *Mentha piperita* L. (menta), Hornok (1983), relatou a ocorrência de variações em função dos quatro níveis de NPK utilizados (N: 0; 80; 160 e 240 kg/ha; P: 0; 50; 100 e 150 kg/ha; K: 0; 60; 120 e 180 kg/ha). Com o aumento do nível de fósforo, houve um aumento no

teor de óleo essencial de menta e manjeriço e redução no teor de óleo essencial e de fitomassa de endro. O aumento dos níveis de nitrogênio também incrementou o óleo essencial da menta e do manjeriço, ocorrendo, porém, redução no percentual de mentol e linalol. Ainda em relação aos níveis de nitrogênio, os autores observaram aumento na produção de biomassa verde de endro e coentro, mas não de sementes. Houve incremento nos teores de mentol (em menta), linalol e estragol (no manjeriço), à medida que os níveis de potássio foram elevados.

De acordo com Paulus et al. (2008), plantas de menta japonesa (*Mentha arvensis*) em cultivo hidropônico, submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, apresentaram diferentes teores de mentol e mentona, compostos majoritários do óleo essencial. Isto demonstra que estes compostos são diretamente influenciados pela nutrição mineral.

Prakasa Rao et al. (2000) avaliaram o efeito de doses de nitrogênio (0; 50 e 100kg N/ha) no rendimento e na qualidade do óleo essencial de *Tagetes minuta* L. Maior rendimento de fitomassa aérea foi obtido com a maior dose de nitrogênio aplicada. Quando a aplicação do

nitrogênio ocorreu no momento em que as plantas se encontravam em pleno florescimento, houve discreta redução na concentração do óleo essencial. Notou-se aumento no percentual de cis - b-ocimeno, com o aumento da idade da planta em todos os tratamentos, sendo maior (26%) no tratamento sem aplicação de nitrogênio nas plantas que se encontravam em fase de produção de sementes (mais velhas). Houve diferença significativa, para a composição do óleo apenas quando as plantas se encontravam no início da floração, sendo a maior dose de dihidrotagetona (33,6%) observada no tratamento com ausência de nitrogênio e, a maior concentração de cis - b - ocimeno (8,5%), observada na maior dose de nitrogênio aplicada.

PÓS- COLHEITA

A composição do óleo essencial sofre alterações durante os processos de colheita e pós-colheita. Estas alterações ocorrem devido a conversões espontâneas, que ocorrem continuamente, acarretando mudanças na composição do óleo essencial. Com base nestes fatos, a comercialização torna-se um problema, já que a composição do óleo essencial deve ser pré-estabelecida como demanda de mercado.

Carvalho-Filho et al. (2006), avaliaram o rendimento e a composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* cultivar Fino Verde (manjerição) submetido a diferentes temperaturas de secagem. Folhas e inflorescências foram secas em estufa com circulação de ar forçada, em período de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 16 dias após a colheita, bem como da planta fresca. A extração do óleo essencial foi feita por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger.

A composição relativa do óleo essencial de folhas e inflorescências de manjerição foi diferente durante o processo de secagem. A maior concentração de linalol, composto majoritário, foi obtida no quinto dia de secagem (86,8%), quando comparada à composição do óleo essencial extraído de material fresco (45,2%) (Tabela 3). Nas inflorescências, a maior concentração do linalol ocorreu no décimo primeiro dia (92,6%), contrastando com o material fresco (80,7%), o menor número de compostos do óleo essencial de folhas foi observado a partir do quinto dia de secagem. Não observaram a presença de cânfora na composição do óleo essencial de inflorescências de *O. basilicum* cultivar Fino Verde, sendo este um fato importante, já que este composto é importante na classificação aromática desta espécie.

Guimarães et al. (2008) investigaram a estabilidade do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* perante a luz e a temperatura, visando condições de armazenamento capazes de manter a qualidade final do óleo essencial. Inicialmente, foram avaliados os teores de citral e mirceno, compostos majoritários do óleo essencial de *C. citratus*, presentes em óleos essenciais submetidos a diferentes temperaturas (geladeira - $6^{\circ}\text{C} \pm 1$; temperatura ambiente - 18°C ; e estufa - $37,5^{\circ}\text{C} \pm 2,5$) e presença e ausência de luz. As avaliações foram realizadas a cada quinze dias, por um período de 120 dias após a extração. Os componentes citral e mirceno sofreram degradação durante o período de armazenamento, tanto em presença quanto em ausência de luz. Com relação à temperatura, esta contribuiu para a degradação do mirceno, não se observando mesmo para o citral. Isto demonstra que este composto não sofre influência da temperatura no processo de degradação. Os autores concluíram que, por ser o citral o composto majoritário do óleo essencial de *C. citratus*, e de maior interesse pela indústria, o mesmo deve ser armazenado ao abrigo da luz, não necessitando porém de temperaturas muito baixas (Guimarães et al. 2008).

De acordo com Solomons (2001), em presença de luz, compostos orgânicos podem gerar radicais devido à quebra homolítica de reações químicas, que podem reagir com outras moléculas, gerando novos radicais, bem como com o oxigênio atmosférico, gerando peróxidos, hiper-peróxidos, que são compostos instáveis capazes de serem transformados em novos radicais ainda mais reativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alteração dos compostos majoritários nos óleos essenciais, seja por fatores genéticos, técnicos (coleta, estabilização e armazenamento), bióticos ou abióticos, pode influenciar diretamente na qualidade e, conseqüentemente, nos resultados de tratamentos e de testes biológicos sobre patógenos humanos ou fitopatógenos. Pode-se observar que alguns autores relatam divergência entre resultados provenientes de ensaios realizados com as mesmas espécies vegetais e patógenos. Vale ressaltar que os produtos químicos aos quais foram submetidos os diferentes isolados testados, também podem gerar diferenças nas respostas. Para minimizar estes equívocos nos resultados e evitar que dados não conclusivos sejam publicados, o ideal é que, juntamente com os ensaios para verificação da atividade biológica, seja realizada a análise química do(s) óleo(s) essencial(ais) avaliado(s), para que se possa obter a caracterização fitoquímica deste(s). Assim, pode-se conhecer qual o composto majoritário do óleo essencial, bem como a composição química como um todo, responsável por conferir a ação positiva do óleo essencial sobre determinado agente patogênico. Estes resultados mais concretos evitam que plantas com grande potencial de uso no controle de doenças de culturas relevantes possam ser descartadas ou, que plantas com pouco ou nenhum potencial, viam alvo de estudos desnecessariamente. A identificação destas interferências, bem como da relação entre as mesmas, favorecerá a obtenção de matérias-primas vegetais de melhor qualidade, o que possibilitará a obtenção de óleos essenciais com composição química mais constante, acarretando resultados de atividades biológicas mais confiáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANK AF; FONTES SM; OLIVEIRA AS; MENDONÇA MC; SILVA-MANN R.; ARRIGONI-BLANK MF. 2005. Produção de mudas, altura e intervalo de corte em melissa. Horticultura Brasileira 3: 780-784.

BEZERRA AME; MEDEIROS-FILHO S; OLIVEIRA, LDM; SILVEIRA ER. 2008. Produção e composição química da macela em função da época de colheita. Horticultura Brasileira 26: 26-29.

CARVALHO FILHO JLS; ALVES PB; EHLERT PAD; MELO AS; CAVALCANTI SCH; ARRIGONI-BLANK MF; SILVA-MANN R; BLANK AF. 2006. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. Revista Brasileira de Farmacognosia 16: 24-30.

CASTRO DM. 2001. Efeito da variação sazonal, colheita selecionada e temperaturas de secagem sobre a produção de biomassa, rendimento e composição de óleos essenciais de folhas de *Lippia alba* (Mill.)N. E. Br ex Britt. & Wilson (Verbenaceae). Botucatu: UNESP. 132 p. (Tese Doutorado).

- CHAVES FCM. 2002. Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação orgânica e épocas de corte. Botucatu: UNESP. 144 p. (Tese Doutorado).
- CHOUDHURY SM; BORDOLOI DN. 1988. Effect of sowing on the growth, yield and oil quality of *Ocimum gratissimum* Linn. *Indian Perfum* 30: 25-60.
- CORREIA-JUNIOR C; MING LC; SCHEFFER MC. 1994. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. 2^a. ed. Jaboticabal: FUNEP. 162 p.
- CZEPAC MP. 1996. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita da menta (*Mentha arvensis* L). Piracicaba, ESALQ – USP. 45 p. (Dissertação Mestrado).
- EVANS WC. 1990. *Pharmacognosy*. 14. ed. London: WB Saunders.
- GUIMARÃES LGL; CARDOSO MGC; ZACARONI LM; LIMA RK; PIMENTEL FA; MORAIS AR. 2008. Influência da luz e da temperatura sobre a oxidação do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPF). *Química Nova* 31: 1476-1480.
- HAAG HP. 1987. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, R. C. et al. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 49-69.
- HAY RKM; SVOBODA KP. 1993. Botany. In: HAY RKM.; WATERMAN PG.. *Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production*. Essex: Longman Group. p. 5-19.
- HORNOK L. 1983. Influence of nutrition on the yield and content of active compounds in some essential oil plants. *Acta Horticulturae* 132: 239-247.
- KAPUR KK; VASHIST VN; ATAL CK. 1982. Variability and utilization studies on *Eucalyptus citriodora* Hook. grown in India. In: ATAL CK; KAPUR BM. (eds). *Cultivation and utilization of aromatic plants*. Jammu-Tawi: Regional Laboratory Council of Scientific and Industrial Research. p. 603-606.
- LOPES NP; KATO MJ; ANDRADE EH; MAIA JGS; YOSHIDA MY. 1997. Circadian and seasonal variation in the essential oil from *Virola surinamensis* leaves. *Phytochemistry* 6: 689-693.
- LOPES RC; CASALI VWD; BARBOSA LCA; CECON PR. 2001. 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.
- MALAVOLTA E; VITTI G.C; OLIVEIRA SA. 1979. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS. 319p.
- MARTINS ER; CASTRO DM; CASTELLANI DC; DIAS JE. 1995. *Plantas medicinais*. Viçosa: UFV, Imprensa universitária. 22p.
- MATTOS JKA. 1996. *Plantas medicinais: aspectos agrônômicos*. Brasília: Edição do autor. 51 p.

MORAES LAS; FACANALI R; MARQUES MOM; MING LC; MEIRELES MAA. 2002. Phytochemical characterization of essential oil from *Ocimum selloi*. Anais da Academia Brasileira de Ciências 74:183-186.

NASCIMENTO IB; INNECCO R; MATOS SH; BORGES NSS; MARCO CA. 2006. Influência do horário de corte na produção de óleo essencial de capim santo (*Andropogum* sp.). Revista Caatinga 19: 123-127.

NÉMETH É; BERNÁTH J; HÉTHELYI É. 1993. Diversity in chemotype reaction affected by ontogenetical and ecological factors. Acta Horticulturae 344:178-187.

ORTOLANI AA; CAMARGO MBP. 1987. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO RC et al. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 71-81.

PAULUS D; MEDEIROS SLP; SANTOS OS; PAULUS E. 2008. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. Horticultura Brasileira 26: 61-67.

PRAKASA RAO EVS; PUTTANNA K; RAMESH S. 2000. Effect of nitrogen and harvest stage on the yield and oil quality of *Tagetes minuta* L. in tropical India. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants 7: 19-24.

PUTIEVSKY E; RAVID U; DUDAI N. 1986. The influence of season and harvest frequency on essential oil and herbal yields from a pure clone of sage (*Salvia officinalis* L.), grown under cultivated conditions. Journal of Natural Products 29: 326-329.

SAITO ML; SCRAMIN S. 2000. Plantas aromáticas e seu uso na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 48 p. (Série Documentos, n. 20).

SANDA K; KOBAYASHI K; AKPAGANA K; TCHEPANT T. 2001. Content and chemical composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L and *Ocimum gratissimum* L. at different harvesting dates after planting. Rivista Italiana EPPOS 31: 3-7.

SILVA F; SANTOS RHS; DINIZ ER; BARBOSA LCA; CASALI VWD; LIMA RR. 2003. Teor e composição do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em dois horários e duas épocas de colheita. Revista Brasileira de Plantas Medicinais 6: 33-38.

SILVA F; SANTOS RHS; ANDRADE NJ; BARBOSA LCA; CASALI VWD; LIMA RR; PASSARINHO RVM. 2005. Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. Pesquisa Agropecuária Brasileira 40: 323-328.

SIMÕES CMO; SPITZER V. 1999. Óleos voláteis. In: SIMÕES CMO. et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre: Ed. Universidade-UFRGS; Florianópolis: Ed. da UFSC. p. 387-415.

SIMON JE; REISS P; BUBENHEIM D; JOJY RJ et al. 1992. Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.

SOLOMONS TWG. 2006. Química orgânica. 7ª. Ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos. v.1.

SOUZA JRP; MORAIS H; CARAMORI PH; JOJANSSON LAPS; MIRANDA LV. 2008. Desenvolvimento da espinheira-santa sob diferentes intensidades luminosas e níveis de poda. Horticultura Brasileira 26: 40-44.

TAIZ L; ZEIGER E. 2004. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 720 p.

TAVARES ES; JULIÃO LS; LOPES D; BIZZO HR; LAGE CLS; LEITÃO SG. 2005. Análise do óleo essencial de folhas de três quimiotipos de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. (Verbenaceae) cultivados em condições semelhantes. Revista Brasileira de Farmacognosia 15: 1-5.

VOIRIN B; BRUN N; BAYET C. 1990. Effects of day length on the monoterpene composition of leaves of *M. x piperita*. Phytochemistry 29: 749-755.



Tabela 1. Composição do óleo essencial de folhas de *Ocimum basilicum* cultivar *Fino Verde* coletado às 8, 12 e 16 horas e submetido a três temperaturas de secagem (40 °C, 50°C e 60°C).

	Horário de coleta	Linalol	Eugenol
Folhas frescas	8 horas	42,7	29,4
	12 horas	43,0	39,4
	16 horas	45,2	41,2
Folhas secas a 40°C	8 horas	64,3	14,4
	12 horas	60,1	13,75
	16 horas	69,3	10,9
Folhas secas a 50°C	8 horas	62,7	14,0
	12 horas	61,7	14,2
	16 horas	60,5	15,1
Folhas secas a 60°C	8 horas	63,1	9,9
	12 horas	59,6	10,4
	16 horas	45,3	9,5

Fonte: Carvalho-Filho et al., 2006 (Adaptado)

Tabela 2. Função dos macro e micronutrientes nas plantas

Nutriente	Função
Macronutrientes	
Nitrogênio	Importante no metabolismo como composto. Responsável pelo crescimento da parte aérea (fase vegetativa)
Fósforo	Armazenamento e transferência de energia. Responsável pela floração e frutificação (fase reprodutiva)
Potássio	Abertura e fechamento dos estômatos, síntese e estabilidade de proteínas, relações osmóticas e síntese de carboidratos. Responsável pelo crescimento do sistema radicular e resistência às doenças.
Cálcio	Ativação enzimática, absorção de íons, formação da parede celular e permeabilidade (manutenção da integridade da membrana plasmática). Responsável pelo crescimento das raízes e pela fecundação.
Magnésio	Ativação enzimática (co-fator de várias enzimas), estabilidade dos ribossomos, fotossíntese e faz parte da composição da clorofila.
Enxofre	Grupo ativo de enzimas e co-enzimas. Responsável pela síntese da clorofila e absorção do gás carbônico.
Micronutrientes	
Boro	Transporte de carboidratos e coordenação de fenóis. Responsável pelo desenvolvimento de raízes, frutos e sementes.
Cloiro	Responsável pela decomposição da água na fotossíntese.
Cobre	Enzimas e fotossíntese. Responsável pela respiração, síntese da clorofila.
Cobalto	Responsável pela absorção do nitrogênio na fixação simbiótica (Fixação de N ₂)
Ferro	Grupo ativo em enzimas e transportadores de elétrons. Responsável pela respiração, síntese de clorofila e fixação do nitrogênio.
Manganês	Fotossíntese, metabolismo de ácidos orgânicos. Responsável pela absorção do gás carbônico.
Molibdênio	Responsável pela fixação do N ₂ e pela redução do NO ₃
Zinco	Enzimas. Responsável pela produção e maturação de sementes.

Fonte: Malavolta (1979); Corrêa Jr. et al. (1994) adaptado.

Tabela 3. Teor de linalol em folhas e inflorescências de *Ocimum basilicum* cultivar *Fino Verde* submetidas a diversos dias de secagem em estufa a 40° C.

Tempo de secagem (dias de secagem)	Folhas	Inflorescências
	%	
Fresco	45,18	80,7
Primeiro	65,6	75,3
Segundo	68,9	78,4
Terceiro	59,6	82,7
Quarto	70,9	89,6
Quinto	86,8	90,3
Sétimo	72,3	82,8
Nono	67,2	81,7
Décimo primeiro	73,6	92,6
Décimo terceiro	74,9	86,2
Décimo sexto	68,9	84,6

Fonte: Carvalho-Filho et al., 2006 (Adaptado)

