

LAURI LOURENÇO RADÜNZ

**EFEITO DA TEMPERATURA DO AR DE SECAGEM NO TEOR E NA
COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE GUACO (*Mikania
glomerata* Sprengel) E HORTELÃ-COMUM (*Mentha x villosa* Huds)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

R132e
2004
2004.

Radünz, Lauri Lourenço, 1972-
Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na
composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania
glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x
villosa* Huds) / Lauri Lourenço Radünz . – Viçosa : UFV,

90 p. : il.

Orientador: Evandro de Castro Melo
Tese (doutorado) - Universidade Federal de
Viçosa

1. Plantas medicinais - Secagem. 2. Plantas medicinais
-
Composição. 3. Plantas medicinais - Teor de essências e
óleos essenciais. 4. Guaco - Teor de cumarina. 5. Essên-
cias e óleos essenciais. 6. *Mikania*. 7. *Mentha*. I. Univer-
sidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 633.88

LAURI LOURENÇO RADÜNZ

EFEITO DA TEMPERATURA DO AR DE SECAGEM NO TEOR E NA COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE GUACO (*Mikania glomerata* Sprengel) E HORTELÃ-COMUM (*Mentha x villosa* Huds)

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do Título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2004.


Prof. Luiz Cláudio de Almeida Barbosa
(Conselheiro)


Prof. Ricardo Henrique Silva Santos
(Conselheiro)


Prof. Paulo Cesar Corrêa


Dr. Paulo Cesar Afonso Júnior


Prof. Evandro de Castro Melo
(Orientador)

Aos meus pais,

Aos meus irmãos,

.....

DEDICO.

A minha esposa,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade em realizar o curso.

Aos professores conselheiros Ricardo Henrique Silva Santos, Luiz Cláudio de Almeida Barbosa e Adílio Flauzino de Lacerda Filho, e em especial ao Prof. Evandro de Castro Melo (Orientador), pela participação irrestrita na execução deste trabalho, pelas valiosas críticas e sugestões, pelos ensinamentos, pela amizade e pelo apoio constante.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, pela amizade e colaboração para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Química da UFV, e em especial aos funcionários Eduardo, Antônio e José Luís, e aos professores Demuner e Célia, pela amizade e colaboração para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, Sebastião, Edson e “Inhame”, e especial ao Silas, pela ajuda imprescindível para a conclusão desta tese e a todos que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Grupo Entre Folhas, em especial ao Vicente.

Aos colegas, em especial ao Fabrizio, a Ana Paula e a Ronicely pela colaboração, pelo companheirismo, pela amizade, pelas idéias e pelo incentivo.

ÍNDICE

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1- INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1- Óleos essenciais e cumarinas.....	4
2.2- Guaco	9
2.3- Hortelã-comum.....	12
2.4- Secagem de plantas medicinais.....	14
3- OBJETIVOS	27
4- MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1- Delineamento experimental.....	28
4.1.1- Guaco.....	28
4.1.2- Hortelã-comum	29
4.3- Material vegetal.....	29
4.4- Coleta e seleção do material vegetal.....	29
4.5- Determinação do teor de água	30
4.6- Secagem do material vegetal.....	30
4.6.1- Secador utilizado	30
4.6.2- Ensaio de secagem	31
4.6.3- Instrumentação.....	32
4.7- Armazenamento.....	34
4.8- Extração e quantificação dos componentes químicos	34
4.8.1- Óleos essenciais.....	34
4.8.1.1- Extração.....	34
4.8.1.2- Quantificação e armazenamento.....	36

4.8.2- Cumarina.....	36
4.8.2.1- Extração.....	36
4.8.2.2- Armazenamento.....	38
4.9- Análises cromatográficas.....	38
4.9.1- Óleos essenciais.....	38
4.9.1.1- Identificação dos constituintes.....	38
4.9.1.2- Quantificação dos constituintes.....	39
4.9.2- Cumarina.....	40
4.9.2.1- Preparo da amostra.....	40
4.9.2.2- Identificação.....	41
4.9.2.3- Quantificação.....	41
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1- Secagem das espécies medicinais.....	43
5.4- Teor e composição do óleo essencial de guaco.....	46
5.4.1- Teor de óleo essencial.....	46
5.4.2- Composição do óleo essencial.....	48
5.5- Teor de cumarina no guaco.....	54
5.6- Teor e composição do óleo essencial de hortelã-comum.....	58
5.6.1- Teor de óleo essencial.....	58
5.6.2- Composição do óleo essencial.....	60
6- CONCLUSÕES.....	66
7- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	67
APÊNDICE 1 - GUACO.....	72
APÊNDICE 2 – HORTELÃ-COMUM.....	81

RESUMO

Radünz, Lauri Lourenço, D.S., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2004.
Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). Orientador: Evandro de Castro Melo. Conselheiros: Ricardo Henrique Silva Santos, Luiz Cláudio Almeida Barbosa e Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de secagem (ar ambiente e ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C) no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco e hortelã-comum, e também na cumarina do guaco. Para a secagem das espécies medicinais foi utilizado um secador de bandejas a gás (GLP). O teor e a composição dos óleos essenciais extraídos de cada espécie, depois de submetida à secagem, foi comparado com os valores obtidos da planta fresca (testemunha). Para a quantificação do teor de óleo essencial foi realizada a extração pelo método de hidrodestilação e a identificação da composição deste óleo foi realizada por cromatografia gasosa, acoplada ao espectrofotômetro de massas (CG-EM). A quantificação desta composição foi realizada por cromatografia gasosa, acoplada ao detector por ionização de chamas (CG-DIC). A extração da cumarina foi realizada pelo método a quente, em banho-maria a 65 °C, e a identificação e a quantificação foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Em função dos resultados obtidos pode-se concluir que a temperatura do ar mais adequada para a secagem de guaco e hortelã-comum deve ser igual a 50 °C.

ABSTRACT

Radünz, Lauri Lourenço, D.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2004. **Effect of the air temperature of drying on the contents and composition of essential oils of guaco (*Mikania glomerata* Sprengel), and mint-common (*Mentha x villosa* Huds).** Adviser: Evandro de Castro Melo. Committee members: Ricardo Henrique Silva Santos, Luiz Cláudio Almeida Barbosa and Adílio Flauzino de Lacerda Filho.

The aim of the work was to evaluate the effect that the temperature of drying has on the contents and composition of the essential oils of guaco and mint-common, and also a coumarin of guaco. The temperatures used were ambient temperature and air heated to 40, 50, 60, 70, and 80 °C. For the drying of medicinal species a dryer containing trays, connected to a liquefied petroleum gas container (LPG) was used. The content and composition of essential oils extracted from each species, were submitted to drying, and afterwards were compared with the value obtained from the fresh control plant. To accomplish the quantification of the content of the essential oil, extraction by a hydro distillation method was done, while the identification of the composition of the oil was accomplished by gas chromatography combined with mass spectrometric (GC-MS). The quantification of this composition was then accomplished by gas chromatography along with flame ionization detection (GC-FID). The extraction of coumarin was accomplished by a heating method in a double-boiler at 65 °C, and the identification and quantification were achieved by high performance liquid chromatography (HPLC). From the obtained results one is able to conclude that for adequate drying of guaco and mint-common the air temperature must be equal to 50 °C.

1- INTRODUÇÃO

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), planta medicinal é qualquer planta que possua em um de seus órgãos ou em toda planta substâncias com propriedades terapêuticas ou que sejam ponto de partida na síntese de produtos químicos ou farmacêuticos (SILVA e CASALI, 2000).

O consumo mundial de plantas medicinais tem sido significativo nos últimos tempos, inclusive com incentivos da Organização Mundial da Saúde (OMS). Dados recentes indicam que aproximadamente 80% da população mundial faz uso de algum tipo de erva na busca de alívio de alguma sintomatologia desagradável. Desse total, pelo menos 30% foi por indicação médica. São muitos os fatores que colaboram para o desenvolvimento de práticas de saúde que incluam plantas medicinais, principalmente econômicos e sociais (SILVA e CASALI, 2000).

No oeste da África, mais de 5.000 espécies de plantas são empregadas com fins medicinais pela população rural, estimando-se que das 10.000 espécies encontradas neste continente, muitas apresentam compostos com atividade anticarcinogênica (Malo e Roy, citados por GUERRA e NODARI, 2003).

Entretanto, as informações sobre o consumo mundial não são precisas, existindo estimativas discordantes entre as diferentes fontes. Essas variações indicam o desconhecimento real do mercado mundial, provavelmente a maneira como as plantas medicinais são comercializadas (informalmente) e consumidas (hortas caseiras para consumo doméstico) impossibilitem a obtenção real do consumo, inferindo-se por estimativas. Abaixo segue alguns valores de consumo.

Essas plantas têm sido usadas por populações de todos os continentes no controle de diversas doenças e pragas. O mercado atual de fitofármacos e fitoterápicos é da ordem de US\$ 9 a 11 bilhões por ano, sendo que mais de 13.000

plantas são mundialmente usadas como fármacos ou fonte de fármacos (Tyler, citado por FRANÇA, 2003).

Já outras estimativas avaliam o mercado mundial em US\$ 12,4 bilhões, sendo a Europa responsável por aproximadamente 50%. Fitoterápicos e fitofármacos são responsáveis por 25% do receituário médico nos países desenvolvidos e cerca de 80% nos países em desenvolvimento. Nos EUA, no período de 1983 a 1994, dos 520 fármacos aprovados pela Food and Drug Administration (FDA), 157 eram produtos naturais ou seus derivados, representando 30%. Nesse mesmo período, 61% dos fármacos anticancerígenos eram também derivados de produtos naturais (Cragg et al., citados por GUERRA e NODARI, 2003).

Também, estimativas feitas a respeito do mercado mundial de produtos farmacêuticos afirmam que, do montante de US\$ 320 bilhões por ano, US\$ 20 bilhões são originados de substâncias ativas derivadas de plantas (Robbers et al., citados por GUERRA e NODARI, 2003), estando de acordo com WILKE (2003), citando ainda que mercado cresce em média 20% ao ano e que 50% do total comercializado é para o mercado Europeu. Também faz uma estimativa, considerando o consumo em todo mundo, praticado nas mais remotas regiões do planeta e, em todos os fundos de quintais, hortos comunitários e outras explorações não comerciais, o valor global da receita pode ultrapassar cifras de US\$ 400 bilhões.

O mercado brasileiro de plantas, a exemplo do mundial, apresenta valores divergentes quanto ao total comercializado, pois segundo a ABIFITO (2003), o mercado de fitoterápicos movimenta aproximadamente US\$ 400 milhões ao ano, conforme dados do Programa de Estudos do Futuro (Profuturo), da Fundação Instituto de Administração da Universidade de São Paulo (FIA), de 2002. Ainda segundo o estudo, a previsão para 2010 é de que o faturamento nacional do setor alcance US\$ 1 bilhão, tendo as farmácias como principais canais de distribuição (81%), seguidas das lojas de produtos naturais (63%), lojas de suplementos alimentares e vitamínicos (50%), dos supermercados (44%), hospitais (9%) e das feiras livres (9%). Entretanto, Ortega et al., citados por GUERRA e NODARI (2003), estimam que 25% dos US\$ 8 bilhões de faturamento, em 1996, da indústria farmacêutica nacional sejam originados de medicamentos derivados de plantas.

O interesse crescente pelos fitoterápicos tem suas razões. Uma delas, sem dúvida, está ligada a um mercado potencial da ordem de bilhões de dólares, seja em países industrializados ou em países em desenvolvimento e, no Brasil, segundo a Associação Brasileira da Indústria Fitoterápica (ABIFITO), o setor movimenta cerca de R\$ 1 bilhão em toda a sua cadeia produtiva, e emprega, atualmente, mais de 100 mil pessoas. Outra razão, nada desprezível está vinculada à maior segurança oferecida pelos fitoterápicos devido aos menores efeitos colaterais apresentados. A terceira

razão, não menos importante, está relacionada às dificuldades atuais para se desenvolver novas drogas de síntese, pois esse processo está mais difícil e extremamente caro, por exemplo, nos últimos 20 anos o lançamento no mercado, de um novo fármaco de síntese, tem demandado investimentos da ordem de 500 a 600 milhões de dólares e, em um espaço de tempo nunca inferior a 10 ou 15 anos. Já um novo fitoterápico, de qualidade, pode chegar ao mercado num tempo máximo de cinco anos, demandando investimentos da ordem de 2 a 3 milhões de dólares (REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA, 2002).

Independente da fonte pode-se perceber que o mercado de plantas medicinais representa um volume significativo de movimentação monetária no mundo e no Brasil, e com ótimas perspectivas de aumento.

Também a comercialização de plantas pode gerar ser um produto de exportação, gerando lucros ao produtor rural e ao país. Atualmente, o Brasil exporta ipê-roxo, espinheira-santa, erva-de-bicho, fáfia, catuaba, chapéu-de-couro, capim-limão e erva-príncipe, principalmente para os Estados Unidos e Itália. Em contrapartida, o Brasil importa mais de 1,5 mil toneladas por ano de folhas secas de sálvia, arnica, ginkgo, babosa, arruda, erva-doce, alcaçuz, alfazema e até cabelo de milho que são usados como diuréticos, além de extratos e essências para atender as necessidades da indústria nacional (WILKE, 2003).

As plantas são importadas, principalmente para a produção de cosméticos e medicamentos, devido a exígua, a oferta irregular e a baixa qualidade dos produtos nacionais. Mas, para reverter essa situação, são necessários incentivos para a produção de plantas e, principalmente, para as pesquisas básicas, desde a obtenção da espécie medicinal até a comercialização, destacando-se a secagem, pois pode ser uma das principais formas para regular a oferta e manter a qualidade das plantas depois de colhidas. Mas, para tal, é necessário realizar pesquisas básicas de secagem, como por exemplo, se determinar as melhores temperaturas para se secar cada espécie medicinal.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Óleos essenciais e cumarinas

Conforme a International Standard Organization (ISO), descrito por SIMÕES e SPITZER (2003), os óleos voláteis são definidos como produtos obtidos de partes de plantas através de destilação por arraste com vapor de água, bem como os produtos obtidos por expressão dos pericarpos de frutos cítricos (Rutaceae). De forma geral, são misturas complexas de substâncias lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamadas de óleos essenciais, óleos etéreos ou essências. Essas denominações derivam de algumas de suas características físico-químicas, como, por exemplo, a de serem geralmente líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente, advindo, daí, a designação de óleo. Entretanto, sua principal característica é a volatilidade, diferindo-se, assim, dos óleos fixos, mistura de substâncias lipídicas, obtidos geralmente de sementes.

Outra característica importante é o aroma agradável e intenso da maioria dos óleos voláteis, sendo, por isso, também chamados de essências. Eles também são solúveis em solventes orgânicos pouco polares, como éter, recebendo, por isso, a denominação de óleos etéreos ou, em latim, *aetheroleum*. Em água, os óleos voláteis, apresentam solubilidade limitada, mas suficiente para aromatizar as soluções aquosas, que são denominadas hidrolatos.

Outras de suas características são:

- sabor: geralmente acre (ácido) e picante;
- cor: quando recentemente extraídos são geralmente incolores ou ligeiramente amarelados; são poucos os óleos que apresentam cor, como o óleo volátil de camomila, de coloração azulada, pelo seu alto teor em azulenos;

- estabilidade: em geral, os óleos voláteis não são muito estáveis, principalmente na presença de ar, luz, calor, umidade e metais;
- a maioria dos óleos voláteis possui índice de refração e são opticamente ativos, propriedades estas usadas na sua identificação e controle da qualidade.

Os constituintes dos óleos voláteis variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, até compostos com enxofre. Na mistura, tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações, normalmente, um deles é o composto majoritário, existindo outros em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades (traços). Por exemplo, o 1,8-cineol (eucaliptol) é o principal composto do óleo de eucalipto e, geralmente, seu teor é em torno de 80%, entretanto, esta mesma substância foi detectada no óleo de bergamota numa concentração 40.000 vezes menor do que no óleo de eucalipto, ou seja, em torno de 0,002%. Assim, nesses casos, diz-se que este composto é um constituinte traço do óleo de bergamota (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Além dos óleos voláteis obtidos de plantas (fitogênicos), produtos sintéticos são encontrados no mercado. Esses óleos sintéticos podem ser imitações dos naturais ou composições de fantasia. Para o uso farmacêutico, somente os naturais são permitidos pelas farmacopéias. Exceções são aqueles óleos que contêm apenas uma substância, como os óleos voláteis de baunilha (que contém vanilina). Nesses casos, algumas farmacopéias permitem também os equivalentes sintéticos. Quimicamente, a grande maioria dos óleos voláteis é constituída de derivados fenilpropanóides ou de terpenóides, preponderando estes últimos. Os fenilpropanóides se originam a partir do ácido chiquímico, que forma as unidades básicas dos ácidos cinâmico e *p*-cumárico. Esses últimos, por meio de reduções enzimáticas, produzem propenilbenzenos e/ou alilbenzenos e, por meio de oxidações com degradação das cadeias laterais, geram aldeídos aromáticos; ciclizações enzimáticas intramoleculares produzem cumarinas (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Os terpenóides constituem uma grande variedade de substâncias vegetais, sendo que este termo é empregado para designar todas as substâncias cuja origem biossintética deriva de unidades do isopreno. A unidade isoprénica, por sua vez, origina-se a partir do ácido mevalônico (Mann; Breitmaier, citados por SIMÕES e SPITZER, 2003).

Os compostos terpênicos mais freqüentes nos óleos essenciais são os monoterpenos (cerca de 90% dos óleos essenciais) e os sesquiterpenos. Outros terpenóides, como os diterpenos, são encontrados apenas em óleos essenciais

extraídos com solventes orgânicos (Steinegger e Hansel, citados por SIMÕES e SPITZER, 2003). O diterpenos só são obtidos por solventes orgânicos devido a alta temperatura de volatilização desses compostos.

Dependendo da família, os óleos voláteis podem ocorrer em estruturas secretoras especializadas, como pêlos glandulares (Lamiaceae), células parenquimáticas diferenciadas (Laureaceae, Piperaceae, Poaceae), canais oleíferos (Apiaceae) e em bolsas lisígenas ou esquizolisígenas (Pinaceae, Rutaceae). Os óleos voláteis podem estar presentes em certos órgãos, como nas flores, folhas, cascas, madeira, raízes, rizomas, frutos ou sementes. Embora todos órgãos de uma planta possam acumular óleos voláteis, sua composição pode variar segundo a localização. Óleos voláteis obtidos de diferentes órgãos de uma mesma planta podem apresentar composição química, caracteres físico-químicos e odores bem distintos. Cabe lembrar que a composição química de um óleo volátil, extraído do mesmo órgão de uma mesma espécie vegetal, pode variar significativamente, de acordo com a época de coleta, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e de solo (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Em geral, as espécies apresentam épocas específicas em que contêm maior quantidade de princípio ativo no seu tecido, podendo esta variação ocorrer tanto no período de um dia como em épocas do ano (REIS et al., 2003).

O grande número e a diversidade de substâncias incluídas nos óleos essenciais é que determinam a ampla variedade de ações farmacológicas. As propriedades dos óleos são variadas: antivirótico, antiespasmódico, analgésico, bactericida, cicatrizante, expectorante, relaxante, vermífugo, etc. O mentol, da hortelã (*Mentha piperita*), tem ação expectorante e anti-séptica; o timol e o carvacrol, encontrados no tomilho (*Thimus vulgaris*) e no alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*), são anti-sépticos; o eugenol, do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), é um anestésico local e analgésico; e o ascaridol, presente na erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides*), é vermífugo. Em alguns casos, os óleos podem até aumentar a produção de glóbulos brancos. Certos óleos essenciais atuam aumentando secreções do aparelho digestivo, o que justifica a utilização como digestivos. Outros são expectorantes, por estimular a secreção dos brônquios, como o eucaliptol. Substâncias como eucaliptol e mentol, eliminadas pelas vias pulmonares e urinárias, são tidas como anti-sépticos dos respectivos aparelhos. Altas doses de óleos essenciais podem provocar, em geral, nefrites e hematúrias (MARTINS et al., 2002).

As cumarinas são amplamente distribuídas nos vegetais, mas também podem ser encontradas em fungos e bactérias. Estruturalmente são lactonas do ácido *o*-hidroxicinâmico (2H-1-benzopiran-2-ona), sendo o representante mais simples a cumarina (1,2-benzopirona), palavra originada do caribenho *cumaru*, nome popular de

Dipteryx odorata. O cumaru, também conhecido por fava-tonca, é encontrado no norte do Brasil e suas sementes contêm grande quantidade de cumarina (1 a 3%). Cerca de 1.300 cumarinas já foram isoladas de fontes naturais. Suas propriedades farmacológicas, bioquímicas e aplicações terapêuticas dependem de seus padrões de substituição (Evans, citado por KUSTER e ROCHA, 2003).

As cumarinas são derivados da 5,6-benzo-2-pirona (α -cromona). Originam-se do ácido *trans*-cinâmico que, por oxidação, resulta no ácido *o*-cumárico, cuja hidroxila fenólica condensa com uma unidade de glicose. Esse composto isomeriza no seu correspondente *cis*, o qual por ciclização forma a cumarina. A prenilação nas posições C-6 ou C-8 do anel benzênico de uma 7-hidróxi-cumarina conduz à formação de pirano ou furanocumarinas (SANTOS, 2003). As cumarinas são derivadas do metabolismo da fenilalanina, sendo um dos seus primeiros precursores o ácido *p*-hidróxicinâmico (ácido *p*-cumárico), que é hidroxilado na posição C-2' (*orto*-hidroxilação) (KUSTER e ROCHA, 2003).

Segundo MARTINS et al. (2002) as cumarinas são heterosídeos que apresentam diversas formas básicas: metoxicumarina, furanocumarina e piranocumarina. As Gramineae e Umbelliferae são particularmente ricas em cumarinas, que podem ocorrer em folhas, frutos, sementes e raízes. As cumarinas podem apresentar odor que caracteriza uma planta, como ocorre com o guaco (*Mikania glomerata*). Um dos metabólitos, o dicumarol, é um poderoso anticoagulante, sendo usado na alopátia, em pequenas dosagens, como base para medicamentos contra a trombose, e como veneno para ratos em grandes doses. Têm ainda a ação antibacteriana. Algumas cumarinas podem sensibilizar a pele sob ação dos raios ultravioleta (presentes em folhas de figueira), outras, em função desta propriedade, são utilizadas no tratamento do vitiligo, por estimularem a pigmentação da pele.

As cumarinas encontram-se distribuídas, predominantemente, em angiospermas, sendo as estruturas mais simples as mais freqüentes. Furanocumarinas e piranocumarinas lineares e angulares, lignocumarinas, cumarinas diméricas e triméricas são encontradas somente em certas famílias, notadamente as mais primitivas. As famílias mais citadas na literatura pelo conteúdo em cumarinas são: Apiaceae, Rutaceae, Asteraceae, Fabaceae, Oleaceae, Moraceae e Thymeleaceae. Especificamente, com relação às furanocumarinas, estas já foram isoladas e identificadas nas seguintes famílias: Amaranthaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Dipsacaceae, Goodeniaceae, Guttiferae, Leguminosae, Moraceae, Pittosporaceae, Rosaceae, Rutaceae, Samydaceae, Solanaceae e Apiaceae (Evans, citado por KUSTER e ROCHA, 2003).

Muitas das cumarinas simples possuem odor característico, destacando-se a cumarina propriamente dita (1,2-benzopirona), que é amplamente utilizada como

aromatizante em alimentos industrializados. No entanto, com base em dados sobre toxicidade hepática, verificada em ratos, a agência americana Food and Drug Administration (FDA) a classificou como substância tóxica, passando a considerar sua adição em alimentos como adulteração (Federal Register, v.19, p.1239, 03/1954); posteriormente, tal uso foi também banido na Europa. Por outro lado, a cumarina, pelas vantagens decorrentes de seu odor acentuado, estabilidade e baixo custo, continua a ser amplamente utilizada nas indústrias de produtos de limpeza e cosméticos (KUSTER e ROCHA, 2003).

Na área de medicamentos destacam-se os derivados da 4-hidróxi-cumarina, descobertos durante a investigação de uma doença hemorrágica no gado alimentado com trevo-de-cheiro-amarelo fermentado (*Melilotus officinalis* Lam.), o que levou à descoberta da ação anticoagulante do dicumarol. Esse foi o primeiro fármaco com essa ação por via oral e constitui o modelo para o desenvolvimento de uma classe de anticoagulantes com o núcleo básico 4-hidróxicumarina, do qual derivam importantes fármacos (Hardman e Limbird, citados por KUSTER e ROCHA, 2003).

A procura por medicamentos de origem vegetal tem conduzido a um renovado interesse farmacêutico em cumarinas, cromonas e xantonas, pelo fato dessas substâncias mostrarem atividades farmacológicas potentes e relevantes e serem de baixa toxicidade para mamíferos (HOULT e PAYÁ, 1996; KUSTER e ROCHA, 2003).

Recentemente, algumas cumarinas com atividade anti-HIV foram identificadas a partir de fontes vegetais, como exemplo cita-se os calanolídeos A e B, isolados das folhas de uma árvore de floresta tropical, *Calophyllum lanigenum* Miq. var. *austrocoriaceum*, família Guttiferae, encontrada na Malásia. Essas substâncias inibiram a replicação *in vitro* do HIV-1, provavelmente, por inibição da atividade enzimática da DNA-polimerase dependente de DNA e da DNA-polimerase dependente de RNA presentes no vírus (VLIETINCK et al., 1998; KUSTER e ROCHA, 2003).

Cumarinas, devido a sua atividade vasodilatadora, podem ser utilizadas no tratamento da impotência masculina. Para ocorrer ereção, as artérias do pênis precisam dilatar para aumentar o fluxo de sangue. As cumarinas osthol, imperatorina, xantotoxina e isopinpinelina, em conjunto, exibiram propriedades relaxadoras em *corpus carvenosum* de coelhos com endotélio intacto. Essas substâncias foram isoladas de frutos de *Cnidium monnieri* (L.) Cusson, uma planta chinesa usada na impotência masculina (CHIOU et al. 2001; KUSTER e ROCHA, 2003).

2.2- Guaco

O guaco (*Mikania glomerata* Sprengel), pertencente à família compositae, é uma planta nativa da América do sul, perene, trepadeira, com caule volúvel; ramos lenhosos, cilíndricos, castanhos e glabros; folhas opostas, pecioladas, cordiforme-deltóides, membranáceas, glabras, de margem lisa, e de cor verde; inflorescência em capítulos sésseis, reunidos em glomérulos globosos ou oblongos, no ápice dos ramos; flores brancacentas e fruto tipo aquênio. Vegeta em terrenos arenosos e úmidos; áreas sujeitas a inundações e ensolaradas; matas e cerrados. No Brasil, é espontânea de São Paulo até o Rio Grande do Sul. Seu florescimento não ocorre em todas as regiões do Brasil, sendo mais comum na região sul. O princípio ativo, a cumarina, exala um odor após a folha ser esfregada, fragmentada, seca ou fervida. Com fins medicinais a planta é empregada, principalmente, como broncodilatador e expectorante, sendo útil em afecções do aparelho respiratório (gripe, tosse, ronqueira, bronquite e asma). Também empregado em reumatismos, nevralgias e como sudorífero, febrífugo, depurativo e cicatrizante (LOW et al., 1999).

Segundo OLIVEIRA et al. (1999), dentre os 1.100 gêneros pertencentes à família Asteraceae Gaertner, o gênero *Mikania* Willdenow destaca-se pelo elevado número de espécies. O Index Kewensis registra em sua base de dados 694 nomes de *Mikania* Willdenow. Embora muitos desses nomes resultem em sinonímia de espécies do próprio gênero, e algumas vezes até de outro gênero, o número de espécies válidas ultrapassa a casa das 450 espécies. Rodrigues, citado OLIVEIRA et al. (1999), afirmou ocorrem 192 espécies no Brasil, país onde o gênero se encontra mais bem representado.

A *Mikania* Willdenow (a farmacopéia brasileira oficializou 2 espécies: *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania hirsutissima* DC) caracteriza-se, do ponto de vista químico, pela presença freqüente em sua composição de terpenóides, cumarinas e flavonóides. A presença do óleo essencial é muito comum, sendo, principalmente, produzido no interior de bolsas secretoras ou canais secretores em mistura com resinas (OLIVEIRA et al., 1999).

Há tempo a medicina popular receita o guaco (*Mikania glomerata* e *Mikania laevigata*) para problemas respiratórios. Já em 1942, a primeira farmacopéia brasileira, escrita por Pio Corrêa, recomendava a erva para chás e xaropes expectorantes, graças à sua riqueza em cumarina. Atualmente foi descoberto que as propriedades fitoterápicas dessa planta vão bastante além do seu uso popular. Em pesquisas coordenadas por Vera Lúcia Garcia Rehder no centro pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), foram comprovados os efeitos do guaco contra câncer, úlcera e afecção

por microrganismo, além de prevenção da cárie e da placa bacteriana dos dentes (ABIFITO, 2002).

O teor e os componentes do óleo essencial de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel), proveniente de Bragança Paulista-SP, foi estudado por OLIVEIRA et al. (1999). Os autores obtiveram um rendimento extrativo de óleo essencial, na planta fresca e em florescimento, de 0,26% (massa/volume). Os principais componentes identificados neste óleo essencial, e os respectivos percentuais estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Constituintes químicos do óleo essencial de guaco.

Constituinte	Teor (%)	Constituinte	Teor (%)	Constituinte	Teor (%)
α -pineno	7,97	α -copaeno	0,51	biciclogermacreno	9,17
β -pineno	5,18	β -bourboneno	0,40	α -mureleno	0,74
mirreno	11,35	β -elemeno	0,99	γ -cadineno	0,86
limoneno	1,02	<i>trans</i> -cariofileno	5,62	Δ -cadineno	2,57
linalol	0,36	aromadendreno	0,91	germacreno B	2,02
terpinen-4-ol	0,39	humuleno	1,17	espatulenol	5,27
Δ -elemeno	1,78	β -cubebeno	17,94		

Fonte: OLIVEIRA et al. (1999)

CELEGHINI et al. (2001) estudaram vários métodos de extração de cumarina de folhas de guaco, utilizando extratos hidroalcoólicos, sendo: maceração, maceração com ultra-som, infusão e extração por fluido supercrítico. Analisaram o extrato obtido através de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A concentração de cumarina foi 696,4, 656,2 e 393,8 $\mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente, para os métodos de extração por maceração, maceração com ultra-som e infusão. Apesar de não haver diferença estatística entre os métodos de extração por maceração (7 dias) e maceração com ultra-som (20 minutos), os autores concluíram que o melhor método para extração foi o último, devido ao curto tempo necessário para o processo. A alíquota obtida através do método de extração com fluido supercrítico não pode ser injetada diretamente, pois apresentou alto conteúdo de clorofila, e a remoção total não foi possível.

Segundo REHDER et al. (1998), o processo de secagem de guaco (*Mikania laevigata*) altera o teor de cumarina do produto seco em relação às folhas frescas. Quando frescas, as folhas apresentaram teor significativamente superior, ou seja, 1,14% , comparado com rendimentos de 0,19 e 0,69% quando secas a temperatura de 30 °C por 4 dias e 45 °C durante um dia, respectivamente.

COSTA et al. (1999) avaliaram dois métodos para a secagem de folhas de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e, a seguir armazenadas por 6 meses, embaladas em papel kraft, lata, polietileno e vidro. Previamente, as folhas foram submetidas à lavagem com água e lavagem com solução de propolína, e como testemunha a planta sem lavagem. Então, as plantas foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura entre 35 e 37 °C, e em câmara com desumidificador de ar, com umidade relativa entre 50 e 60%. Na análise sensorial das folhas, principalmente as secas em câmara com desumidificador, apresentaram coloração mais escura, devido ao maior tempo de secagem. Segundo os autores, esta coloração deve-se ao fato do guaco possuir alto teor de tanino, que se oxida após a colheita em consequência da ação das enzimas polifenol-oxidases (PPOs) e a subsequente polimerização não-enzimática da O-quinona, formando pigmentos escuros, denominados melaninas. Também, concluíram que houve melhor qualidade microbiológica da matéria-prima quando submetida à lavagem com água ou com propolína. Afirmaram que, realizada a secagem, o armazenamento pode ser feito em qualquer das embalagens estudadas, por até seis meses, sem riscos de contaminação microbiológica acima dos padrões vigentes.

PEREIRA et al. (2000) avaliaram a secagem de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) em estufa sem circulação de ar (50 °C por 1 dia), em estufa com circulação de ar (50 °C por 1 dia), com ar condicionado (25 °C por 7 dias) e em secador solar (35 °C por 15 dias), comparando com o tratamento testemunha (folhas frescas), obtendo rendimentos de 7,31, 6,73, 7,32, 4,02 e 5,20 mg g⁻¹ de cumarina, em base seca, respectivamente. Concluíram que o conteúdo de cumarina é afetado pela eficiência do método de secagem, estando de acordo com outros trabalhos, demonstrando que altos níveis de drogas estão associados à secagem rápida. A observação de que a qualidade da droga presente na planta, freqüentemente, depende das condições de secagem é aceita pela ação incontrollável das enzimas e crescimento de microrganismos que podem ocorrer em plantas depois de colhidas, causando alterações químicas no tecido. A secagem rápida interrompe a ação enzimática e microbiana, preservando os constituintes químicos no tecido seco.

Os autores citados anteriormente, no mesmo trabalho, avaliaram o conteúdo de cumarina, de extratos obtidos da parte aérea de guaco, em função da época de coleta. As coletas foram realizadas durante os meses de janeiro a dezembro, uma a cada mês, e os resultados são apresentados no Gráfico 1. Também, avaliaram o conteúdo de cumarina de extratos obtidos de diferentes partes da planta (Tabela 2), em folhas coletadas de diferentes posições do ramo (Tabela 3), em plantas com diferentes idades (Tabela 4) e em diferentes horários de coleta (Tabela 5). Os autores atribuem que a alta concentração de cumarina, observada próximo ao ápice do ramo,

pode ser devido ao tecido meristemático ser o local de síntese de cumarina em *Mikania glomerata* e então translocada a outras partes da planta.

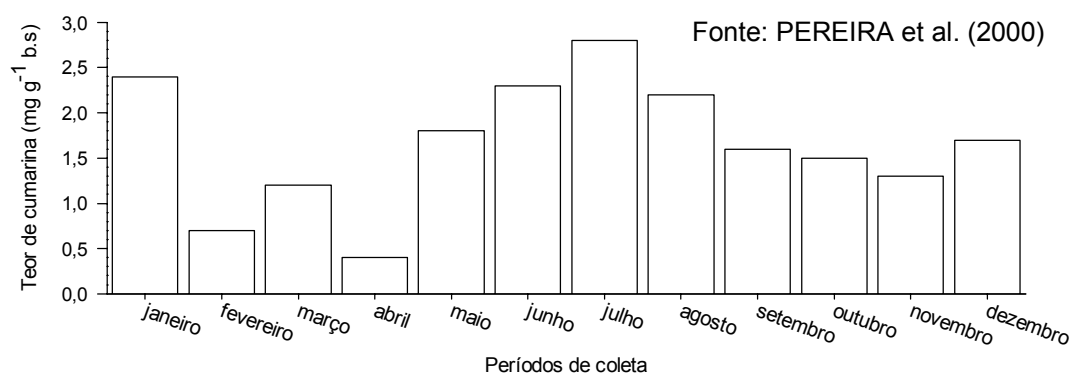


Gráfico 1- Teor de cumarina em extratos da parte aérea de guaco, obtidos em diferentes períodos de coleta.

Tabela 2- Teor de cumarina obtido de diferentes partes do guaco.

parte da planta	teor (mg g ⁻¹ b.s)
folha	5,20 a
ramo	1,05 b
flor	1,04 b
raiz	0,11 c

Fonte: PEREIRA et al. (2000)

Tabela 3- Teor de cumarina obtido de folhas coletadas em diferentes posições do ramo de guaco

posição da folha*	teor (mg g ⁻¹ b.s)
2	4,41 a
3	1,02 b
4	0,71 d
5	0,84 c
6	0,91 c

* posição das folhas em nodos descendentes, a partir do meristema.

Fonte: PEREIRA et al. (2000)

Tabela 4- Efeito da idade da planta na produção de cumarina.

idade da folha	teor (mg g ⁻¹ b.s)
nova (folha 2 x 5 cm)	5,91 a
velha (folha 8 x 15 cm)	2,15 b

Fonte: PEREIRA et al. (2000)

Tabela 5- Efeito do horário de coleta na produção de cumarina.

horário	teor (mg g ⁻¹ b.s)
08:00	2,16 c
12:00	3,00 b
18:00	3,32 a

Fonte: PEREIRA et al. (2000)

2.3- Hortelã-comum

A hortelã (*Mentha x villosa* L.) é uma planta originária da Europa, pertencente à família Labiatae, também conhecida como hortelã-comum, hortelã-de-tempero, hortelã-rasteira, mentrasto, etc. É caracterizada como uma planta vivaz, caule violáceo, ramificados; folhas opostas, oval-lanceoladas, serradas, cor verde-escura;

os espécimes ativos são peciolados; flores lilases ou azuladas, dispostas em espigas terminais; fruto tipo aquênio. A propagação ocorre pela divisão de rizomas. A planta requer luz plena para se desenvolver e, pelo menos, 12 horas diária de luz para florescer. Apresenta indicação digestiva, estimulante e tônica em geral. É carminativa, antiespasmódica, estomáquica, expectorante, anti-séptica, colerética, colagoga e vermífuga. Usada também na alimentação como condimento, e industrialmente é extraída uma essência, geralmente empregada na perfumaria e na fabricação de bebidas e doces (MARTINS et al., 2002).

Segundo MATOS et al. (1999) dados etnobotânicos relatam o uso de *Mentha x villosa* Huds, planta aromática bem conhecida na região, para o tratamento popular de transtorno gástrico e diarreia com sangue em crianças no nordeste do Brasil. Estudos clínicos tem confirmado a ação antiparasitária da planta. Outros estudos clínicos têm demonstrado uma ação terapêutica antiparasitária na ordem de 90 e 70%, respectivamente, para o tratamento de infestações, em humanos, causadas por amebas e giárdias, e resultados satisfatórios contra tricomoníase e esquistosomíases urogenital e efeito analgésico do rotundifolone (óxido de piperitenona) em roedores.

O constituinte químico principal é o óleo essencial contendo, principalmente, mentol, mentofurona, pineno, limoneno e cânfora. Contém ainda tanino, ácidos orgânicos, flavonoides, heterosídeos (MARTINS et al., 2002).

MATOS et al. (1999) investigaram a quantidade e os componentes do óleo de *Mentha x villosa* Huds cultivada no nordeste do Brasil (Fortaleza-CE e João Pessoa-PB) e compararam com trabalhos que relatam os componentes encontrados em plantas cultivadas na Grécia e nos Estados Unidos da América. Para a extração foi empregado o método de destilação, utilizado 1 kg de planta fresca, durante 1 hora. Obtiveram 3 mL de óleo essencial, o qual foi analisado por cromatografia gasosa, acoplado ao espectrômetro de massas. A identificação dos componentes foi realizada através da espectrometria de massas, acoplada a uma biblioteca, e com auxílio dos valores dos índices de Kovats. Os principais componentes encontrados no óleo essencial da *Mentha x villosa* Huds cultivada no nordeste do Brasil, na Grécia e nos EUA são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Principais componentes do óleo essencial de *Mentha x villosa* Huds, identificados em 3 diferentes localidades do mundo, expresso em percentual.

Componente	Brasil	Grécia	EUA
β-pineno	1,1	1,38-1,85	0,3-0,8
mirreno	3,2	0,35-0,50	0,1-1,2
limoneno	2,5	1,18-2,02	1,0-6,8
1,8-cineole	2,1	5,93-7,31	0,2-4,3
(Z)- β-ocimeno	3,5	-	0,0-0,6
linalol	0,4	<0,01-<0,01	0,7-2,6
1-octen-3-ol	-	-	0,0-9,1
mentona	-	0,10-1,02	0,0-2,1
cis-dihidrocarvona	-	-	5,4-14,1
dihidrocarvil acetato	-	-	1,7-18,0
neodihidrocarveol	-	-	4,0-6,2
carvona	-	-	44,2-68,1
óxido de piperitenona	55,4	0,15-61,18	-
β-bourboneno	0,3	0,15-0,24	0,7-2,6
cariofileno	3,4	2,95-4,51	0,6-1,2
γ-muroleno	13,1	-	-

Fonte: MATOS et al. (1999)

LAHLOU et al. (2001) avaliaram o efeito cardiovascular do tratamento intravenoso, empregando o óleo essencial de *Mentha x villosa*, um híbrido de *Mentha spicata* e *M. suaveolens*, coletada no Brasil, investigados em ratos. Examinaram se o componente principal do óleo essencial, o óxido de piperitenona, é o princípio ativo que medeia os efeitos cardiovasculares. Foram testadas duas concentrações diferentes de óxido de piperitenona (62,32 e 95,87%). Concluíram que esta foi a primeira vez que foi observado o efeito cardiovascular, em tratamento intravenoso, utilizando óleo essencial de *Mentha x villosa* em ratos, induzindo a efeitos hipotensivo e bradicárdico. Atribuíram que esse efeito se deva ao principal componente do óleo essencial, o óxido de piperitenona.

2.4- Secagem de plantas medicinais

Imediatamente após a colheita as plantas medicinais devem ser comercializadas, consumidas ou secas, objetivando-se minimizar as perdas no teor e na composição dos princípios ativos, pois a partir do momento da colheita, inicia-se

um processo de degradação, devido ao aumento da atividade enzimática, que leva também à degradação dos princípios ativos (REIS et al., 2003).

O excesso de umidade em matérias-primas vegetais permite a ação de enzimas, podendo acarretar a degradação de constituintes químicos, além de possibilitar o desenvolvimento de fungos e bactérias (FARIAS, 2003).

Portanto, devido às plantas terem alto teor de água, a secagem tem de importância fundamental, pois permite a redução do alto teor de água presente nas células e tecidos, minimizando o desenvolvimento de microrganismos (fungos, bactérias e leveduras) e a ação enzimática, favorecendo a preservação das propriedades originais.

Entretanto, a secagem ao sol, para muitas plantas medicinais e aromáticas, é totalmente desaconselhada, visto que o processo de fotodecomposição ocorre intensamente, degradando os componentes químicos e ocasionando alterações de odor, cor e sabor (MARTINS, 2000).

Mas a crescente demanda por espécies medicinais pela população, indica o surgimento de um mercado com alto potencial de consumo, necessitando de matéria-prima de alta qualidade, com oferta regular e de fácil disponibilidade. Por outro lado, para suprir esta demanda, está ocorrendo o crescimento no tamanho e no número de áreas de cultivo, nas mais diversas regiões do país. Com isto, nota-se a necessidade da secagem com o emprego de secadores mecânicos, utilizando valores de temperatura para o ar de secagem que proporcionem a rápida redução no teor de água e sem afetar a qualidade das espécies medicinais. A secagem poderá, também, contribuir para uma oferta regular e facilitar a comercialização das plantas, devido a facilidade no transporte e armazenamento.

Entretanto, pesquisas no âmbito nacional, com relação à influência do ar de secagem e do armazenamento sobre a composição química de plantas medicinais e aromáticas são ainda insuficientes. Como citado pela Academia Brasileira de Ciências, programas de pesquisa que abordam o tema plantas medicinais devem ser, necessariamente, formados por equipes multidisciplinares, daí uma provável causa para a morosidade na produção de trabalhos científicos e tecnológicos com tais características (MARTINS, 2000).

Portanto, se tornam de fundamental importância, pesquisas sobre a influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos princípios ativos das espécies medicinais. Com base nos resultados obtidos poder-se-ão recomendar as temperaturas mais adequadas para a secagem em função da espécie estudada. Os limites de temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos compostos químicos e de suas estruturas armazenadoras, uma vez que o produto, durante a secagem, em períodos de taxa decrescente, a sua

temperatura aumenta, aproximando-se daquela na qual o processo de secagem é realizado.

Também, as pesquisas poderão auxiliar a desbancar os paradigmas criados a respeito da secagem de espécies medicinais, bem como recomendações sem nenhum embasamento científico, generalizando o emprego de temperaturas para todas as espécies, por exemplo:

- que a temperatura de secagem geralmente varia entre 20 e 40 °C para sumidades floridas;
- temperaturas acima de 45 °C danificam os órgãos vegetais, pois propiciam cocção das plantas, ou seja, a secagem é superficial e, internamente a planta continua com seu processo metabólico acelerado, apesar do processo inativar a maioria das enzimas;
- há redução significativa na qualidade dessas plantas sob a forma de cascas e raízes quando secas com temperatura entre 60 e 70 °C.

Como consequência do processo de secagem mau conduzido, podem ocorrer algumas alterações físico-químicas, tais como: perda de substâncias voláteis (óleos essenciais), capacidade de reidratação, alteração de coloração, entre outras. Em geral, nos processos de secagem tradicionais, quando a temperatura não supera 80-100 °C, as enzimas não são degradadas, mas apenas inibidas, e podem ser reativadas assim que as condições de teor de água e temperatura sejam adequadas (Muñoz, citado por BORSATO, 2003). BARITAUX et al., (1992) indica que além das modificações acima citadas, o produto pode adquirir odores desagradáveis, impedindo a comercialização.

Também, a secagem pode causar o pardeamento que é uma das reações não enzimáticas que deterioram o produto, conferindo-lhe sabores e odores desagradáveis e colorações pardo-escuras devido a reação de açúcares redutores com aminoácidos, aceleradas com o aumento da temperatura e do pH. Entretanto, o pardeamento enzimático resulta, também, em colorações pardas, cuja velocidade de reação aumenta com a temperatura até o limite de 45 °C, logo diminuindo pela desnaturação de proteínas e o ranço produzido pela auto-oxidação de lipídeos (Horn et al., citados por BORSATO, 2003).

A velocidade com que a água é retirada da planta medicinal, durante a secagem, é muito importante, pois um processo muito rápido pode degradar os princípios ativos. Também não deve ser muito lenta, pois pode propiciar o aparecimento de microrganismos indesejáveis (SILVA e CASALI, 2000).

MÜLLER et al. (ND) compararam a secagem de menta (*Mentha piperita*) e sálvia (*Salvia officinalis*) pelo método tradicional (secagem ao sol) e em estufa solar com ar aquecido a 45 °C. Os resultados demonstraram que o teor de óleo essencial

extraído de menta e sálvia apresentou um aumento, respectivamente, de 40 e 25% com a utilização da secagem em estufa solar, em relação à secagem pelo método tradicional. O emprego da secagem em estufa melhorou a qualidade das plantas medicinais, intensificando a coloração e o conteúdo de princípios ativos.

HUOPALAHTI et al. (1985) verificaram perdas significativas de constituintes aromáticos após a secagem de aneto (*Anethum graveolens* L.). Para os tratamentos de secagem com congelamento (liofilização) e com ar aquecido foram observadas reduções de 1,7 a 3,9 e 6,7 a 11,2 vezes, respectivamente.

Segundo MÜLLER e MÜHLBAUER (1990), o acréscimo na temperatura do ar de secagem de 30 até 50 °C, para a secagem de camomila (*Chamomilla recutita*), reduziu o tempo de secagem de 52 para 3,5 horas, causando decréscimo no teor de óleo essencial na faixa de 15 a 25%, independentemente da temperatura empregada.

DEANS e SVOBODA (1992) empregaram temperaturas do ar de secagem entre 40 e 100 °C, durante 24 horas, para a secagem de manjerona (*Origanum majorana* L.), manjeriço (*Ocimum basilicum*), artemísia (*Artemisia dracunculoides*), sálvia (*Salvia officinalis*), satureja (*Satureja hortensis*), tomilho (*Thymus vulgaris* L.) e alecrim (*Rosmarinus officinalis*), com o objetivo de avaliar a quantidade e qualidade do óleo essencial. Concluíram que a quantidade extrativa de óleo essencial foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura do ar de secagem. A composição do óleo essencial de manjerona e manjeriço apresentou mudanças significativas quando a temperatura do ar de secagem atingiu 80 °C, e em artemísia, sálvia e satureja esta alteração já foi percebida quando a temperatura atingiu 50 e 60 °C, enquanto que, em tomilho e alecrim, não foram observadas mudanças significativas no cromatograma do óleo essencial.

BARITAUX et al. (1992) compararam a composição química do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), submetido à secagem com ar aquecido a 45 °C com a planta fresca (testemunha). A composição do óleo essencial de manjeriço seco demonstrou um padrão cromatográfico muito diferente ao obtido da testemunha. Os teores de metilchavicol e eugenol decresceram durante a secagem, entretanto, os teores de *trans*-bergamoteno, linalol e 1,8-cineol aumentaram significativamente.

HANSEN et al. (1993) realizaram a secagem de *Taxus x media* Hicksii utilizando 4 temperaturas de secagem (30, 40, 50 e 60 °C), com aquecimento do ar por meio de resistências elétricas. O objetivo foi o de avaliar o rendimento de taxol (principal constituinte) em relação à temperatura do ar de secagem, utilizando a planta inteira e separada em folhas e talos, sendo, posteriormente, picadas em pequenos pedaços. Conforme os resultados, concluíram que a produção de taxol nos talos não foi afetada pela temperatura do ar de secagem, entretanto, a produção nas folhas

aumentou linearmente com o acréscimo da temperatura, e a produção obtida na planta inteira manteve-se constante (0,014%) para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C. Mas, verificaram uma produção muito baixa para a secagem a 30 °C (0,008%), atribuindo o resultado ao tempo de secagem, pois possibilitou um longo período para a atividade enzimática, causando a degradação do taxol.

KOLLER e RAGHAVAN (1995) estudaram os efeitos da secagem em estufa, secagem com congelamento (liofilização) e secagem em microondas, sobre a composição do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris* L.). Concluíram que o perfil cromatográfico, para ambos os métodos, mostrou-se desbalanceado em relação aos constituintes do óleo essencial extraído da planta fresca, principalmente em relação ao componente majoritário, o timol.

VENSKUTONIS et al. (1996) secaram tomilho (*Thymus vulgaris* L.), empregando dois métodos: ar aquecido a 30 °C, com velocidade média em $3,3 \text{ m s}^{-1}$ sob a massa de plantas, durante 25 horas; e, secagem com congelamento (liofilização) por 40 horas. A redução no conteúdo total de constituintes voláteis após a secagem foi de aproximadamente 1-3%, não sendo verificadas diferenças entre os dois métodos de secagem.

RAINA et al. (1996) avaliaram vários tratamentos para a secagem de açafraão (*Crocus sativus* L.), com o objetivo de verificar o efeito do processo de secagem na composição e no conteúdo de pigmentos, sabor e características sensoriais. Os métodos empregados foram: secagem à sombra (4-18 °C), secagem com exposição direta aos raios solares (período diário de 11 h e temperatura de 12-21 °C); secagem solar (temperatura máxima de 49 °C, sendo 28 °C superior a ambiente); secagem por desumidificação (Si-gel azul a 40 °C); estufa a vácuo a 40, 50 e 65 °C; estufa com fluxo cruzado de ar a 20, 40, 50 °C; e, em forno elétrico a 40, 50, 65, 80 °C. A carga utilizada foi pré-estabelecida em 1 kg m^{-2} . O principal componente do açafraão é o crocin, um pigmento natural utilizado para a indústria de alimentos. Na Tabela 7, estão descritos os resultados obtidos para sua produção, quando submetidos aos diferentes tratamentos e temperaturas de secagem. Os autores concluíram que a temperatura ótima para a secagem situa-se em 40 e 45 °C, com uso do secador solar ou estufa, produzindo uma matéria-prima de alta qualidade.

Tabela 7- Conteúdo de crocin no açafão, submetido a diferentes tratamentos e temperaturas de secagem, g kg⁻¹ b.s.

Tratamento de secagem	Temperatura de secagem (°C)					
	Variável	20	40	50	65	80
à sombra (4-18 °C)	110,0	-	-	-	-	-
ao sol (15-21 °C)	127,0	-	-	-	-	-
Solar (35-49 °C)	153,0	-	-	-	-	-
forno elétrico	-	124,0	154,6	148,5	134,0	115,0
estufa (fluxo cruzado)	-	129,4	156,4	150,4	-	-
estufa a vácuo	-	-	170,5	161,0	144,7	-
desumidificador	-	-	156,7	-	-	-

Fonte: RAINA et al. (1996)

VENSKUTONIS (1997) verificou reduções de 43 e 31% na quantidade total de compostos isolados de tomilho (*Thymus vulgaris* L.) e sálvia (*Salvia officinalis*), respectivamente, quando submetidos à secagem em estufa a 60 °C, com relação à planta fresca. Segundo o mesmo autor, a redução dos compostos voláteis, durante a secagem, depende da volatilidade e estrutura química dos constituintes da planta. Por exemplo, em um estudo com temperatura do ar de secagem a 60 °C, verificou a redução de 3,4, 3 e 2 vezes nas quantidades de mirceno, limoleno e β -pineno, respectivamente. Por outro lado, a concentração de óxido cariofileno permaneceu praticamente a mesma, e um componente não identificado apresentou um aumento de aproximadamente 38%.

REYNOLDS (1998) avaliou a influência do teor de água e da temperatura de secagem (32, 38 e 44 °C) na coloração, concentração dos principais carboidratos e ginsenosídeos em raízes e rizomas de ginseng (*Panax quinquefolius* L.). As concentrações de ginsenosídeos não foram afetadas pela temperatura do ar de secagem, mas ocorreram alterações de coloração (escurecimento) com o aumento da temperatura do ar de secagem e, decréscimo de carboidratos com a redução da temperatura. Concluiu que o melhor tratamento de secagem foi a 38 °C.

BUGGLE et al. (1999) secaram capim-limão (*Cymbopogon citratus*) em forno aquecido a 30, 50, 70 e 90 °C, até alcançar peso constante, com objetivo de avaliar a quantidade e a qualidade do óleo essencial. Para a produção de óleo essencial os melhores resultados foram obtidos com a secagem a 50 °C (1,43%), apesar do tratamento a 30 °C (1,34%) não ter demonstrado diferença significativa com relação ao anterior, mas o mesmo não é indicado, pois favoreceu o desenvolvimento de fungos. Os tratamentos com as temperaturas de 70 e 90 °C (1,19 e 1,06%, respectivamente) proporcionaram redução significativa do teor de óleo essencial em relação aos outros tratamentos. Apesar, das variações do conteúdo de citral (principal componente) não

terem sido avaliadas estatisticamente neste trabalho, os autores concluíram que as variações foram pequenas: 95,2, 90,6, 91,8 e 94,6% para os tratamentos de secagem a 30, 50, 70 e 90 °C, respectivamente.

Folhas frescas de tomilho (*Thymus vulgaris* L.), com teor de água inicial de 75% b.u., foram secas em estufa e em secador solar, ambas a 50 °C, até atingirem o teor de água médio final de 12% b.u. A análise quantitativa do óleo essencial extraído após a secagem, por destilação a vapor, apresentou valores de 0,5 e 0,6% para os tratamentos de secagem em estufa e solar, respectivamente, enquanto na análise qualitativa, realizada por cromatografia de camada delgada, a coloração da mancha obtida das plantas submetidas à secagem foi menos intensa que a da planta fresca, indicando perda de qualidade (BALLADIN e HEADLEY, 1999).

MARTINS et al. (1999), estudaram a secagem de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e hortelã-comum (*Mentha x vilosa*), em desumidificador de ar, e verificaram a necessidade do ajuste de equações cúbicas para representar as curvas de secagem.

ROCHA et al. (2000) estudaram as temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C para secagem de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) e concluíram que os melhores resultados foram obtidos quando a temperatura do ar de secagem foi 60 °C, pois apresentou o menor tempo de secagem e o maior rendimento na extração de óleo essencial, sem afetar o perfil cromatográfico do óleo essencial, ou seja, sem influenciar sua qualidade.

De acordo com MARTINS (2000) a utilização das velocidades do ar de secagem de 0,5 e 1,0 m s⁻¹, para capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf), não influenciaram no teor de óleo essencial extraído e nem na quantidade do componente principal (citrал). Entretanto, a temperatura do ar de secagem influenciou de forma positiva na extração do óleo essencial, ocorrendo aumento no rendimento extrativo de óleo essencial em função do aumento da temperatura do ar de secagem. Empregando a temperatura de 60 °C foi observado um aumento extrativo de 21% em relação a planta fresca e comparando os tratamentos com ar aquecido a 40 e 60 °C o aumento foi de 15% para o último. Em relação ao citral, houve aumento de 5% no conteúdo, observado a 40 °C, em relação ao produto fresco. Constataram-se, respectivamente, perdas de 3,5 e 12% de citral no produto seco a 50 e 60 °C em relação ao produto fresco.

MARTINS (2000), observou a influência da umidade relativa do ar de secagem no processo de volatilização do citral e concluiu que, quanto mais baixa a umidade relativa do ar, mais intensa foi à volatilização dos monoterpenos.

O orégano mexicano (*Lippia berlandieri*) foi submetido a secagem por liofilização (-55 °C), com ar aquecido (48 °C) e em microondas a vácuo com tambor

rotativo (3,2 kW e temperatura de 45 °C). Os teores dos monoterpenos, β -mirceno e α -terpineno, para a secagem em microondas a vácuo e com ar aquecido não sofreram variações significativas em relação à planta fresca, enquanto que na secagem por congelamento o β -mirceno teve um aumento notável. O teor de γ -terpineno apresentou um decréscimo significativo quando submetido a secagem com ar aquecido e com microondas, porém na secagem por congelamento isto não foi verificado, entretanto o teor de p -cimeno sofreu redução significativa, independentemente do método empregado. O conteúdo de timol na secagem a vácuo apresentou valor semelhante à planta fresca e a seca por liofilização, sendo aproximadamente 1,3 vezes superior aos valores obtidos para secagem com ar aquecido (YOUSIF et al., 2000).

SIMAL et al. (2000) obtiveram as curvas de secagem de aloé (*Aloe barbadensis* Miller) com teor de umidade inicial de aproximadamente 98% e final de 33 % b.s. O período de secagem à taxa constante não foi observado, mas apenas o período difusional. Isto pode ser indicativo de um mecanismo de secagem com difusão controlada. Além disso, uma importante influência da temperatura na taxa de secagem pode ser observada, com exceção para a secagem a 80 °C. A explicação deve-se ao fato de que a temperatura superior a 70 °C causa endurecimento da superfície do produto, dificultando o fenômeno de difusão de umidade e reduzindo a taxa de secagem.

RAO et al. (2001) secaram cardamomo-gigante (*Amomum subulatum* Roxburgh) com o emprego de resistências elétricas para aquecimento do ar de secagem. As condições experimentais foram: ar aquecido a 70, 82 e 90 °C e vazão do ar de secagem de 0,46, 0,58 e 0,69 m³ min⁻¹. Para a secagem do produto com umidade inicial de aproximadamente 80% e final de 10% b.u., observaram que a declividade da curva de secagem foi constante para um determinado tempo de secagem e então decresceu, indicando duas regiões de secagem, ou seja, o período de taxa constante e o período de taxa decrescente de secagem.

RADÜNZ et al. (2001a) utilizaram 5 temperaturas (ar ambiente, ar aquecido a 40, 50, 60, 70 °C) para a secagem de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham), comparando com a planta fresca, com o objetivo de avaliar o rendimento de óleo essencial. Para a amostra seca com ar ambiente observaram uma redução significativa de 8% no teor de óleo essencial, enquanto que os tratamentos de secagem a 40, 50, 60 e 70 °C não apresentaram diferenças significativas entre si e a planta fresca. Segundo RADÜNZ et al. (2001b), para a análise química, dos mesmos tratamentos acima descritos, não foi verificada variação qualitativa significativa no percentual de timol (principal constituinte) e nem para p -cimeno nos tratamentos estudados com relação à planta fresca. Entretanto, para os valores de cariofileno

verificaram um aumento significativo nos tratamentos de secagem com ar aquecido a 50, 60 e 70 °C.

LI e WARDLE (2001) empregaram as temperaturas de secagem de 35, 40 e 45 °C para três espécies de equinácea (*Echinacea purpurea*, *E. angustifolia* e *E. pallida*) secas até três teores de água (5, 10 e 15% b.u.), para avaliar a produção de ácido chicórico, equinacosídeo, ácido clorogênico e polissacarídeos. Na secagem de raízes de *E. purpurea* verificaram a maior produção de ácido chicórico a 45 °C e o menor teor de polissacarídeos foi para o tratamento a 35 °C, seguido da secagem a 45 °C. O conteúdo de ácido clorogênico em *E. angustifolia* decresceu significativamente com o incremento de temperatura e um comportamento similar foi observado com o conteúdo de equinacosídeo, quando a temperatura foi aumentada de 40 para 45 °C, entretanto a temperatura não afetou o teor de polissacarídeos. Em *E. pallida* o maior conteúdo de ácido chicórico foi para os tratamentos a 40 e 45 °C, e o conteúdo de equinacosídeo foi maior para a secagem a 45 °C, entretanto a temperatura não afetou o teor de polissacarídeos. Quanto ao teor de água, as raízes de *E. purpurea* secas até 5% de umidade apresentaram o menor conteúdo de ácido chicórico, entretanto o conteúdo de polissacarídeos não sofreu alteração. Nenhum efeito do teor de água final foi observado no conteúdo de equinacosídeo em *E. angustifolia*, entretanto uma redução no conteúdo de ácido clorogênico foi encontrada para os menores teores de água, em contraste, quanto maior o teor de água final, menor o conteúdo de polissacarídeos. Em *E. pallida* o conteúdo de ácido chicórico não foi afetado, e com teor mais alto de água ocorreu aumento no conteúdo de equinacosídeo e decresceu o conteúdo de polissacarídeos.

LAUGHLIN (2002) realizou dois experimentos de secagem, utilizando a planta *Artemisia annua* L., sob as seguintes condições: no primeiro ensaio as plantas foram cortadas na base e uma parcela foi deixada no campo por 1, 3 e 7 dias e, da outra foram removidos os ramos e, posteriormente, seca em estufa a 35 °C durante 24 horas. No segundo experimento as plantas foram cortadas e deixadas para secagem no campo por 7, 14 e 21 dias, secas na sombra por 21 dias, no escuro pelo mesmo período e em estufa a 35 °C por 24 horas. Foram avaliados os rendimentos de artemisinina e ácido artemisínico, e os resultados são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8- Efeitos dos tratamentos de secagem, descritos no primeiro experimento, sobre os teores dos componentes de *Artemisia annua* L. , expressos em base seca.

Método de secagem	Estufa	A campo (dias)		
		1	3	7
artemisinina (%)	0,12	0,11	0,11	0,13
ácido artemisínico (%)	1,01	1,00	1,12	1,08

Fonte: LAUGHLIN (2002)

Tabela 9- Efeitos dos tratamentos de secagem, descritos no segundo experimento, sobre os teores dos componentes de *Artemisia annua* L., expressos em base seca.

Método de Secagem	Estufa	A campo (dias)			Sombra (dias)	Escuro (dias)
		7	14	21	21	21
artemisinina (%)	0,045	0,033	0,053	0,087	0,078	0,070
ácido artemisínico (%)	0,85	0,90	0,88	0,78	0,75	0,76

Fonte: LAUGHLIN (2002)

O autor concluiu que, no experimento 1, a secagem a campo por 1, 3 ou 7 dias não teve nenhum efeito adverso no teor de artemisinina e ácido artemisínico, pois as concentrações foram similares às obtidas com a planta seca em estufa. No segundo experimento, secagem a campo por 7 dias e em estufa, também, apresentou teores similares dos dois componentes, entretanto ocorreu uma tendência de aumento no teor de artemisinina para as plantas submetidas à secagem a sombra, no escuro e a campo por 21 dias.

HEVIA et al. (2002) investigaram o efeito da temperatura e da velocidade do ar de secagem sobre o conteúdo de ácido chicórico e alcamidas em plantas de *Echinacea purpurea* com 1 ano de idade. As temperaturas de secagem foram de 30, 40, 60 e 80 °C e a velocidade do ar de 1 e 2 m s⁻¹, com arranjo fatorial. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10- Percentagem de ácido chicórico e alcamidas totais em relação a temperatura e a velocidade do ar de secagem.

Temperatura do ar de secagem (°C)	ácido chicórico		alcamidas	
	1 m s ⁻¹	2 m s ⁻¹	1 m s ⁻¹	2 m s ⁻¹
40	0,119	0,108	0,060	0,061
60	0,089	0,079	0,050	0,046
80	0,074	0,049	0,048	0,049

Fonte: HEVIA et al. (2002)

Segundo os autores, os resultados indicam que a temperatura tem um efeito significativo sobre os metabólicos, sendo o melhor valor a temperatura de 40 °C.

BLANCO et al. (2002a) estudaram o efeito de três temperaturas no processo de secagem de menta (*Mentha piperita* L.), previamente acondicionadas em sacos de papel kraft, em estufa com circulação forçada de ar, nas temperaturas de 40, 60 e 80 °C e, sobre o teor e a composição química do óleo. Concluíram que os resultados do teor de óleo essencial evidenciaram efeito significativo da temperatura de secagem, observando que não houve diferença significativa entre as secagens a 60 e 80 °C, porém o teor obtido, em ambas, foi 80% inferior ao obtido na secagem a 40 °C (Tabela 11). Na composição química (Tabela 12) observaram diferença significativa entre os tratamentos de secagem a 40 e 60 °C para 5 substâncias (1,8-cineole, citronelal, neomentol, mentol e mentil-acetato), entre 40 e 80 °C para 3 substâncias (1,8-cineole, citronelal e mentol) e entre 60 e 80 °C para 2 substâncias (neomentol e acetato de mentila).

Tabela 11- Teor médio (% volume/massa) de óleo essencial de menta em função de diferentes temperaturas de secagem.

Tratamento	Teor de óleo essencial (%)
40 °C	1,00 a
60 °C	0,14 b
80 °C	0,12 b

Fonte: BLANCO et al. (2002a)

Tabela 12- Principais componentes do óleo essencial de menta, em percentual relativo, em função de diferentes temperaturas de secagem.

Componentes	Tratamentos			Coeficiente de variação
	40 °C	60 °C	80 °C	
1,8-cineole	2,39 a	1,63 b	1,54 b	10,43
citronelal	5,03 a	4,34 b	3,74 b	9,30
neomentol	2,51 b	2,69 a	2,52 b	7,49
mentol	5,56 b	7,03 a	6,95 a	8,23
acetato de mentila	4,18 a	3,16 b	3,82 a	11,45

- médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: BLANCO et al. (2002a)

BLANCO et al. (2002b) estudaram o efeito de três temperaturas de secagem de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), previamente acondicionadas em sacos de papel kraft, em estufa com circulação forçada de ar, nas temperaturas de 40, 60 e 80 °C e, sobre o teor e a composição química do óleo. Concluíram que os resultados, referentes ao teor de óleo essencial, evidenciaram efeito significativo da temperatura,

ocorrendo perdas de 24 e 49% para as secagens a 60 e 80 °C, respectivamente, em relação a secagem a 40 °C (Tabela 13). A influência da temperatura de secagem na composição química apresentou diferença significativa entre os tratamentos de 40 e 60 °C para cânfora, entre os tratamentos de 40 e 80 °C para α -pineno, mirceno, 1,8-cineol, cânfora, borneol, *t*-cariofileno e entre os tratamentos de 60 e 80 °C para o α -pineno (Tabela 14).

Tabela 13- Teor médio (% massa/massa) de óleo essencial de alecrim em função de diferentes temperaturas de secagem.

Tratamento	Teor de óleo essencial (%)
40 °C	2,13 a
60 °C	1,62 b
80 °C	1,09 c

Fonte: BLANCO et al. (2002b)

Tabela 14- Principais componentes do óleo essencial de alecrim, em percentual relativo, em função de diferentes temperaturas de secagem.

Componentes	Tratamentos			Coeficiente de variação
	40 °C	60 °C	80 °C	
α -pineno	3,33 a	3,25 a	2,77 b	9,37
mirceno	3,33 a	3,02 ab	2,71 b	8,18
1,8 cineol	4,20 a	4,53 a	4,64 a	7,90
cânfora	5,09 b	5,74 a	6,06 a	6,73
borneol	1,60 a	1,59 a	1,66 a	9,42
acetato de mentila	2,33 a	2,43 a	2,13 a	10,93

- médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

- Fonte: BLANCO et al. (2002b)

BORSATO (2003) utilizou um secador estacionário, com ar aquecido e forçado, com o objetivo de avaliar o teor de óleo essencial e a taxa de secagem de camomila (*Chamomilla recutita*) em função da temperatura do ar de secagem e da vazão específica do ar. No primeiro experimento, os tratamentos de secagem empregados foram: 35 °C durante 36 horas; 50 °C durante 16 horas; 65 °C durante 14 horas; 80 e 90 °C durante 10 horas. No segundo experimento, foram empregadas as seguintes vazões específicas do ar: 10, 60 e 110 m³ min⁻¹ t⁻¹, durante 16 horas e 160 e 210 m³ min⁻¹ t⁻¹, durante 14 horas, sendo a temperatura do ar de secagem mantida em 80 °C para todos os tratamentos, valor usado em função dos resultados obtidos nos tratamentos de secagem. As maiores taxas foram obtidas com o aumento da temperatura e da vazão específica do ar; as temperaturas de 35 e 50 °C foram

insuficientes para a secagem da camomila, bem como não impedem a perda de óleo essencial e as temperaturas 80 e 95 °C proporcionam maior taxa de secagem, porém a última conferiu cor caramelo na camomila, que é indesejável comercialmente; a faixa de temperatura de secagem “ideal” deve estar entre 65 e 80 °C, considerando-se o tempo que demora a secagem e as perdas de qualidade, como a cor e o teor de óleo, que deve ser testado em novas pesquisas; e, o teor de óleo essencial é reduzido durante todas as condições de secagem estudadas, porém mais atenuada sob 80 °C e vazão de 210 m³ min⁻¹ t⁻¹.

Para realizar a secagem das espécies medicinais, deve-se saber o teor de água final a ser atingido. Entretanto, ainda não existem valores cientificamente estabelecidos para comercialização e armazenamento para a maioria das espécies medicinais, algumas indicações são sugeridas. Conforme MARTINS et al. (2002) o teor de água ideal, após a secagem, deve ser 5 a 10% para folhas e flores, para cascas e raízes, entre 12 e 20%, em base úmida. Entretanto, segundo FARIAS (2003), o teor estabelecido nas diferentes farmacopéias varia entre 8 e 14% b.u., havendo poucas exceções.

Conforme a revisão realizada, conclui-se que os dados de pesquisas referentes a secagem de plantas medicinais são insuficientes, estabelecendo-se apenas valores de temperatura para algumas espécies. Entretanto, os resultados confirmam a necessidade de se estabelecer valores de temperatura diferenciados para cada espécie, sendo necessário investimento em pesquisa com tal objetivo. Os resultados beneficiarão o produtor rural, a indústria e o consumidor final, visto a melhor qualidade da matéria-prima final obtido após o processo de secagem.

3- OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo:

- comparar os tempos de secagem de guaco e hortelã-comum, submetidos a secagem com ar a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C;
- avaliar o rendimento dos óleos essenciais extraídos do guaco e da hortelã-comum, além da cumarina no guaco, depois de submetidos a secagem com ar a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C comparando-se com o rendimento obtido para a planta fresca; e
- analisar a composição dos óleos essenciais extraídos do guaco e da hortelã-comum, depois de submetidos a secagem com ar a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C, comparando-se com a composição obtida para a planta fresca.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

4.1- Delineamento experimental

Foram utilizados delineamentos experimentais distintos para as espécies medicinais estudadas. Para o guaco foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados devido ao longo tempo necessário para realizar a secagem e a extração do óleo essencial e da cumarina, objetivando-se, dessa forma, minimizar o efeito no armazenamento do guaco seco. Para a hortelã-comum foi utilizado o delineamento experimental completamente casualizado, pois tanto o tempo de secagem como o de extração do óleo essencial não foram muito longos.

4.1.1- Guaco

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, empregando-se o sistema de blocos no tempo, ou seja, cada período de coleta representou um bloco. Os 3 períodos de coleta foram em: 21 e 22 abril (bloco 1), 03 e 04 maio (bloco 2) e 20 e 21 de maio de 2003 (bloco 3).

Foram realizados 6 tratamentos de secagem em cada bloco, sendo: secagem com ar ambiente e ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C.

As avaliações do rendimento de óleo essencial e da cumarina, obtido depois do guaco seco e fresco (tratamento testemunha), assim como dos constituintes presentes no óleo essencial, foram realizadas empregando-se o teste de média (Duncan) a 5% de probabilidade, com auxílio do programa para análises estatísticas SAEG (2001).

4.1.2- Hortelã-comum

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram empregados 6 tratamentos de secagem, a saber: secagem com ar ambiente e com ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C, cada um realizado em três repetições.

A avaliação do rendimento de óleo essencial, assim como de seus constituintes, foram realizadas através de testes de média (Duncan) a 5% de probabilidade, com auxílio do programa para análises estatísticas SAEG (2001).

4.3- Material vegetal

Para execução do experimento foram utilizadas duas espécies de plantas medicinais: o guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e a hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds), ambas cultivadas na Universidade Federal de Viçosa. Foram apenas realizadas adubações orgânicas (esterco). O guaco foi cultivado a pleno sol, no sistema de espaldeira.

4.4- Coleta e seleção do material vegetal

A coleta do guaco foi realizada em três etapas, caracterizando os blocos, nas seguintes datas: 21 e 22 abril, 03 e 04 de maio e 20 e 21 de maio de 2003. Entretanto a hortelã-comum foi coletada em uma única etapa, no final do mês de outubro de 2003.

A realização da coleta do guaco em três etapas visou minimizar o período de armazenamento das plantas secas até a realização das análises químicas, o qual poderia ser de 2 a 3 meses, o que possivelmente ocasionaria confundimento com os tratamentos de secagem. A coleta foi realizada nos meses de abril e maio, pois em testes preliminares verificou-se que os teores de óleo essencial e cumarina foram semelhantes aos reportados na bibliografia.

Para ambas as espécies coletaram-se apenas as folhas, no horário compreendido entre as 7:00 e 8:30 horas, sendo o material encaminhado imediatamente ao Laboratório de Secagem para seleção, determinação do teor de água e posterior secagem. Para minimizar a influência do período de pós-colheita, a planta fresca era secada logo após a coleta. Para maior homogeneidade do material experimental, a coleta abrangia todas as plantas da área cultivada.

As folhas foram selecionadas antes da secagem, retirando-se as partes doentes e danificadas, assim como qualquer parte de outro vegetal ou material

estranho que pudesse se encontrar presente e, em seguida o material foi homogeneizado.

4.5- Determinação do teor de água

Os teores de água inicial do guaco e da hortelã-comum foram determinados imediatamente após a coleta e ao final do processo de secagem, empregando o método gravimétrico. Entretanto, em virtude da falta de uma metodologia padrão no Brasil para a determinação do teor de água para as plantas medicinais, aromáticas e condimentares, optou-se pela metodologia recomendada pela ASAE STANDARDS (ASAE, 2000) para forrageiras e similares (plantas ou folhas), utilizando-se 25 g de amostra, em três repetições, em estufa com circulação forçada do ar e com temperatura de 103 ± 2 °C, durante 24 horas.

4.6- Secagem do material vegetal

4.6.1- Secador utilizado

Para realização dos tratamentos de secagem de guaco e hortelã-comum foi construído um secador à gás, com bandejas, conforme demonstrado nas Figuras 1 e 2.

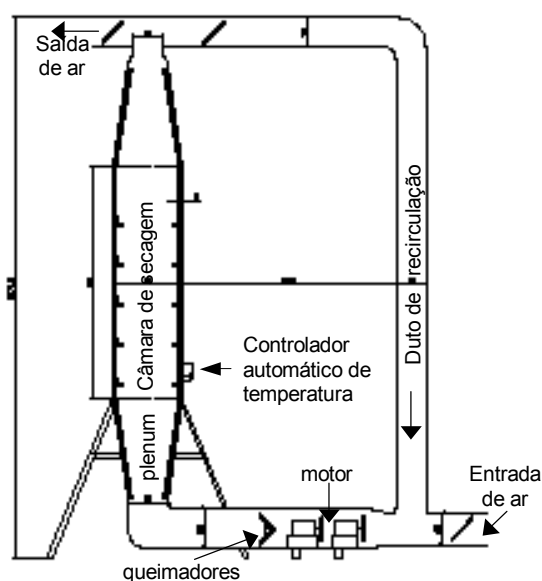


Figura 1 – Corte frontal do secador.

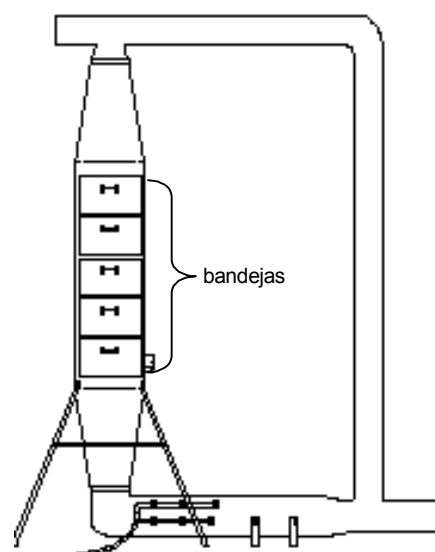


Figura 2 – Vista frontal do secador.

O secador construído era composto por duto para entrada de ar, ventilador, motor elétrico, sistema de aquecimento (queimadores e válvulas eletromagnética), plenum inferior e superior, câmara de secagem e duto para recirculação de ar.

A câmara de secagem, o plenum e o duto de recirculação foram construídos com chapa metálica galvanizada número 18. Objetivando minimizar o consumo energético, foram colocadas chapas metálicas de forma dupla para possibilitar a fixação do isolamento térmico, sendo o espaço entre elas preenchido com uma camada de 25 mm de lã de rocha.

O ar de secagem era insuflado por dois ventiladores, cada um acoplado a um micro-motor elétrico de 73,5 W (1/10 cv), situados no duto próximo a entrada de ar, logo após a conexão com o duto de recirculação (Figura 1). Foi construído um plenum inferior na forma de “V”, visando melhorar a distribuição do fluxo do ar de secagem através da massa de planta, e um plenum superior, mas em formato de “V” invertido. A câmara de secagem foi composta por cinco bandejas quadrangulares, com tampas teladas, construídas de aço inoxidável, com as dimensões 0,25 m de lado e 0,15 m de altura, perfazendo um volume total na câmara de aproximadamente 0,0469 m³. O duto de recirculação foi construído para possibilitar outras pesquisas sobre o reaproveitamento do ar após a secagem.

O sistema de aquecimento foi projetado com controle automático da temperatura do ar de secagem, sem a necessidade da interferência do operador, e utilizando como combustível o gás liquefeito de petróleo (GLP). Para a construção do sistema foram necessários a utilização de duas linhas de queimadores, tubulação de gás, duas válvulas eletromagnéticas, um sensor de temperatura e um controlador automático analógico de temperatura (JESUZ et al., 2001).

4.6.2- Ensaio de secagem

Os ensaios de secagem foram conduzidos no Laboratório de Secagem, Área de Armazenamento, situado no Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

A secagem do guaco foi realizada em três etapas distintas (períodos), caracterizando os blocos, abrangendo todos os tratamentos em cada bloco, ou seja, secagem com ar a temperatura ambiente e ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C, entretanto a secagem da hortelã-comum foi realizada em uma única etapa, com três repetições, sob as mesmas condições.

As folhas de guaco foram secadas sem picar (inteiras), utilizando-se apenas duas bandejas do secador, a segunda e a terceira ascendente, sem estarem

completamente cheias, totalizando uma massa de 0,5 kg, enquanto que para a secagem da hortelã-comum, foi utilizada apenas uma bandeja completamente cheia, a segunda ascendente, totalizando 0,3 kg de produto fresco.

A utilização da carga incompleta foi em virtude da quantidade de material vegetal disponível, optando-se por esta quantidade por ser a necessária para as análises químicas posteriores.

Em virtude da falta de um método rápido para determinar o teor de água de plantas medicinais, o momento de finalizar o processo de secagem foi calculada matematicamente, obtendo-se a massa final desejada através da Equação 1. O teor de água inicial foi, previamente, determinado pelo método gravimétrico, e o final máximo foi fixado em 10% b.u., pois segundo FARIAS (2003), o teor estabelecido nas diferentes farmacopéias varia entre 8 e 14% b.u., havendo poucas exceções.

$$mf = mi \times \left(\frac{100 - T_{Ai}}{100 - T_{Af}} \right) \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

mf= massa final (g);

mi= massa inicial (g);

TAi= teor de água inicial (% b.u.);

TAf= teor de água final (% b.u.).

4.6.3- Instrumentação

Para a obtenção dos dados referentes à temperatura do ar ambiente, do ar de secagem, do ar de exaustão e do ar na massa do produto e da umidade relativa do ar ambiente, do ar de secagem e do ar de exaustão, empregou-se um sistema automático de aquisição de dados (SAAD), acoplado, via placa de expansão, a um microcomputador 486 DX4, e mediante o uso de termopares (sensores de temperatura) tipo “T”, previamente calibrados, dispostos em pontos definidos, conforme demonstrado na Figura 3. O SAAD utilizado foi o SCXI - MS 100 da National Instruments, controlado por software desenvolvido na linguagem LabView. A obtenção dos valores de umidade relativa foi realizada da mesma forma descrita para a obtenção da temperatura, utilizando, em cada ponto, 2 termopares tipo “T”, previamente calibrados, simulando um psicrômetro. O cálculo do valor da umidade relativa do ar ambiente, do ar de secagem e do ar de exaustão, foi realizado através do programa GRAPSI, que se baseia em (WILHELM, 1976).

A obtenção dos valores foi realizada em intervalos de 30 segundos para os tratamentos de secagem a 50, 60, 70 e 80 °C, de 60 segundos para o tratamento de secagem a 40 °C e de 300 segundos para o tratamento de secagem com ar ambiente.

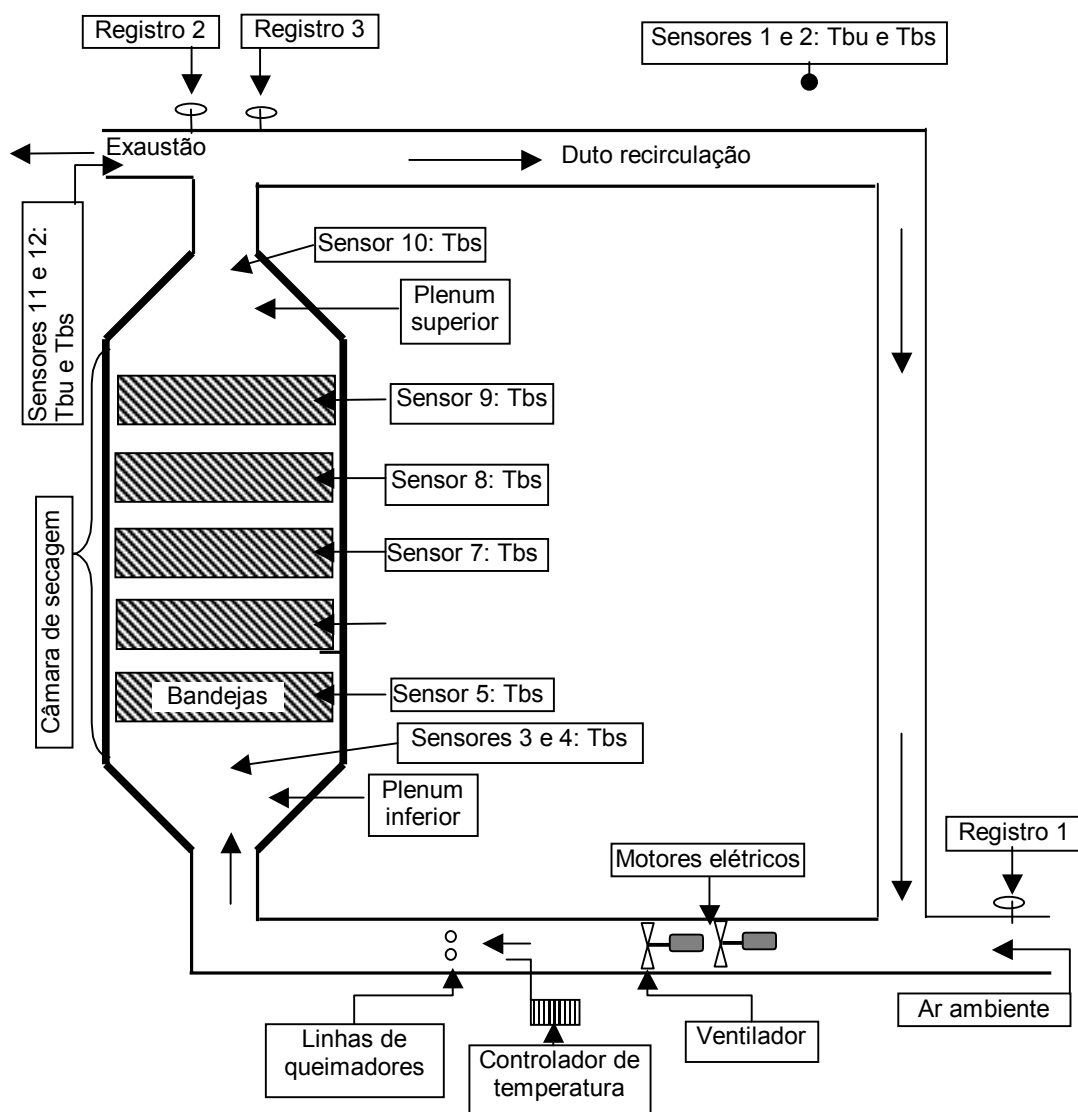


Figura 3- Desenho esquemático do secador, indicando as posições dos sensores de temperatura e de umidade relativa.

A medição da velocidade do ar de secagem foi realizada utilizando-se anemômetro de pás, fabricado pela Minipa, modelo MDA-10, faixa de operação de 0 a 30 m s⁻¹ e sensibilidade de 0,01 m s⁻¹. A medição da velocidade do ar de secagem foi realizada em 4 pontos pré-determinados no duto de saída do ar de exaustão e, através de cálculos matemáticos, foi obtida a velocidade do ar de secagem sob as bandejas com o produto. O procedimento se fez necessário em virtude da impossibilidade de se medir a velocidade diretamente sob as bandejas.

Durante a secagem de guaco, a obtenção da velocidade do ar era realizada em intervalos regulares de 5 minutos para os tratamentos de secagem com ar aquecido a 80 °C, de 10 minutos para os tratamentos de secagem com ar aquecido a 50, 60 e 70 °C, de 20 minutos para o tratamento de secagem com ar aquecido a 40 °C e de 480 minutos para o tratamento de secagem com ar a temperatura ambiente.

Entretanto, a obtenção da velocidade do ar durante o tratamento de secagem de hortelã-comum era realizada em intervalos regulares de 3 minutos para os tratamentos de secagem com ar aquecido a 80 °C, de 5 minutos para os tratamentos de secagem com ar aquecido a 50, 60 e 70 °C, de 10 minutos para o tratamento de secagem com ar aquecido a 40 °C e de 180 minutos para o tratamento de secagem com ar a temperatura ambiente.

4.7- Armazenamento

As amostras, após a secagem foram embaladas em sacos de polietileno (40 µm) e armazenadas em câmara climatizada a 5 °C, tipo B.O.D., por um período entre 1 e 10 dias, sendo as amostras retiradas ao acaso para a realização das análises químicas. O procedimento se fez necessário devido ao tempo dispensado para a realização das análises químicas. Por questões de segurança, armazenou-se o dobro da quantidade necessária para as análises químicas, servindo esta de contra prova, caso fosse necessário.

4.8- Extração e quantificação dos componentes químicos

4.8.1- Óleos essenciais

4.8.1.1- Extração

Para a extração do óleo essencial das folhas de guaco e hortelã-comum foi empregado o método de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho denominado Clevenger (Figura 4), adaptado a um balão de fundo redondo com capacidade de 2.000 mL, método ajustado ao proposto por SKRUBIS (1982) e MING et al. (1996), com aquecimento mantido na temperatura mínima necessária à ebulição.

A massa de planta utilizada para extração de óleo essencial, foi de aproximadamente 100 g de planta fresca ou o equivalente quando seca, previamente homogeneizada. Após, foi adicionado água destilada em volume suficiente para cobrir o material, iniciando-se o processo de hidrodestilação.

Para determinação do tempo de extração dos óleos essenciais de guaco e hortelã-comum foram realizados testes preliminares. As folhas de guaco foram submetidas a extração sem picar e picadas transversalmente às nervuras em tiras de aproximadamente 0,5 cm, e a cada intervalo de 1 hora, após o início do processo, foi coletada uma alíquota de hidrolato (mistura de água e óleo), a qual foi quantificada separadamente. Entretanto, as folhas de hortelã-comum não foram picadas, e os intervalos de coletas foram de 0,5 horas, sendo o restante realizado da mesma forma adotada para o guaco.

Conforme os resultados obtidos no teste para determinação do tempo de extração do óleo essencial, para o guaco adotou-se o tempo de 6 horas e com folhas picadas, e para a hortelã-comum de 1,5 horas. Foram realizadas três repetições para cada tratamento de secagem, bem como para a planta fresca (testemunha).

Para o guaco, o tempo e as condições de extração estão de acordo com o encontrado por OLIVEIRA et al. (1999), entretanto para a hortelã-comum o tempo foi superior ao utilizado por MATOS et al. (1999).

Depois de obtido o hidrolato, procedeu-se a segunda etapa de extração do óleo essencial com o emprego de solvente orgânico (pentano), na proporção de 10:1, em funil de separação de 125 mL. À fração orgânica (pentano e óleo essencial) resultante foi transferida para um Erlenmeyer de 125 mL, e adicionado sulfato de magnésio anidro em excesso e, deixado por alguns minutos em repouso, com a finalidade de retirar a água remanescente. Então, a solução foi filtrada diretamente para um balão de 125 mL e, posteriormente, concentrada em evaporador rotativo a 38 °C (Figura 5), e a alíquota restante foi transferida, com auxílio de uma pipeta de Pasteur, para um frasco de vidro com tampa rosqueada com capacidade para 5 mL, previamente pesado. O balão foi lavado 3 vezes, com pequena quantidade de solvente, e a alíquota adicionada à amostra no frasco, e em seguida concentrada, novamente, em banho-maria a 38 °C por aproximadamente 1 hora, tempo suficiente para evaporação do solvente residual. Logo após a amostra foi conduzida para a quantificação.



Figura 4- Equipamento empregado para extração do óleo essencial.



Figura 5- Evaporador rotativo.

4.8.1.2- Quantificação e armazenamento

As quantificações dos óleos essenciais extraídos de guaco e hortelã-comum foram realizadas através de pesagem das amostras em balança analítica, com precisão de 0,0001 g (massa/massa).

Após a pesagem os frascos foram fechados, vedados com parafilme e envoltos com papel alumínio, visando proteger da luz, e armazenados a 5 °C até o momento da análise cromatográfica.

Os teores dos óleos essenciais, obtidos dos tratamentos de secagem, foram comparados com os obtidos da amostra fresca, e calculado de acordo com VENSKUTONIS (1997), tendo como base a matéria seca.

4.8.2- Cumarina

4.8.2.1- Extração

As folhas de guaco foram picadas transversalmente às nervuras, em tiras inferiores a 1 mm de largura e comprimento inferior a 5 mm. Este procedimento foi empregado, apesar de a metodologia recomendar o uso de amostra seca e moída, pois era necessária a avaliação da amostra fresca (sem secagem), o que não possibilitou a moagem. A secagem prévia das folhas em estufa, conforme indicado por CELEGHINI et al. (2001) e ANDRADE (2000), poderia causar confundimento com os tratamentos de secagem realizados.

Foi empregado o método de extração a quente, em banho-maria a 65 °C, por 90 minutos, utilizando-se 7 mL de metanol, sendo o método adaptado e ajustado do citado por ANDRADE (2000). Durante a extração foram realizadas 3 coletas, a cada intervalo de 30 minutos, e colocadas juntamente em frascos de vidro de 25 mL. O

objetivo das três coletas foi o de evitar a saturação do metanol. O extrato obtido apresentou coloração verde escura, devido à clorofila.

Para o ajuste do tempo de extração foram realizados testes preliminares, coletando-se, separadamente, alíquotas a cada 30 minutos durante um período de 120 minutos. As alíquotas coletadas, juntamente com o padrão 1,2-benzopirona (cumarina) produzido pela empresa Sigma-Aldrich, com pureza de 99,9%, foram submetidas à cromatografia em camada delgada (CCD). A mistura de solventes empregada para eluição das cromatoplasmas foi a de acetato de etila e hexano (1,5:1, volume/volume) e, após a secagem, foram observadas as manchas produzidas pela cumarina, reveladas sob luz ultravioleta a 254 nm. O tempo de extração utilizado foi aquele em que não se observou mais a presença da cumarina na cromatoplasma (mancha), o que ocorreu com 90 minutos de extração.

Depois de realizada a extração, as amostras foram deixadas para concentrar sob temperatura ambiente em capela, até obtenção de um volume inferior a 3 mL. Primeiramente os frascos foram envoltos em papel alumínio e na parte do bocal foram realizadas pequenas perfurações, evitando-se a exposição direta à luz e contaminação por algum resíduo sólido.

Após a concentração das amostras a 3 mL, se realizou uma pré-filtragem e uma filtragem das mesmas, como segue: a) a pré-filtragem foi realizada com auxílio de uma pipeta de Pasteur, inserindo algodão como elemento filtrante e uma borracha do tipo conta-gotas foi utilizada para aumentar a pressão e possibilitar a filtragem. O objetivo deste procedimento foi a eliminação de partículas maiores contidas na amostra, que causariam problemas na etapa de filtragem; b) para a filtragem se empregou um cartucho para extração em fase sólida SEP-PACK, contendo 50 mg de sorbente e capacidade de 3 mL, conhecido como C18. A filtragem foi realizada a vácuo, com auxílio de um frasco Kitasato, da seguinte forma: primeiramente o cartucho foi ativado filtrando-se 3 mL de metanol, logo em seguida foi filtrada a amostra e, com posterior lavagem do filtro com acetona por no mínimo 3 vezes. O volume inferior a 3 mL, estabelecido na etapa de concentração da amostra, foi em função da capacidade do filtro. O objetivo da filtragem foi eliminar os pigmentos (clorofila) presentes no extrato, o que acarretaria em problemas durante a realização da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Após a filtragem as amostras foram concentradas até a evaporação total do solvente (resíduo), conforme o procedimento descrito anteriormente.

4.8.2.2- Armazenamento

Antes do armazenamento os frascos foram tampados, vedados com parafilme e envoltos com papel alumínio para evitar a incidência de luz. O armazenamento das amostras foi realizado a -10 °C até o momento da quantificação por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

4.9- Análises cromatográficas

4.9.1- Óleos essenciais

4.9.1.1- Identificação dos constituintes

A identificação dos constituintes dos óleos essenciais do guaco e da hortelã-comum foi realizada por cromatografia gasosa, acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), com auxílio da biblioteca desenvolvida por Wiley (1999), presente no equipamento. O cromatógrafo empregado foi fabricado pela Shimadzu, modelo GC-17A para o cromatógrafo a gás e GCMS-QP 5050A para o espectrômetro de massas.

A metodologia empregada para a identificação dos componentes dos óleos essenciais segue as orientações citadas por ADAMS (1995), conforme descrito abaixo.

Para a identificação dos constituintes presentes no óleo essencial de guaco a coluna empregada foi do tipo DB 5, entretanto para a hortelã-comum foi do tipo DB 1. Ambas colunas com 30 m de comprimento, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura do filme interno de 0,25 μm , temperatura máxima de 325 °C, e como gás carreador o hélio. As condições de operação do cromatógrafo a gás foram as seguintes: pressão interna da coluna de 100 kPa, razão de split de 1:20, fluxo de gás na coluna de 1,8 mL min^{-1} , velocidade linear do gás de 48,3 cm seg^{-1} , temperatura no injetor de 220 °C, temperatura na interface (detector) de 240 °C. A temperatura da coluna foi programada para iniciar em 40 °C e permanecer por 2 minutos, após um incremento de 3 °C por minuto até atingir 240 °C, quando novamente foi mantida por 1,33 minutos, totalizando o tempo de 70 minutos.

O espectrômetro de massa foi programado para realizar leituras numa faixa de 29 a 400 m/z, em intervalos de 0,5 segundos, velocidade de decomposição 1.000 amu seg^{-1} , com energia de ionização de 70 eV e temperatura do detector de 240 °C.

O volume de amostra injetado foi de 1 μL , na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o hexano, previamente destilado. Para a identificação dos componentes dos óleos essenciais, foram injetadas apenas as amostras obtidas das plantas frescas, pois apresentavam os mesmos sinais dos demais tratamentos.

Para a identificação dos componentes dos óleos essenciais, além dos espectros de massas sugeridos pela biblioteca, necessitou-se calcular o índice de Kovats (ADAMS, 1995). Para o cálculo do índice de Kovats (índice de retenção relativo) foi necessária à injeção de uma mistura de hidrocarbonetos (C10 a C24, apenas pares), servindo os tempos de retenção destes para base de cálculo do índice de Kovats dos componentes dos óleos essenciais. Em virtude de ter sido realizada apenas a injeção dos hidrocarbonetos pares, os tempos de retenção referente aos hidrocarbonetos ímpares, para este intervalo, foram obtidos por análise de regressão, o que aumentou a precisão dos índices de Kovats calculado para cada componente do óleo essencial. Os tempos de retenção dos hidrocarbonetos e do componente do óleo essencial foram empregados para calcular o índice de Kovats de cada constituinte do óleo essencial, utilizando a Equação 2, descrita por COLLINS et al. (1997).

$$IK = 100 \times NC + 100 \times \left(\frac{\text{Log } t'_{RX} - \text{Log } t'_{RZ}}{\text{Log } t'_{R(Z+1)} - \text{Log } t'_{RZ}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

IK= índice de Kovats (adimensional);

NC= número de carbonos do hidrocarboneto, imediatamente, anterior ao componente avaliado;

t'_{RX} = tempo de retenção ajustado do componente avaliado;

t'_{RZ} = tempo de retenção ajustado do hidrocarboneto, imediatamente, anterior ao componente avaliado; e

$t'_{R(Z+1)}$ = tempo de retenção ajustado do hidrocarboneto, imediatamente, posterior ao componente avaliado.

Obs.: todos os valores ajustados foram subtraídos do tempo de retenção do solvente.

Então, para identificação de cada componente dos óleos essenciais foram comparados os espectros sugeridos pela biblioteca com o espectro produzido pelo componente do óleo essencial, juntamente com a avaliação dos respectivos índices de Kovats calculados com os citados pela bibliografia (ADAMS, 1995). Para a hortelã-comum, devido a utilização da coluna DB 1, comparou-se com os índices de retenção citados por DAVIES (1990).

4.9.1.2- Quantificação dos constituintes

Para a quantificação dos componentes dos óleos essenciais de guaco e hortelã-comum, empregou-se o cromatógrafo a gás, acoplado ao detector por

ionização de chamas (GC-FID), fabricado pela Shimadzu, modelo GC-17A, sob as seguintes condições:

Para a quantificação dos constituintes do óleo essencial do guaco foi utilizada a coluna DB 5, com 30 m de comprimento, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura do filme interno (recheio) de 0,25 μm , temperatura máxima de 325 °C, no entanto para os constituintes do óleo essencial da hortelã-comum foi utilizada a coluna BP 1 (100% dimetil polisiloxane - apolar), com 30 m de comprimento, diâmetro de 0,22 mm, espessura do filme interno (recheio) de 0,25 μm , temperatura máxima de 325 °C.

Para ambas colunas foi utilizado como gás carreador o nitrogênio. Pressão interna das colunas de 100 kPa, razão de split de 1:5, fluxo de gás nas colunas de 1,2 mL min⁻¹, temperatura no injetor de 220 °C, temperatura no detector (FID) de 240 °C (chama produzida por ar sintético e hélio). As temperaturas das colunas foram programadas para iniciar em 40 °C e permanecer por 2 minutos, após com um incremento de 3 °C por minuto até atingir 240 °C, quando novamente foram mantidas por 1,33 minutos, totalizando o tempo de 70 minutos.

O volume de amostra injetado foi de 1 μL , na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o hexano, previamente destilado.

Para quantificar cada constituinte presente nos óleos essenciais, foram realizadas integrações das áreas geradas e calculadas pelo programa presente no próprio computador conectado ao GC-FID, sendo os resultados expressos em percentual proporcional de área.

Os teores dos componentes dos óleos essenciais, obtidos dos tratamentos de secagem foram comparados com os obtidos da amostra fresca. Na interpretação dos dados dos teores dos componentes do óleo essencial, das amostras analisadas, foram realizados testes para comparação de média (Duncan a 5% de probabilidade), com auxílio do programa para análises estatísticas SAEG (2001).

4.9.2- Cumarina

4.9.2.1- Preparo da amostra

Antes da realização da cromatografia as amostras foram reconstituídas com 3 mL de diclorometano, da qual foi retida uma alíquota de 1 mL, e submetida a pré-filtragem, utilizando-se um filtro Millex LCR, com membrana PTFE modificada para filtração de solventes orgânicos e aquosos, nas dimensões de 0,45 μm x 13 mm não estéril (Millipore). Ao filtrado foram, novamente, adicionados 2 mL de diclorometano, sendo esta amostra utilizada para realização das análises cromatográficas.

4.9.2.2- Identificação

Para a identificação da cumarina, presente na amostra, foi realizada a injeção do padrão de 1,2-benzopirona (cumarina), com 99,9% de pureza, produzido pela empresa Sigma-Aldrich, e comparado com os resultados obtidos para os tratamentos de secagem e planta fresca. A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foi realizada com o emprego do equipamento Shimadzu LC-10A, acoplado ao detector UV/SPD-10 AV, sob as seguintes condições: pré-coluna NUCLEOSIL 5-Sílica-100A-5 micron (30 x 4 mm), coluna NUCLEOSIL 5-Sílica-100A-5 micron (250 x 4 mm), pressão interna da coluna de 39 kPa, fluxo da fase móvel de 0,6 mL min⁻¹, no modo isocrático, e comprimento de onda no detector ultravioleta de 274 nm. A fase móvel utilizada foi de acetato de etila e hexano, na proporção de 3:1, respectivamente. O volume de amostra injetado foi de 20 µL. O tempo para a realização de cada cromatografia foi de 20 min.

4.9.2.3- Quantificação

Para a quantificação da cumarina nas amostras, após a sua identificação, foram realizadas injeções do padrão de cumarina (1,2-benzopirona) em diferentes concentrações, para construção da curva padrão. As amostras padrões foram preparadas com diclorometano nas concentrações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 e 150 ppm. As integrações das áreas foram realizadas pelo programa presente no próprio computador. Então, os resultados obtidos nos cromatogramas, expressos em áreas, foram correlacionados com as concentrações equivalentes das amostras padrões injetadas. A partir destes valores foi gerado um modelo matemático para cálculo da concentração de cumarina presente nas amostras oriundas dos tratamentos de secagem e da planta fresca, empregando-se para tal o programa Curve Expert® 1.2 (1996). O modelo matemático que melhor se adequou, entre vários estudados, foi o polinomial de 4ª ordem, onde o coeficiente de correlação e o erro padrão da média foram de 0,9991 e 2,3525, respectivamente.

Os teores de cumarina, presentes nas amostras, foram calculados com o auxílio da equação matemática gerada, usando-se os valores das áreas encontradas para cada tratamento de secagem e para a planta fresca (testemunha) nesta equação, obtendo-se a concentração em ppm (massa/massa). Os resultados das concentrações de cumarina, em guaco submetido à secagem e para a planta fresca, foram transformados para percentual, objetivando-se facilitar a interpretação dos resultados.

Na interpretação dos resultados dos teores de cumarina, nas folhas de guaco, em função do tratamento de secagem e para a planta fresca, foram realizados testes

para comparação de média (Duncan a 5% de probabilidade), empregando-se o programa para análises estatísticas SAEG (2001).

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Secagem das espécies medicinais

Nas Tabelas 15 e 16 são apresentados os teores de água inicial e final, os valores médios da umidade relativa e da velocidade do ar de secagem, e o tempo total de secagem para o guaco e hortelã-comum, submetidos a secagem com a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C. As temperaturas médias do ar de secagem a temperatura ambiente foram de 21,5 e 26,9 °C, respectivamente, durante a secagem de guaco e hortelã-comum.

Nos apêndices 1 e 2 se encontram os gráficos referentes aos valores da temperatura do ar ambiente, de secagem (plenum), do ar de exaustão e na massa de produto, e da umidade relativa do ar ambiente, do ar de secagem (plenum) e do ar de exaustão para o guaco (Gráficos 7 a 12) e para hortelã-comum (Gráficos 13 a 18), obtidos através do sistema de aquisição de dados.

Tabela 15- Parâmetros avaliados durante a secagem de guaco.

Temperatura do ar de secagem	Parâmetros avaliados				
	teor de água inicial (% b.u.)	teor de água final (% b.u.)	velocidade do ar (m s^{-1})	UR do ar no plenum (%)	tempo de secagem (h)
ambiente	83,18	13,90	0,59	70,49	160,0
40 °C	81,78	9,63	0,45	26,73	21,0
50 °C	82,27	8,70	0,46	16,69	3,5
60 °C	82,27	6,70	0,46	9,89	2,0
70 °C	82,27	7,55	0,45	6,43	1,17
80 °C	82,27	7,75	0,44	4,38	0,83

Tabela 16- Parâmetros avaliados durante a secagem de hortelã-comum.

Temperatura do ar de secagem	Parâmetros avaliados				
	teor de água inicial (% b.u.)	teor de água final (% b.u.)	velocidade do ar (m s^{-1})	UR do ar no plenum (%)	tempo de secagem (h)
ambiente	84,20	13,28	0,52	64,64	30,25
40 °C	82,80	11,20	0,50	30,69	5,17
50 °C	80,64	8,77	0,51	19,55	2,42
60 °C	81,52	10,00	0,54	12,31	1,00
70 °C	82,42	8,03	0,55	6,14	0,67
80 °C	83,73	6,42	0,57	4,53	0,45

Verifica-se que o tempo necessário para a secagem de guaco, para todas as temperaturas estudadas, foi maior do que para a secagem de hortelã-comum. Os fatores como o teor de água inicial e final, velocidade e umidade relativa do ar de secagem não exerceram muita influência, porque as condições para cada temperatura de secagem foram próximas, exceto na secagem com ar ambiente, onde a temperatura do ar de secagem não foi controlada, sendo que o guaco foi seco com uma temperatura 5,4 °C inferior ao da secagem da hortelã-comum.

Conforme era esperado, com o acréscimo da temperatura do ar de secagem aumentou a perda de água das espécies medicinais estudadas. Nas folhas de guaco, a menor taxa de perda de água em comparação com as folhas de hortelã-comum, possivelmente, seja porque suas folhas são maiores, glabras, com maior espessura, apresentando aspecto coriáceo e nervura central grossa, além da presença fina e a cobertura de cera, fatores que dificultam a perda de água.

Para reduzir o tempo de secagem das folhas de guaco, as mesmas devem ser picadas, pois a área de contato com o ar é aumentada e também algumas estruturas que dificultam a perda de água são rompidas.

Na maioria dos tratamentos de secagem, tanto para o guaco como para a hortelã-comum, o teor de água final preestabelecido de 10% não foi atingido, ficando os valores abaixo ou acima do estabelecido. Isto se deve a falta de metodologia e equipamentos que possam determinar com exatidão, e em curto espaço de tempo, o teor de água. Devido a este fator, o final do processo de secagem é determinado empiricamente, através da análise visual e/ou pelo tato, ou matematicamente.

Nas condições em que o experimento foi realizado, com umidade relativa do ar ambiente oscilando entre 60 e 90%, e temperatura média do ar de secagem de 21,5 e 26,9 °C (apêndices 1 e 2), respectivamente, para guaco e hortelã-comum, a secagem com ar ambiente foi inadequada. Pois, o teor de água final alcançado ao

equilíbrio foi de 13,90 e 13,28% b.u., respectivamente, para o guaco e a hortelã-comum, valores considerados inadequados para armazenamento e/ou comercialização.

Observa-se que acréscimos pequenos na temperatura do ar de secagem proporcionam reduções grandes no tempo de secagem, por exemplo: para o guaco, o incremento de 1,75 vezes na temperatura do ar de secagem (40 para 70 °C) proporcionou redução de aproximadamente 17,9 vezes no tempo de secagem; e para a hortelã-comum a redução foi na ordem de 7,7 vezes.

Cabe salientar que foi realizada uma análise visual da coloração das folhas de guaco e hortelã-comum após a secagem.

As folhas de guaco secas com ar ambiente apresentaram uma coloração verde-acinzentada e com manchas esbranquiçada, e as folhas submetidas à secagem com ar aquecido a 70 e 80 °C apresentaram escurecimento parcial, principalmente no limbo superior e, as folhas secas com ar aquecido a 40, 50 e 60 °C permaneceram com a coloração verde.

No entanto, para a hortelã-comum observa-se que todos os tratamentos de secagem causaram escurecimento nas folhas, ainda que parcial. Assim sendo, as folhas secas com ar aquecido a 40, 50 e 60 °C apresentaram escurecimento pouco intenso no limbo superior e mantiveram a coloração verde na outra face, entretanto as folhas secas com ar aquecido a 70 e 80 °C apresentaram escurecimento acentuado, perdendo quase que totalmente a coloração verde. Já, as folhas secas com ar ambiente apresentaram uma coloração parda, com manchas brancacentas.

As colorações apresentadas nas folhas de guaco e hortelã-comum, submetidas ao tratamento de secagem com ar ambiente, pode ter sido ocasionada em função do longo tempo de secagem, o que possibilitou reações de oxidação e o desenvolvimento de fungos.

No guaco e na hortelã-comum, o escurecimento causado pelo uso das temperaturas de 70 e 80 °C pode ser devido às reações não enzimáticas que deterioram o produto, conferindo-lhe sabores e odores desagradáveis e colorações pardo-escuras devido a reação de açúcares redutores com aminoácidos, aceleradas com o aumento da temperatura e do pH. Também, o aquecimento pode ter favorecido a ruptura de algumas células, provocando o extravasamento do seu conteúdo, possibilitando reações de oxidação.

5.4- Teor e composição do óleo essencial de guaco

5.4.1- Teor de óleo essencial

No Gráfico 2, observam-se os percentuais de óleo essencial (massa/massa) com as respectivas análises estatísticas, obtidos nos períodos de coleta (blocos), e no Gráfico 3 entre os tratamentos de secagem, comparados com a planta fresca (testemunha).

Conforme a análise estatística realizada, o coeficiente de variação e o erro padrão da média foram de 7,44% e 0,02511, respectivamente, apresentando valores satisfatórios.

Observando-se o Gráfico 2, a época de coleta influenciou, estatisticamente, na quantidade de óleo essencial extraído das folhas de guaco, ocorrendo aumento no teor durante as 3 coletas. Provavelmente que a época de coleta tenha influenciado, pois, normalmente, as espécies medicinais possuem maior concentração de princípios ativos em determinados períodos do ano, e este aumento ao longo das datas de coleta pode ser em função da aproximação de tal período. Também, a variação pode ser atribuída a fatores fisiológicos, a idade, a fatores climáticos (temperatura, fotoperíodo), etc.

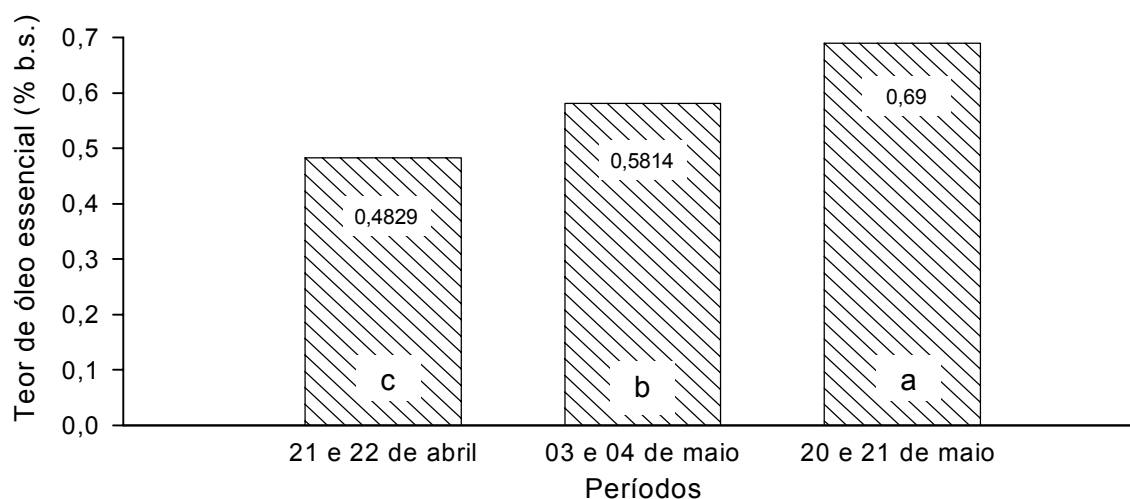


Gráfico 2- Teor de óleo essencial em guaco, obtido em função do período de coleta. Médias de 7 tratamentos, e quando seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

O rendimento de óleo essencial obtido de folhas frescas de guaco encontrado por OLIVEIRA et al. (1999) foi de 0,26% b.u. (massa/volume). Na espécie cultivada na UFV o teor foi de 0,49% b.s. (massa/massa), e de 0,14% b.u. (massa/volume), considerando o teor de água da planta fresca, e a menor densidade dos óleos essenciais, que segundo SIMÕES e SPITZER (2003) está entre 0,69 e 1,118. Esta

variação pode ser em função da época de coleta, pois, normalmente, as espécies medicinais possuem maior concentração de princípios ativos em determinados períodos do ano ou estágio de desenvolvimento vegetativo, já que no referido trabalho a coleta foi realizada no período de floração, diferentemente do realizado com as plantas coletadas na UFV. Também, a maior concentração de óleo essencial pode ser atribuído a fatores genéticos e fisiológicos, a fatores climáticos, como temperatura, fotoperíodo, e ao tipo de solo, a técnica de extração; etc.

O Gráfico 3 mostra os resultados da análise estatística do rendimento de óleo essencial para tratamentos de secagem. Observa-se que as temperaturas do ar de secagem influenciaram positivamente no rendimento extrativo de óleo essencial de guaco. Segundo OLIVEIRA et al. (1999), o óleo essencial de guaco é produzido principalmente no interior de bolsas secretoras ou canais secretores em mistura com resinas. O maior rendimento de óleo essencial no guaco após a secagem com ar aquecido pode estar de acordo com LEWINSOHN et al. (1998). O aumento extrativo do rendimento de óleo essencial nas folhas submetidas a secagem com ar aquecido pode ser devido ao óleo estar localizado em células oleosas específicas, que possuem estruturas especiais, de parede celular lignificada, situadas no tecido parenquimatoso na lâmina e nas bordas da folha, e não em estruturas frágeis, como pêlos glandulares, tricomas e glândulas epidérmiais.

O maior teor de óleo essencial obtido com emprego da temperatura de secagem a 50 °C está de acordo com o encontrado por BUGGLE et al. (1999) que, secaram capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.), e encontraram o maior rendimento extrativo no tratamento de secagem a 50 °C. Os autores acreditam que o emprego de altas temperaturas promove o decréscimo de óleo essencial devido a volatilização, e temperaturas baixas não são adequadas, pois favorecem o aparecimento de fungos, sendo que o mesmo pode ter ocorrido com o guaco, pois a localização do óleo essencial é parecida nas duas espécies.

Outra hipótese pode estar de acordo com ROCHA et al. (2000) que obtiveram o maior rendimento de óleo essencial secando citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) a 60 °C. Concluíram que, possivelmente, de alguma forma esta temperatura interfere na permeabilidade ou resistência físico-mecânica dos tecidos vegetais, ajudando a reter os compostos voláteis em suas estruturas originais. No guaco, em função do óleo estar localizado em células oleosas específicas, que possuem estruturas especiais de parede celular lignificada, a temperatura do ar de secagem até o valor de 50 °C pode ter facilitado a extração do óleo essencial sem causar a sua volatilização durante o processo de secagem e, a partir deste valor a volatilização pode ter influenciado na diminuição do teor de óleo essencial.

O menor rendimento de óleo essencial obtido para o guaco seco com ar ambiente pode ser devido ao longo tempo de secagem, favorecendo o desenvolvimento de fungos e a atividade enzimática e promovendo o processo oxidativo.

Também, é possível que o menor conteúdo de água nas folhas, após a secagem, permita que a corrente de vapor gerada no extrator possa arrastar mais eficientemente as substâncias voláteis armazenadas nas células, quando comparado com o material verde. Segundo GUENTHER (1972), devido ao alto teor de umidade nas plantas frescas, há forte tendência à aglutinação do óleo, impedindo que o vapor penetre de forma mais uniforme nos tecidos vegetais.

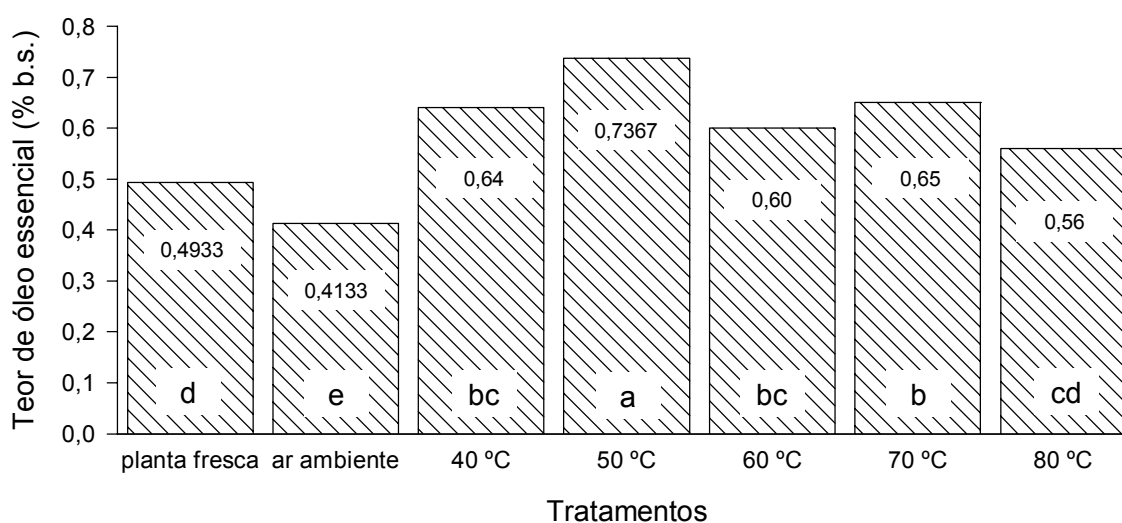


Gráfico 3- Teor de óleo essencial em guaco, obtido em função dos tratamentos de secagem e comparado com a planta fresca. Médias de 3 repetições, e quando seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

5.4.2- Composição do óleo essencial

É apresentado apenas um cromatograma para exemplificação (Figura 6), tendo em vista que não foi observada nenhuma variação na presença dos componentes do identificados no óleo essencial do produto fresco e do extraído das folhas submetidas à secagem, variando apenas as concentrações. Na Tabela 8 demonstra-se o tempo médio de retenção obtido pelo GC-FID, o nome comum e o índice de retenção (IK) obtido pelo GC-MS, sendo os percentuais de cada componente demonstrados nas análises estatísticas.

Os constituintes identificados no óleo essencial do guaco coletado na UFV apresentam pequenas diferenças em relação aos constituintes encontrados por

OLIVEIRA (1999), bem como no teor dos mesmos. Provavelmente que estas variações estejam de acordo com o descrito por SIMÕES e SPITZER (2003), que afirmam que a composição química de um óleo volátil, extraído do mesmo órgão de uma mesma espécie vegetal, pode variar significativamente, de acordo com a época de coleta, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e de solo.

Também o método de extração e de identificação podem ter influenciado nesta variação. O equipamento de identificação apresenta detectores com diferentes sensibilidades, que muitas vezes não são apropriados para misturas muito complexas, como são os óleos essenciais.

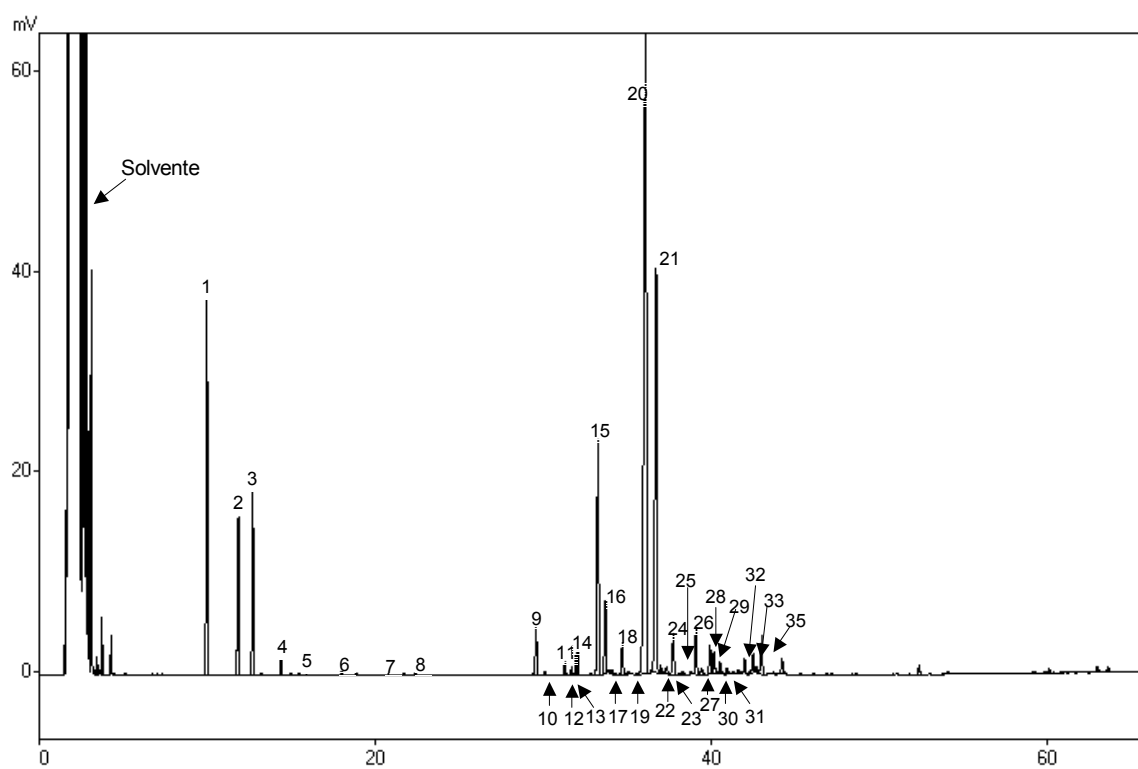


Figura 6- Cromatograma obtido através de cromatografia gasosa, demonstrando os sinais gerados por cada constituinte presente no óleo essencial de guaco.

Observa-se na Tabela 17, que no óleo essencial de guaco foram quantificados 35 componentes e identificados 33, independentemente do tratamento (planta fresca ou seca). A temperatura do ar de secagem comparada com a planta fresca, não ocasionou volatilização total ou degradação de nenhum destes componentes presentes no óleo essencial de guaco.

Tabela 17- Componentes identificados no óleo essencial de guaco, com o respectivo tempo de retenção (GC-FID) e índice de retenção (GC-MS).

Número do sinal	Nome comum do componente	Tempo médio de retenção (min)	Índice de retenção (IK)
1	α -pineno	9,098	945
2	β -pineno	10,935	979
3	mirreno	11,770	992
4	limoneno	13,419	1026
5	<i>trans</i> -ocimeno	14,493	1049
6	linalol	16,991	1095
7	terpin-4-ol	20,657	1173
8	α -terpineol	21,328	1186
9	Δ -elemeno	28,362	1336
10	α -cubebeno	28,912	1348
11	α -copaeno	30,064	1373
12	β -bourboneno	30,444	1381
13	β -cubebeno	30,716	1387
14	β -elemeno	30,810	1389
15	β -cariofileno	31,980	1415
16	cumarina	32,378	1425
17	aromadendreno	32,795	1435
18	α -humuleno	33,425	1450
19	β -farneseno	33,735	1457
20	germacreno D	34,727	1480
21	biciclogermacreno	35,347	1494
22	germacreno A	35,641	1501
23	γ -cadineno	36,031	1513
24	Δ -cadineno	36,432	1521
25	elemol	37,456	1546
26	germacreno B	37,749	1553
27	nerolidol E	38,104	1562
28	espatulenol	38,563	1573
29	globulol	38,778	1578
30	veridiflorol	39,142	1587
31	vidrol	39,566	1597
32	α -acorenol	40,621	1624
33	TAU-cadinol	41,139	1638
34	α -muurolol	41,300	1643
35	α -cadinol	41,623	1650

A análise estatística dos principais componentes do óleo essencial de guaco é apresentada na Tabela 18, sendo as demais apresentadas no item referente ao anexo 1 (Tabela 21), visto a pequena importância destes constituintes no óleo essencial de guaco. O CV e S_y , designam, respectivamente, o coeficiente de variação e o erro ou desvio padrão da média. Os blocos serão representados como 1, 2 e 3, para os períodos de coleta referente a 21 e 22 de abril, 03 e 04 de maio e 20 e 21 de maio, respectivamente.

Conforme a Tabela 18, o componente majoritário no óleo essencial, extraído da planta fresca, foi o germacreno D (Figura 7), representando aproximadamente 32,5% do total. O biciclogermacreno, segundo componente em percentual, apresentou um alto conteúdo no óleo, aproximadamente 17,8%, sendo os dois principais constituintes presentes no óleo essencial de guaco.

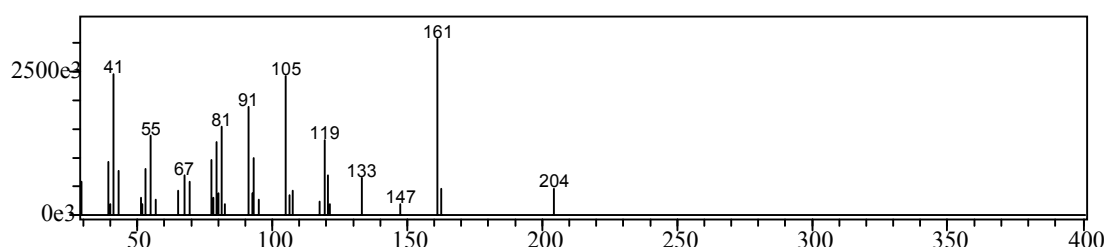


Figura 7- Espectro de massas do germacreno D.

Entretanto, apenas outros 13 componentes serão apresentados na Tabela 18, sendo que para os demais componentes, por estarem presentes em pequenas quantidades, apenas serão apresentados os respectivos resultados da análise estatística na Tabela 21 do apêndice.

A cumarina pela sua grande importância, apesar de ter sido identificada no óleo essencial, foi identificada e quantificada separadamente através de metodologia específica, sendo também os resultados e as discussões realizadas separadamente.

Observa-se através da Tabela 18, que o teor dos constituintes apresentaram alterações em comparação com o obtido com a planta fresca. Os resultados referentes a composição química estão de acordo com os encontrados por BLANCO et al. (2002 a e 2002b), os quais demonstraram que o emprego de temperaturas de secagem igual ou superior a 40 °C, para a *Mentha piperita* L. e *Rosmarinus officinalis* L., causaram alterações significativas na composição química de seus óleos essenciais.

Também, VENSKUTONIS (1997) obteve resultados semelhantes para a secagem de *Salvia officinalis* L. a temperatura de 60 °C e comparado com a planta fresca, ocorrendo aumento e redução de determinados constituintes. Observou considerável aumento no teor do principal componente (timol), porém afirmou que este

incremento é difícil de ser explicado no presente estudo, apenas acredita que a redução seja em função da volatilidade e da estrutura química do componente.

O α -pineno, β -pineno, mirceno e β -elemeno apresentaram os maiores teores na planta fresca, e apresentando redução em seus teores com o aumento da temperatura de secagem, indicando as possíveis perdas por volatilização durante o processo de secagem.

Já os dois principais componentes do óleo essencial, o gremacreno D e o biciclogremacreno, provavelmente por apresentarem temperatura de volatilização mais alta que a atingida pelas folhas de guaco durante o processo de secagem, não sofreram perdas por volatilização, proporcionando inclusive aumento nos seus teores com o incremento da temperatura do ar de secagem em comparação com a planta fresca, obtendo-se o maior teor para o tratamento de secagem com ar aquecido a 80 °C. Semelhantemente foram os resultados obtidos para o Δ -cadineno e o gremacreno B, que apresentaram os maiores teores com o emprego das maiores temperaturas, apesar de não diferirem estatisticamente da planta fresca.

O espatulenol, o globulol, o TAU-cadinol e o α -cadinol, não apresentaram variação significativa nos seus teores entre os tratamentos de secagem com ar aquecido e a planta fresca, entretanto a secagem com ar ambiente proporcionou aumento significativo nos seus teores.

O Δ -elemeno e o β -cariofileno apresentaram maiores teores nos tratamentos que empregaram ar aquecido, sem diferirem entre si, mas significativamente superior ao obtido com a planta fresca, enquanto o α -humuleno não apresentou diferença estatística no seu teor em função dos tratamentos de secagem e da planta fresca.

O aumento ou a redução dos compostos pode ser ocasionado por reações de oxidação, redução e rearranjos durante o processo de secagem devido a temperatura ou ao longo tempo de secagem. Trabalhos que objetivam elucidar as possíveis causas para esta variação merecem estudos por equipes multidisciplinares, visto a complexidade envolvida, pois tais conclusões estão fora da abrangência deste trabalho, comentando-se apenas possíveis hipóteses.

As variações observadas na composição do óleo essencial podem ser influenciadas pela metodologia de quantificação, pois a mesma expressa os valores em percentual proporcional de área. Então, quando um ou mais componentes apresentam uma variação elevada em determinada amostra, outros componentes certamente sofrerão variação. Desta forma um determinado constituinte, apesar de apresentar diferença significativa entre dois tratamentos, pode ter a mesma quantidade real nas duas amostras. Portanto, a quantificação deveria ser realizada através da injeção de padrões em diferentes concentrações, para a partir daí ser construída a curva de calibração para o cálculo da concentração de cada constituinte

na amostra. Mas, isto demanda muito tempo e um custo elevado, pois necessita da aquisição de muitos padrões e de centenas de injeções, o que justifica a quantificação proporcional.

A indicação da temperatura do ar de secagem no que diz respeito a composição química, dependerá da qualidade desejada, que pode variar conforme a utilização deste óleo, e também do teor de óleo essencial. Ou seja, um componente que se apresenta em baixa concentração na amostra fresca e é de grande importância para a indústria, e sabe-se que, a secagem com alta temperatura propicia o aumento do seu teor à níveis desejados, logo o melhor tratamento é a secagem a temperaturas altas. Por outro lado, se esta mesma temperatura propicia o aumento deste componente, porém promove grande redução no teor de óleo essencial o rendimento deste componente pode ser baixo.

Tabela 18- Resultados da análise estatística dos constituintes do óleo essencial de guaco, em função do período de coleta e dos tratamentos de secagem e comparado com a planta fresca (testemunha), expressos em percentual proporcional de área.

Bloco	Média
3	4,88 a
2	3,28 b
1	1,80 c
tratamento	média
Fresca	5,23 a
40 °C	4,31 ab
50 °C	3,59 bc
60 °C	3,00 cd
Ambiente	2,67 cd
80 °C	2,23 d
70 °C	2,19 d

CV= 17,64 e Sy= 0,3381

bloco	média
3	2,33 a
2	1,91 b
1	1,50 c
tratamento	média
fresca	3,54 a
40 °C	2,21 b
50 °C	1,90 c
60 °C	1,59 d
ambiente	1,53 de
70 °C	1,34 de
80 °C	1,29 e

CV= 7,50 e Sy= 0,0828

bloco	média
3	3,82 a
2	2,44 b
1	1,38 c
tratamento	média
fresca	3,80 a
50 °C	3,08 ab
40 °C	2,98 abc
60 °C	2,57 bc
80 °C	2,29 bc
70 °C	2,05 c
ambiente	1,07 d

CV= 19,88 e Sy= 0,2924

Bloco	média
1	1,79 a
2	1,66 b
3	1,46 c
tratamento	média
80 °C	1,92 a
60 °C	1,85 ab
50 °C	1,84 ab
70 °C	1,81 ab
40 °C	1,78 ab
Fresca	1,70 b
Ambiente	0,57 c

CV= 5,91 e Sy= 0,0559

bloco	Média
1	1,04 a
2	0,99 a
3	0,78 b
tratamento	média
fresca	1,39 a
40 °C	0,93 b
50 °C	0,89 b
70 °C	0,85 b
ambiente	0,85 b
60 °C	0,84 b
80 °C	0,81 b

CV= 10,17 e Sy= 0,0549

bloco	Média
1	11,06 a
2	10,13 b
3	8,24 c
tratamento	média
70 °C	10,74 a
80 °C	10,67 a
60 °C	10,11 ab
ambiente	9,50 ab
50 °C	9,47 ab
40 °C	9,44 ab
fresca	8,75 b

CV= 8,02 e Sy= 0,4543

Tabela 18.7- α -humuleno

Bloco	média
1	1,52 a
2	1,43 a
3	1,12 b
tratamento	média
Ambiente	1,52 a
70 °C	1,39 a
80 °C	1,37 a
60 °C	1,33 a
40 °C	1,31 a
Fresca	1,29 a
50 °C	1,28 a

CV= 9,93 e Sy= 0,0776

Tabela 18.8- germacreno D

bloco	média
2	38,63 a
1	36,63 b
3	32,71 c
tratamento	média
80 °C	42,69 a
60 °C	41,72 ab
70 °C	41,21 ab
50 °C	39,86 bc
40 °C	38,60 c
fresca	32,51 d
ambiente	15,34 e

CV= 3,84 e Sy= 0,7968

Tabela 18.9- biciclogermacreno

Bloco	média
1	19,48 a
2	17,63 b
3	14,77 c
tratamento	média
80 °C	19,38 a
70 °C	18,90 a
60 °C	18,68 a
40 °C	18,39 a
50 °C	18,21 a
fresca	17,85 a
ambiente	9,65 b

CV= 7,15 e Sy= 0,7136

Tabela 18.10- Δ -cadineno

Bloco	média
2	2,01 a
1	1,86 a
3	1,54 b
tratamento	média
80 °C	1,98 a
40 °C	1,92 a
70 °C	1,91 a
60 °C	1,86 a
50 °C	1,80 a
Fresca	1,77 a
Ambiente	1,39 b

CV= 9,30 e Sy= 0,0968

Tabela 18.11- germacreno B

bloco	média
1	2,06 a
2	1,91 b
3	1,64 c
tratamento	média
70 °C	1,98 a
80 °C	1,94 ab
60 °C	1,90 ab
40 °C	1,86 ab
fresca	1,85 ab
50 °C	1,81 ab
ambiente	1,75 b

CV= 5,49 e Sy= 0,0593

Tabela 18.12- espatulenol

bloco	média
1	4,09 a
2	3,52 a
3	3,11 a
tratamento	média
ambiente	16,95 a
fresca	1,81 b
70 °C	1,48 b
40 °C	1,36 b
50 °C	1,25 b
60 °C	1,17 b
80 °C	1,04 b

CV= 22,47 e Sy= 0,4647

Tabela 18.13- globulol

Bloco	média
1	2,22 a
2	2,00 a
3	1,78 a
tratamento	média
Ambiente	7,13 a
Fresca	1,51 b
70 °C	1,20 b
40 °C	1,13 b
50 °C	1,06 b
60 °C	1,03 b
80 °C	0,95 b

CV= 15,31 e Sy= 0,1769

Tabela 18.14- TAU-cadinol

bloco	média
1	1,25 a
2	1,07 b
3	0,84 c
tratamento	média
ambiente	1,37 a
70 °C	1,07 b
fresca	1,05 b
40 °C	1,02 b
80 °C	0,98 b
60 °C	0,98 b
50 °C	0,91 b

CV= 14,37 e Sy= 0,0875

Tabela 18.15- α -cadinol

bloco	média
1	2,01 a
2	1,95 a
3	1,54 b
tratamento	média
ambiente	2,68 a
fresca	1,91 b
70 °C	1,78 b
40 °C	1,73 b
60 °C	1,69 b
50 °C	1,59 b
80 °C	1,47 b

CV= 15,43 e Sy= 0,1634

- Médias aritméticas simples de 7 tratamentos de secagem para os blocos e de 3 repetições para os tratamentos, expressas em percentagem. Quando acompanhadas por distintas letras nas respectivas linhas, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

5.5- Teor de cumarina no guaco

É apresentado apenas um cromatograma para exemplificação (Figura 8), porque para os demais os tratamentos de secagem o perfil cromatográfico foi semelhante, variando apenas as concentrações.

Observa-se, conforme a Figura 8, que o tempo de retenção aproximado da cumarina foi de 6 minutos e, o sinal anterior não pode ser identificado devido à falta de padrão, pois o mesmo não foi objeto de estudo neste trabalho.

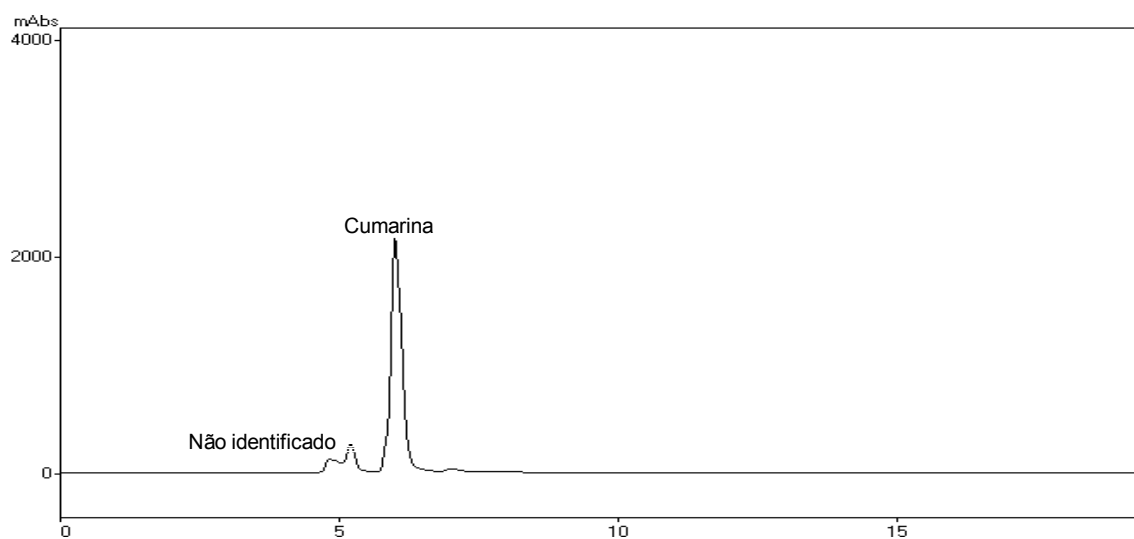


Figura 8- Perfil cromatográfico da cumarina obtida de extrato metanólico de guaco, realizada por CLAE.

Demonstra-se no Gráfico 4 os teores e a análise estatística da cumarina (massa/massa) obtidos entre os períodos de coleta (blocos), e no Gráfico 5 entre os tratamentos de secagem, comparados com a planta fresca (testemunha).

Conforme a análise estatística realizada, o coeficiente de variação e o erro padrão da média foram de 13,58% e 0,0296, respectivamente, apresentando valores satisfatórios.

Observa-se que a época de coleta influenciou, estatisticamente, na quantidade de cumarina extraída das folhas de guaco.

Há possibilidades de que em determinados períodos do ano ocorra maior acúmulo de princípios ativos, o que pode ser devido a fatores genéticos e fisiológicos da planta, variando o teor de princípios ativos em determinados períodos do ano.

A idade das folhas na planta pode ter influenciado nesta variação, pois segundo PEREIRA et al. (2000), foi observado o maior teor de cumarina em folhas novas, próximo ao ápice do ramo, o que pode ser devido ao tecido meristemático ser o local de síntese de cumarina em *Mikania glomerata* e então translocada a outras partes da planta. As coletas consecutivas podem ter incrementado o teor de cumarina durante os períodos de coleta, pois favoreceram o desenvolvimento de folhas novas, as quais foram coletadas.

Os fatores climáticos podem ter contribuído, como por exemplo, fotoperíodo, decréscimo da temperatura média, estresse hídrico, etc., estando de acordo com PEREIRA et al. (2000) que encontraram maior rendimento de cumarina em guaco no

mês de julho e o menor em abril, com incremento quase linear entre esse período. Os autores afirmam que o maior rendimento de cumarina no mês julho é porque neste período, para a região, não há ocorrências de chuvas e a temperatura é baixa, ocorrendo condições semelhantes para a região de Viçosa-MG.

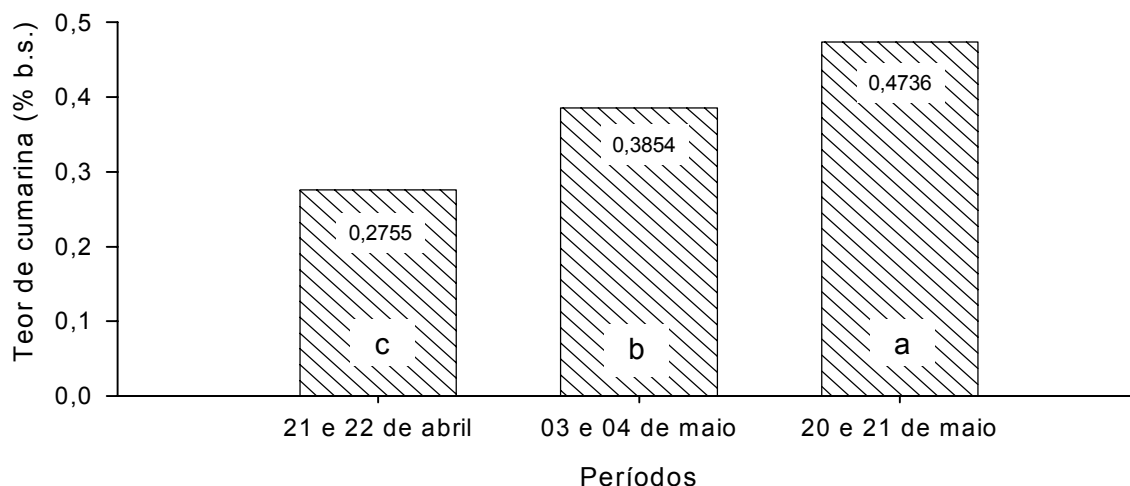


Gráfico 4- Teor de cumarina em guaco, obtido em função do período de coleta. Médias de 7 tratamentos, e quando seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

O Gráfico 5 mostra os resultados obtidos para o rendimento de cumarina, juntamente com a análise estatística, para os tratamentos de secagem.

Os resultados estão semelhantes aos obtidos por PEREIRA et al. (2000), pois obtiveram maior rendimento de cumarina nas plantas secas a 50 °C, inclusive superior ao encontrado no tratamento testemunha e o menor rendimento quando utilizaram a temperatura de 35 °C. Concluíram que o conteúdo de cumarina é afetado pela eficiência do método de secagem, estando de acordo com outros trabalhos, demonstrando que altos níveis de drogas estão associados à secagem rápida. A observação que a qualidade da droga presente na planta, freqüentemente, depende das condições de secagem é aceita pela ação enzimática incontrolável e crescimento de microrganismos que podem ocorrer em plantas depois de colhidas, causando alterações químicas no tecido (MING, 1994).

Portando, a secagem das folhas de guaco com o emprego das temperaturas de 50, 60 e 70 °C para o ar de secagem, pode ter minimizado a ação enzimática e microbiana, evitando a degradação da cumarina. Os maiores teores obtidos podem ser devido a ação da temperatura na estrutura da folha, possibilitando uma extração mais eficiente da cumarina pelo método empregado. Já para o tratamento de secagem com ar ambiente foi observada pequena redução no teor de cumarina, provavelmente devido ao longo tempo de secagem, beneficiando a ação enzimática e microbiana.

Entretanto, REHDER et al., (1998) obtiveram resultados para a secagem de guaco (*Mikania laevigata*), onde verificaram maior teor de cumarina na planta fresca, ou seja, 1,14% , comparado com rendimentos de 0,19 e 0,69% quando secas a temperatura de 30 °C por 4 dias e 45 °C durante um dia, respectivamente. Mas, estes valores podem ser atribuídos as temperaturas baixas para a secagem. O valor de 30 °C, dependendo a região e a época do ano, pode estar muito próxima a temperatura ambiente e o valor de 45 °C está próximo a temperatura de 40 °C empregada para a secagem do guaco colhido em Viçosa, sem considerar o tempo de secagem, que pode ter sido inclusive superior, dependendo do método de secagem utilizado.

A redução drástica no teor de cumarina verificada para o tratamento de secagem com ar aquecido a 80 °C pode ser devido a sua fusão, pois segundo LAKE (1997), a cumarina é um cristal sólido e branco, com temperatura de fusão na faixa de 68 a 70 °C, visto que para o tratamento de secagem a 80 °C a temperatura atingida na massa foi superior a 70 °C (variou entre 68 e 78 °C, conforme Gráficos do anexo 1).

Como comentado para os óleos essenciais, não há trabalhos científicos que descrevem o efeito da temperatura do ar de secagem no teor de cumarina, ou quando há apenas reportam os resultados. Pesquisas que objetivam elucidar as possíveis causas para esta variação merecem estudos por equipes multidisciplinares, visto a complexidade envolvida, pois tais conclusões estão fora da abrangência deste trabalho, comentando-se apenas possíveis hipóteses.

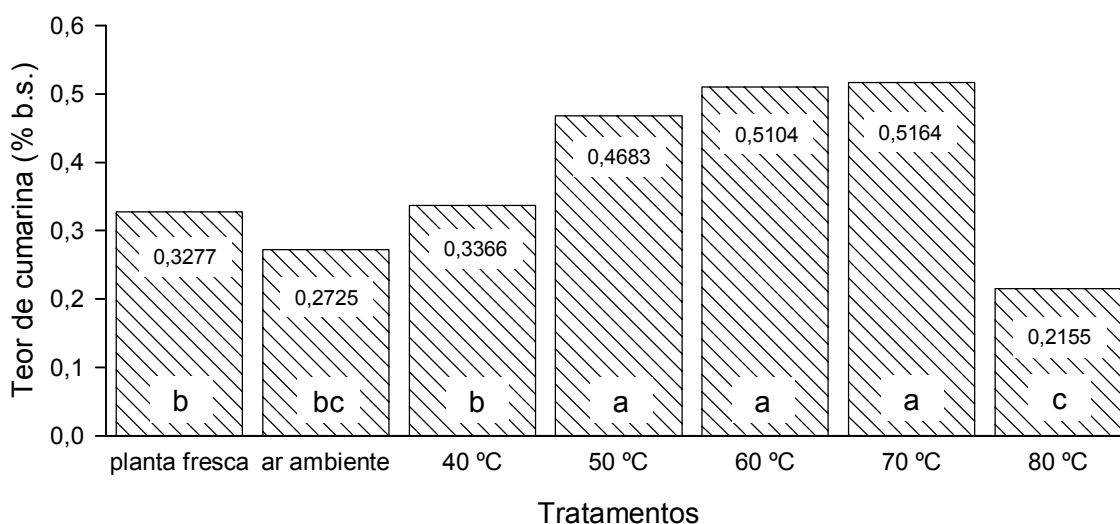


Gráfico 5- Teor de cumarina em guaco, obtido em função do tratamento de secagem e comparado com a planta fresca. Médias de 3 repetições, quando seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

5.6- Teor e composição do óleo essencial de hortelã-comum

5.6.1- Teor de óleo essencial

No Gráfico 6, observam-se os percentuais de óleo essencial (massa/massa) com as respectivas análises estatísticas, obtidos entre os tratamentos de secagem, comparados com a planta fresca (testemunha).

Conforme a análise estatística realizada, o coeficiente de variação e o erro padrão da média foram de 7,21% e 0,0286, respectivamente, apresentando valores satisfatórios.

Na quantificação do óleo essencial de hortelã-comum, MATOS et al. (1999) obtiveram 3 mL de óleo de 1 kg de planta fresca, representando 0,3% em b.u. O valor de 0,57% b.s. (massa/massa) encontrado na espécie cultivada na UFV é inferior. Se considerarmos o teor de óleo na planta fresca, e a menor densidade dos óleos essenciais, que segundo SIMÕES e SPITZER (2003) está entre 0,69 e 1,118, teremos rendimento de aproximadamente 0,17% b.u. (massa/volume), para a hortelã-comum cultivada na UFV. A época de coleta pode ter influenciado, pois, normalmente, as espécies medicinais possuem maior concentração de princípios ativos em determinados períodos do ano ou estágio de desenvolvimento vegetativo. Também, a maior concentração de óleo essencial pode ser atribuída a fatores genéticos e fisiológicos, fatores climáticos (temperatura, fotoperíodo) ao tipo de solo, a técnica de extração, etc.

Os tratamentos de secagem proporcionaram rendimento extrativo de óleo essencial superior ao obtido com a hortelã-comum fresca, exceto para a secagem com ar a ambiente, onde foi observada redução significativa.

Entretanto, verifica-se que até ser atingida a temperatura de 50 °C para o ar de secagem ocorreu aumento gradual no teor de óleo essencial, vindo logo após a decrescer da mesma forma.

Provavelmente este comportamento seja em função da temperatura de volatilização dos componentes desse óleo essencial, pois nas espécies de *Mentha* o óleo essencial se localiza em estruturas mais sensíveis, como pêlos glandulares, tricomas e glândulas epidérmias. O valor de 50 °C para a temperatura de secagem foi o limite máximo para esta espécie, podendo a redução do teor de óleo essencial ter sido causada pela volatilização. Entretanto, o aumento no teor de óleo essencial, verificado até o tratamento de 50 °C, pode ter sido ocasionado pela secagem mais rápida, minimizando a ação enzimática e de fungos, minimizando o processo de oxidação do óleo essencial.

Também, valores de temperatura de secagem superiores a 50 °C podem ter causado danos aos órgãos vegetais, como as estruturas secretoras e armazenadoras de óleo essencial, promovendo reduções no teor de óleo essencial do produto seco. As estruturas danificadas podem promover a volatilização do óleo essencial, e também intensificar o processo de oxidações.

O maior teor de óleo essencial obtido com emprego da temperatura de secagem a 50 °C está de acordo com o encontrado por BUGGLE et al. (1999) que, secaram capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.), e observaram o maior rendimento extrativo no tratamento de secagem a 50 °C. Os autores acreditam que o emprego de altas temperaturas promove o decréscimo de óleo essencial devido a volatilização, e temperaturas baixas não são adequadas, pois favorecem o aparecimento de fungos.

Também, é possível que o menor conteúdo de água nas folhas, após a secagem, permita que a corrente de vapor gerada no extrator possa arrastar mais eficientemente as substâncias voláteis armazenadas nas células, quando comparado com o material verde. Segundo GUENTHER (1972), devido ao alto teor de umidade nas plantas frescas, há forte tendência à aglutinação do óleo, impedindo que o vapor penetre de forma mais uniforme nos tecidos vegetais.

Entretanto o resultados não estão de acordo com os obtidos por BLANCO et al. (2002a), que avaliaram o efeito da temperatura de secagem no teor de óleo essencial de *Mentha piperita* L. Os autores concluíram que com o aumento da temperatura ocorre diminuição do teor de óleo essencial. Como se tratam de duas espécies pertencentes ao mesmo gênero, os efeitos da temperatura do ar de secagem deveria ser semelhante. Mas, esta diferença pode ser em função de terem sido utilizados sistemas de secagem diferentes, pois a secagem da *Mentha piperita* L. foi realizada em estufa com circulação de ar, e apesar de não mencionado o teor de água final das plantas após a secagem, normalmente nestes sistemas a plantas são secas até massa constante.

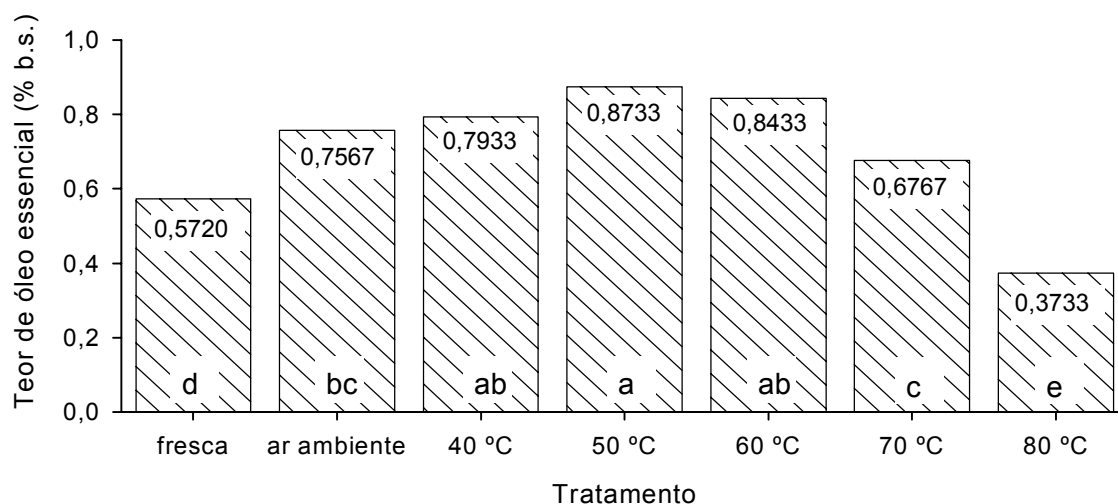


Gráfico 6- Teor de óleo essencial em hortelã-comum, obtido em função dos tratamentos de secagem e comparado com a planta fresca. Médias de 3 repetições, e quando seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

5.6.2- Composição do óleo essencial

É apresentado apenas um cromatograma para exemplificação (Figura 9), tendo em vista que para os demais tratamentos de secagem o perfil cromatográfico foi idêntico, variando apenas as concentrações. Na Tabela 6 demonstra-se o tempo médio de retenção obtido pelo GC-FID, o nome comum e o índice de retenção (IK) obtido pelo GC-MS, sendo os percentuais de cada componente demonstrados nas análises estatísticas.

Os constituintes identificados no óleo essencial da hortelã-comum coletado na UFV apresentam pequenas diferenças em relação aos constituintes encontrados por MATOS (1999), bem como no teor dos mesmos. Provavelmente que estas variações estejam de acordo com o descrito por SIMÕES e SPITZER (2003), que afirmam que a composição química de um óleo volátil, extraído do mesmo órgão de uma mesma espécie vegetal, pode variar significativamente, de acordo com a época de coleta, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e de solo.

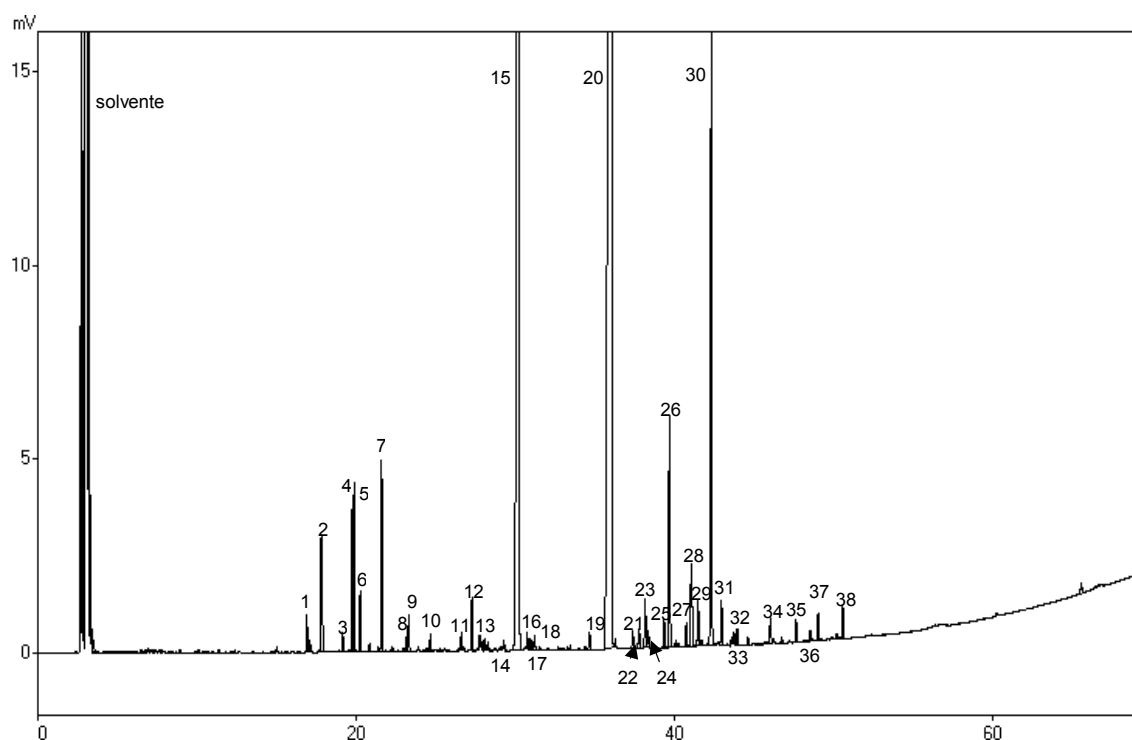


Figura 9- Cromatograma obtido através de cromatografia gasosa, demonstrando os sinais gerados para cada constituinte do óleo essencial de hortelã-comum.

Conforme a Tabela 19, observa-se que no óleo essencial de hortelã-comum foram quantificados 38 e identificados 34 componentes, independentemente do tratamento (planta fresca ou seca). Observa-se que a temperatura do ar de secagem não ocasionou volatilização total ou degradação de nenhum dos componentes do óleo essencial de hortelã-comum.

Tabela 19- Componentes identificados no óleo essencial de hortelã-comum, com o respectivo tempo de retenção (GC-FID) e índice de retenção (GC-MS).

Número do sinal	Nome comum do componente	Tempo médio de retenção (min)	Índice de retenção (IK)
1	mirreno	16,802	971
2	octan-3-ol	17,722	986
3	NI-1	19,053	1000
4	1,8-cineol	19,684	1013
5	limoneno	19,784	1017
6	<i>cis</i> -ocimeno	20,169	1029
7	<i>cis</i> -sabineno hidrato	21,507	1050
8	<i>trans</i> -sabineno hidrato	23,091	1076
9	linalol	23,222	1083
10	octan-3-ol acetato	24,583	1110
11	isoborneol	26,528	1141

12	terpinene-4-ol	27,198	1155
13	dihidrocarveol	27,990	1172
14	<i>trans</i> -carveol	29,193	1197
15	carvona	30,159	1213
16	herboxide	30,662	1221
17	isopiperitenona	30,886	1230
18	óxido de carvona	31,136	1239
19	dihidrocarvil acetato	34,576	1304
20	óxido de piperitenona	35,976	1334
21	<i>cis</i> -jasmona	37,303	1359
22	NI-2	37,683	1365
23	β -bourboneno	38,079	1372
24	β -elemeno	38,273	1379
25	α -gurjuneno	39,227	1395
26	β -cariofileno	39,625	1402
27	<i>cis</i> -muurolo-4(15),5-dieno	40,681	1429
28	α -humuleno	40,989	1435
29	β -E-farneseno	41,408	1446
30	germacreno D	42,259	1464
31	biciclogermacreno	42,876	1477
32	<i>cis</i> -calameneno	43,670	1495
33	Δ -cadineno	43,887	1502
34	germacreno D-4-ol	45,973	1549
35	sesquiterpeno 1	47,571	1587
36	TAU-cadinol	48,466	1610
37	TAU-murolol	48,967	1622
38	sesquiterpeno 2	50,504	1656

Conforme a Tabela 20, o componente majoritário no óleo essencial de hortelã-comum, extraído da planta fresca, foi o óxido de piperitenona (Figura 10), representando aproximadamente 60,3% do total. A carvona, segundo componente em maior percentual, apresentou um teor de aproximadamente 26,8%.

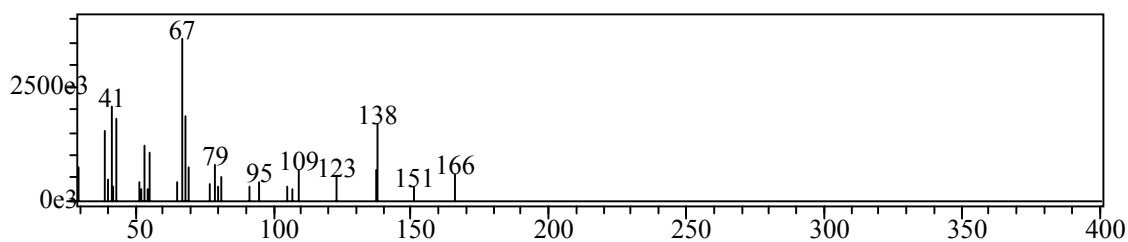


Figura 10- Espectro de massas do óxido de piperitenona.

Entretanto, outros 7 componentes serão apresentados na Tabela 20 para discussão dos seus resultados, sendo que para os demais componentes, por estarem presentes em pequenas quantidades, apenas serão apresentados os respectivos resultados da análise estatística nas Tabela do apêndice 22.

Verifica-se que os teores dos componentes presentes no óleo essencial apresentaram alterações significativas em função da temperatura do ar de secagem, demonstrando variações significativas em comparação à planta fresca.

Apenas dois componentes do óleo essencial apresentaram maior teor na planta fresca, o octan-3-ol e o terpineno-4-ol, pois por se tratar de 2 álcoois, a temperatura do ar de secagem pode ter provocado a volatilização desses componentes.

O componente majoritário (óxido de piperitenona) apresentou o maior rendimento, nas folhas secas com ar ambiente diferindo estatisticamente dos demais tratamentos e da planta fresca. Provavelmente que o longo tempo de secagem tenha possibilitado a ocorrência de oxidações.

Por outro lado, a carvona não apresentou diferença estatística entre a planta fresca e os tratamentos de secagem com ar aquecido, apenas a secagem com ar ambiente apresentou redução significativa.

O β -cariofileno, α -humuleno e o germacreno D, por não serem muito voláteis apresentaram maior teor para o tratamento de secagem a 80 °C e o menor rendimento na planta fresca. É possível que devido a volatilização dos compostos mais sensíveis a secagem a 80 °C tenha favorecido este rendimento, pois a quantificação é proporcional, logo a redução de um composto implica no aumento de outro.

O *cis*-sabineno hidrato apresentou maior rendimento quando submetido a secagem, sem diferirem entre si os diferentes tratamentos, enquanto o 1,8-cineol apresentou maior teor na secagem com ar ambiente.

O aumento ou a redução dos compostos pode ser ocasionado por reações de oxidação, redução e rearranjos durante o processo de secagem devido a temperatura ou ao longo tempo de secagem. Trabalhos que objetivam elucidar as possíveis causas para esta variação merecem estudos por equipes multidisciplinares, visto a

complexidade envolvida, pois tais conclusões estão fora da abrangência deste trabalho, comentando-se apenas possíveis hipóteses.

Vários autores reportam variações semelhantes nos constituintes presentes em diferentes óleos essenciais, como por exemplo, KOLLER e RAGHAVAN (1995), VENSKUTONIS (1997), BLANCO et al. (2002a), BLANCO et al. (2002b), entre outros.

Entretanto, ROCHA et al. (2000) afirmaram que para secagem de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) o perfil cromatográfico do óleo essencial foi semelhante para as diferentes temperaturas de secagem, ou seja, não causou variações significativas nos teores dos componentes deste óleo essencial.

Conclui-se que, a variação da concentração dos constituintes químicos no óleo essencial de plantas medicinais, em função da temperatura de secagem empregada, depende da espécie medicinal, da temperatura do ar de secagem, do teor de água final, dos constituintes químicos presentes em cada óleo essencial, da estrutura e do local de armazenamento do óleo na planta, etc. Isto sugere que para cada planta medicinal é necessário um estudo individualizado de secagem, não podendo ser estendido, de maneira empírica, para outras plantas, ainda que pertencente a mesma espécie.

A recomendação da melhor temperatura do ar de secagem, dentre as estudadas, para as espécies em pauta, não dependerá apenas do teor de óleo essencial e também do componente que tenha interesse comercial. Isto é, recomendar-se-á aquela temperatura que propiciou o aumento deste componente em relação a planta fresca. Porém se a comercialização do referido óleo se baseia apenas no rendimento, em detrimento da composição, recomendar-se-á a temperatura em que o rendimento se maximizou em relação a planta fresca.

Tabela 20- Resultados da análise estatística dos constituintes do óleo essencial de hortelã-comum, obtido em função dos tratamentos de secagem e comparado com a planta fresca (testemunha), expressos em percentual proporcional de área.

Tabela 20.1- octan-3-ol		Tabela 20.2- 1,8-cineol		Tabela 20.3- <i>cis</i> -sabineno hidrato	
tratamento	média	tratamento	média	tratamento	média
Fresca	1,3933 a	50 °C	1,2832 a	40 °C	1,8313 a
Ambiente	1,2165 ab	70 °C	1,1175 ab	80 °C	1,8230 a
40 °C	1,0628 ab	40 °C	0,9355 bc	ambiente	1,7585 ab
50 °C	0,9838 b	80 °C	0,8334 cd	50 °C	1,6879 ab
80 °C	0,9292 b	ambiente	0,6860 d	70 °C	1,6648 ab
70 °C	0,8691 b	fresca	0,6664 d	60 °C	1,5536 ab
60 °C	0,8421 b	60 °C	0,6465 d	fresca	1,3925 b
CV= 18,70 e Sy=0,1126		CV= 12,91 e Sy= 0,0780		CV= 10,67 e Sy= 0,1036	

Tabela 20.4- terpineno-4-ol

tratamento	média
Fresca	1,9614 a
Ambiente	1,0283 b
80 °C	0,9324 b
60 °C	0,5427 c
70 °C	0,5410 c
40 °C	0,5407 c
50 °C	0,5167 c

CV= 9,09 e Sy= 0,0442

Tabela 20.5- carvona

tratamento	média
40 °C	31,11 a
50 °C	30,00 a
60 °C	29,33 a
70 °C	27,10 a
fresca	26,77 a
80 °C	25,62 a
ambiente	10,76 b

CV= 11,64 e Sy= 1,7859

Tabela 20.6- óxido de piperitenona

tratamento	média
ambiente	73,01 a
70 °C	61,48 b
fresca	60,32 bc
50 °C	55,11 bc
80 °C	54,87 bc
60 °C	51,81 bc
40 °C	48,52 c

CV= 8,75 e Sy= 2,9155

Tabela 20.7- β-cariofileno

tratamento	média
80 °C	3,4598 a
60 °C	2,3417 b
40 °C	1,4540 c
Ambiente	1,0766 cd
70 °C	0,6841 de
50 °C	0,5490 de
Fresca	0,4990 e

CV= 16,87 e Sy= 0,1641

Tabela 20.8- α-humuleno

tratamento	Média
80 °C	1,5558 a
60 °C	1,0684 ab
50 °C	0,9141 b
70 °C	0,6245 bc
ambiente	0,6163 bc
40 °C	0,5904 bc
fresca	0,1115 c

CV= 34,42 e Sy= 0,1778

Tabela 20.9- germacreno D

tratamento	média
80 °C	10,354 a
60 °C	6,9269 b
50 °C	5,8995 b
ambiente	5,8639 b
70 °C	4,8855 b
40 °C	4,5494 b
fresca	1,5031 c

CV= 25,35 e Sy= 0,9737

- Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem. Quando acompanhadas por distintas letras nas respectivas linhas, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

6- CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- o tempo de secagem de hortelã-pimenta é inferior ao tempo de secagem de guaco, devido às características foliares diferenciadas;
- os maiores rendimentos extrativos dos óleos essenciais de guaco e hortelã-comum foram obtidos quando o processo de secagem foi realizado com temperatura do ar igual a 50 °C;
- o maior rendimento de cumarina no guaco foi obtido quando o processo de secagem foi realizado com temperatura do ar na faixa de 50 a 70 °C;
- no guaco e na hortelã-comum, a composição química dos seus respectivos óleos essenciais foi alterada em função dos tratamentos de secagem;
- a temperatura do ar recomendada para a secagem de guaco e hortelã-comum, visando obter o maior teor de óleo essencial e a maior concentração dos principais constituintes, é 50 °C.

7- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABIFITO. **O guaco, planta nativa da Mata Atlântica, tem mais propriedades terapêuticas do que se supunha.** Disponível em: <<http://www.abifito.com.br>>. Acesso em: 18 set. 2002.

ABIFITO. **Fitoterápicos:** setor movimenta US\$ 400 milhões no Brasil. Disponível em: <<http://www.abifito.com.br>>. Acesso em: 27 out. 2003.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas Chromatography mass spectroscopy.** Carol Stream, Illinois: Allured Publ. Corp., 1995. 469p.

ANDRADE, F. M. C. **Homeopatia no crescimento e na produção de cumarina em *Chambá justicia pectoralis* Jack.** 2000, 214f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

ASAE STANDARDS. **Standards Engineering Practices Data: Moisture measurement-forages,** ASAE S358.2 DEC99. Adopted and published by: American Society of Agricultural Engineers, 2000. p. 565-572.

BALLADIN, D. A.; HEADLEY, O. Evaluation of solar dried thyme (*Thymus vulgaris* L.) herbs. **Renewable Energy**, v. 17, p. 523-531, 1999.

BARITAUX, O. et al. Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, *Ocimum basilicum* L. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 7, p. 267-271, 1992.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, n. 569, p. 95-98, 2002a.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in rosemary essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, n. 569, p. 99-103, 2002b.

BORSATO, A. V. **Secagem da camomila sob diferentes temperaturas e vazões específicas do ar.** 2003. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- BUGGLE, V.; MING, L. C.; FURTADO, E. L.; ROCHA, S. F. R.; MARQUES, M. O. M. Influence of different drying temperatures on the amount of essential oils and citral content in *Cymbopogon citrates* (DC) Stapf. Poaceae. **Acta Horticulturae**, n. 500, p. 71-74, 1999.
- CELEGHINI, R. M. S.; VILEGAS, J. H. Y.; LANÇAS, F. M. Extraction and quantitative HPLC analysis of coumarin in hydroalcoholic extracts of *Mikania glomerata* Spreng. ("guaco") leaves. **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 12, n. 6, p. 706-709, 2001.
- CHIOU, W. F.; HUANG, Y. L.; CHEN, C. F.; CHEN, C. C. Vasorelaxing effect of coumarins from *Cnidium monnieri* on rabbit corpus cavernosum. **Planta Médica**, v. 67, p. 282-284, 2001.
- COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed. Campinas: Editora UNICAMP, 1997. 279p.
- COSTA, C. C.; CASALI, V. W. D.; ANDRADE, N. J. Avaliação da droga *Vernonia polyanthes* L. –"assa-peixe" obtida a partir de dois métodos de secagem e em duas épocas de coleta. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n. 2, p. 7-11, 1999.
- DAVIES, N. W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. **Journal of Chromatography**, v. 503, p. 1-24, 1990.
- DEANS, S. G; SVOBODA, K. P. Effects of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plants. **Acta Horticulturae**, n. 306, p. 450-452, 1992.
- FARIAS, M. R. Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 263-288.
- FRANÇA, S. C. Abordagens biotecnológicas para obtenção de substâncias ativas. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 123-146.
- GUENTHER, E. **The essential oils**. Huntington, N.Y.: R.E. Krieger, 1972. 6v.
- GUERRA, M. P; NODARI, R. O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C. M. O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 13-28.
- HANSEN, R. C.; KEENER, H. M.; ELSOHLY, H. N. Thin layer drying of cultivated taxus clippings. **Transactions of the ASAE**, v. 36, n. 5, p. 1387-1391, 1993.
- HEVIA, F.; MELIN, P.; BERTI, M.; FISCHER, F.; PINOCHET, C.; BERNATH, J.; ZAMBORINE-NEMETH, E.; CRAKER, L.; KOCK, O. Effect of drying and air speed on cichoric acid and alkylamide content of *Echinacea purpurea*. **Acta Horticulturae**, n. 576, p. 321-323, 2002.
- HOULT, J. R. S.; PAYÁ, M. Pharmacological and biochemical actions of simple coumarins. Natural products with therapeutic potential. **Gen. Pharmacology**, v. 27, p. 713-722, 1996.
- HUOPALAHTI, R.; KESALAHTI, E.; LINKO, R. R. Effect of hot air and freeze drying on the volatile compounds of dill (*Anethum graveolens* L.) herb. **Journal Agricultural Science**, v. 57, p. 133, 1985.

JESUZ, J.C.; RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; SOUZA, J. A. R.; ROCHA, R. P.; BERBERT, P. A. Sistema de Controle Automático da Temperatura do ar de Secagem em Secador de Plantas Medicinais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 43-46, 2001.

KOLLER, W. D; RAGHAVAN, W. Problems with flavour of herbs and spices. **Frontiers of Flavor**, Amsterdam, p. 123-132, 1995.

KUSTER, R. M.; ROCHA, L. M. Cumarinas, cromonas e xantonas. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 537-556.

LAHLOU, S.; LEÃO, C. R. F. L.; CARDOSO, L. J. H.; TOSCANO, C. F. Cardiovascular effects of the essential oil of *Mentha x villosa* and its main constituent, piperitenone oxide, in normotensive anaesthetised rats: role of the autonomic nervous system. **Planta Médica**, v. 67, n. 7, p. 638-643, 2001.

LAKE, B. G. Coumarin metabolism, toxicity and carcinogenicity: Relevance for human risk assessment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, p. 423-453, 1999.

LAUGHLIN, J. C. Post-harvest drying treatment effects on antimalarial constituents of *Artemisia annua* L. **Acta Horticulturae**, n. 576, p. 315-320, 2002.

LEWINSOHN, E.; DUDAI, N.; TADMOR, Y.; KATZIR, I.; RAVID, U.; PUTIEVKY, E.; JOEL, D. M. Histochemical localization of citral accumulation in lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf., Poaceae). **Annals of Botany**, v. 81, p. 35-39, 1998.

LI, T. S. C.; WARDLE, D. A. Effects of root drying temperature and moisture content on the levels of active ingredients in Echinacea roots. **Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants**, v. 8, n. 1, p. 15-22, 2001.

LOW, T.; RODD, T.; BERESFORD, R. **Segredos e virtudes das plantas medicinais**. 1. ed. Editora Reader's Digest, 1999. 416p.

MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S.; CASALI, V. W. D. Secagem de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e hortelã-comum (*Mentha x villosa*) em câmara com desumidificador. In: Seminário Mineiro de Plantas Medicinais, 1, Viçosa, 1999. **Anais...** Viçosa-MG, 1999. p. 174.

MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf)**. 2000. 77f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 220p.

MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W.; SILVA, M. G. V. Medicinal plants of northeast Brazil containing tymol an carvacrol – *Lippia sidoides* Cham. and *L. gracillis* H.B.K. (Verbenaceae). **Journal Essential Oil Research**, v. 11, p. 666-668, nov./dez. 1999.

MING, L. C. Estudo e pesquisa de plantas medicinais na agronomia. **Horticultura Brasileira**, v. 12, p. 3-9, 1994.

MING, L.C., FIGUEIREDO, R.O., MACHADO, S.R., ANDRADE, R.M.C. Yield of essential oil of and citral content in different parts of lemongrass leaves

(*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.) Poaceae. **Acta Horticulturae**, n. 426, p. 555–559, 1996.

MÜLLER, J.; REISINGER, G.; KISGEÇI, J.; KOTTA, E.; TESIC, M.; MÜHLBAUER, W. **Development of a greenhouse-type solar dryer for medicinal plants and herbs**. Published by Hohenheim University, Germany, ND, 8p.

MÜLLER, J.; MÜHLBAUER, W. Effects of drying on the essential oil of *Chamomile recutita*. In: International Joint Symposium of Biology and Chemistry of Active Natural Substances, Bonn, 1990. **Anais...** Bonn, 1990. p. 155.

OLIVEIRA, F.; RODRIGUES, R. F. O.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A. O óleo essencial de *Mikania glomerata* Sprengel - o guaco oficial brasileiro. **LECTA**, v. 17, n. 1, p. 21-26, 1999.

PEREIRA, A. M. S.; CÂMARA, F. L. A.; CELEGHINI, R. M. S.; VILEGAS, J. H. Y.; LANÇAS, F. M.; FRANÇA, S. C. Seasonal variation in coumarin content of *Mikania glomerata*. **Journal of Herbs, Spices e Medicinal Plants**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2000.

RAINA, B.; AGARWAL, S. G.; BHATIA, A. K.; GAUR, G. S. Changes in pigments and volatiles of saffron (*Crocus sativus* L.) during processing and storage. **Journal Science Food Engineering**, v. 71, p. 27-32, 1996.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; MARTINS, P. M.; SANTOS, R. H. S.; MACHADO, M. C. Secagem de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 5, n. 1, p. 79-82, 2002a.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A.; BARBOSA, L. C. A.; ROCHA, R. P.; GRANDI, A. M. Efeitos da temperatura do ar secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 27, n. 2, p. 9-13, 2002b.

RAO, V. G.; MANDE, S.; KISHORE, V. V. N. Study of drying characteristics of large-cardamon. **Biomass e Bioenergy**, v. 20, p. 37-43, 2001.

REHDER, V.L.G.; SARTORATO, A.; MAGALHÃES, P. M.; FIGUEIRA, G. M.; JÚNIOR, M.; LOURENÇO, C. M. Variação fonológica do teor de cumarina em *Mikania laevigata* Schultz Bip., ex Baker. In: Workshop de Plantas Mediciniais de Botucatu, 1998, Botucatu. **Anais...** São Paulo: UNESP, 1998. p.28.

REIS, M. S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 43-74.

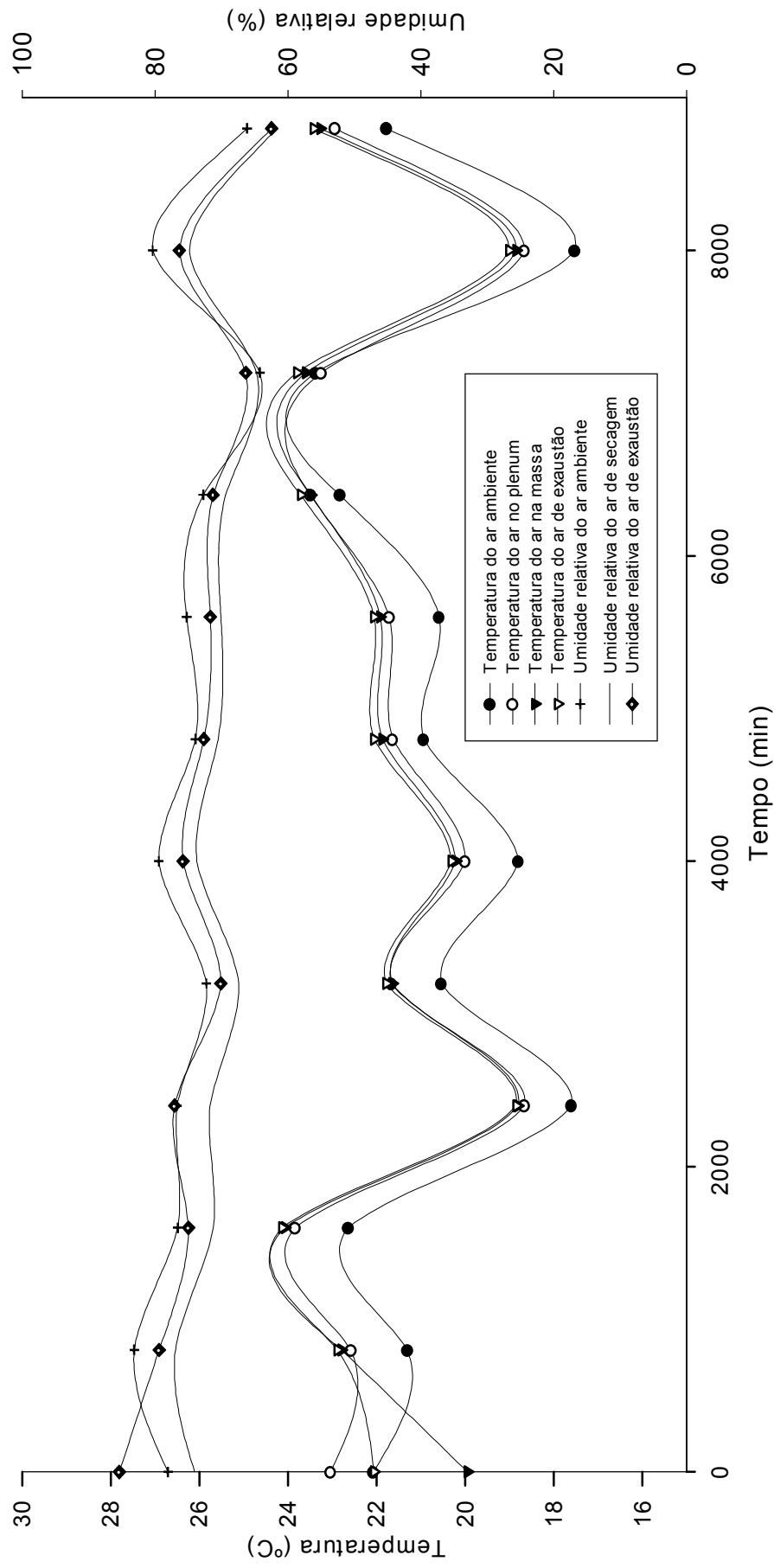
REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA. Fitoterápicos: uma tendência natural. São Paulo, v. 59, n. 9, p. 637-644, 2002. especial.

REYNOLDS, L. B. Effects of drying on chemical and physical characteristics of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.). **Journal of herbs, Spices and Medicinal Plants**, v. 6, n. 2, p. 9-21, 1998.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 3, n. 1, p. 73-78, 2000.

- SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 403-434.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Arte e Livros, 2000. 135p.
- SIMAL, S.; FEMENÍA, A.; LIULL, P.; ROSSELLÓ, C. Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. **Journal Food Engineering**, v. 4, p. 109-114, 2000.
- SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 467-495.
- SKRUBIS, B. G. The drying of laurel leaves. **Perfumer & Flavorist.**, v. 7, n. 5, p.37–40, 1982.
- VENSKUTONIS, P. R.; POLL, L.; LARSEN, M. Influence of drying and irradiation of volatile compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 11, p. 123-128, 1996.
- VENSKUTONIS, P. R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, v. 59, n. 2, p. 219-227, 1997.
- VLIENTINCK, A. J.; DE BRUYNE, T.; APERS, S.; PIETERS, L. A. Plant-derived leading compounds for chemotherapy of human immunodeficiency virus infection (HIV). **Planta Médica**, v. 64, p. 97-109, 1998.
- WILHELM, L. R. Numerical calculation of psychrometric properties in SI units. **Transactions of ASAE**, v. 19, n. 2, p. 318-321, 1976.
- WILKE, J. Compêndio de Santa Catarina é o mais completo do Mundo. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 27 jul. 2003. Caderno Brasil-mercado p. b13.
- YOUSIF, A. N.; DURANCE, T. D.; SCAMAN, C. H.; GIRARD, B. Headspace volatiles and physical characteristics of vacuum-microwave, air, and freeze-dried oregano (*Lippia berlandieri* Schauer). **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 926-929, 2000.

APÉNDICE 1 - GUACO



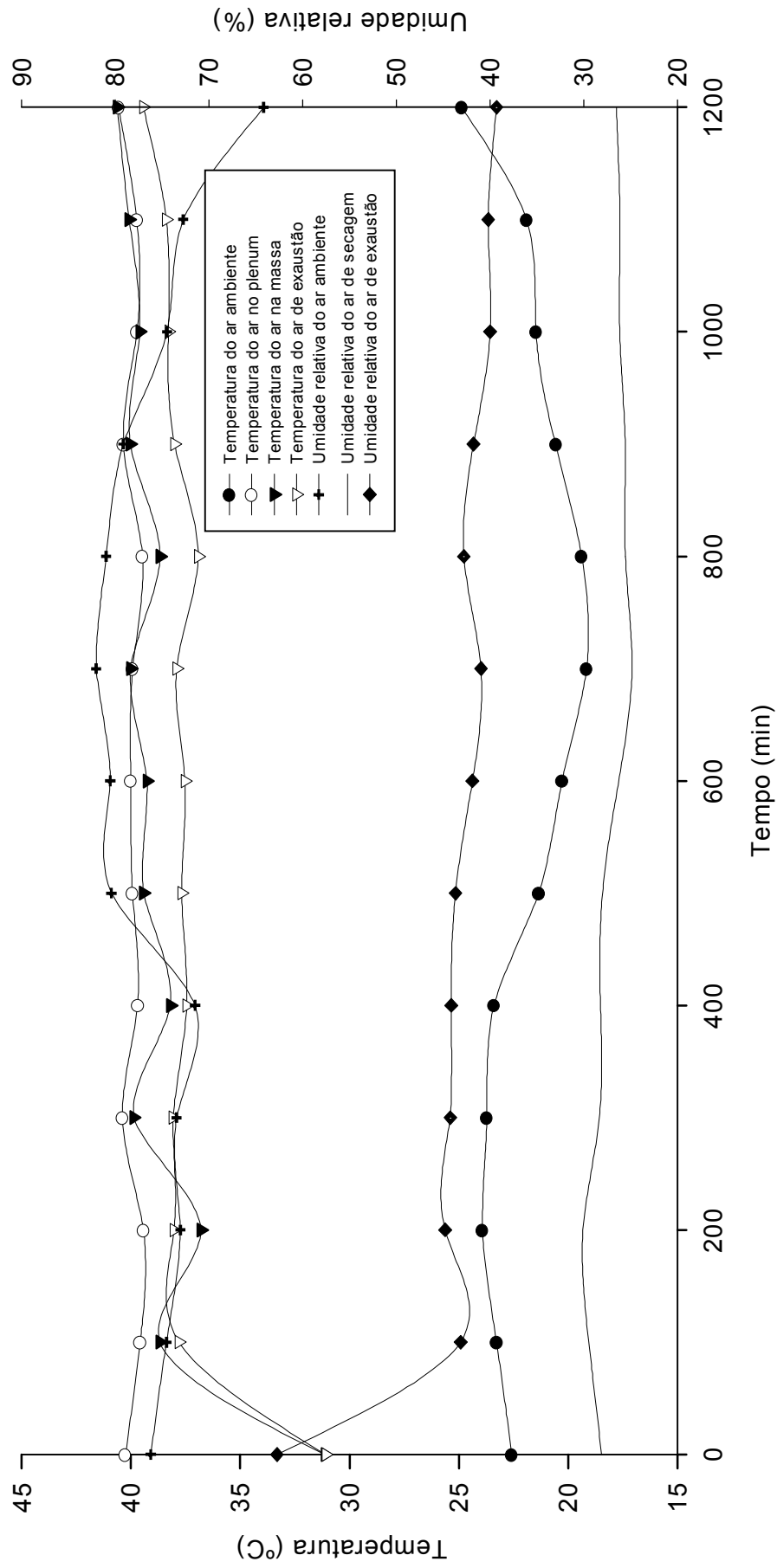


Gráfico 8- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de guaco com ar aquecido a 40 °C.

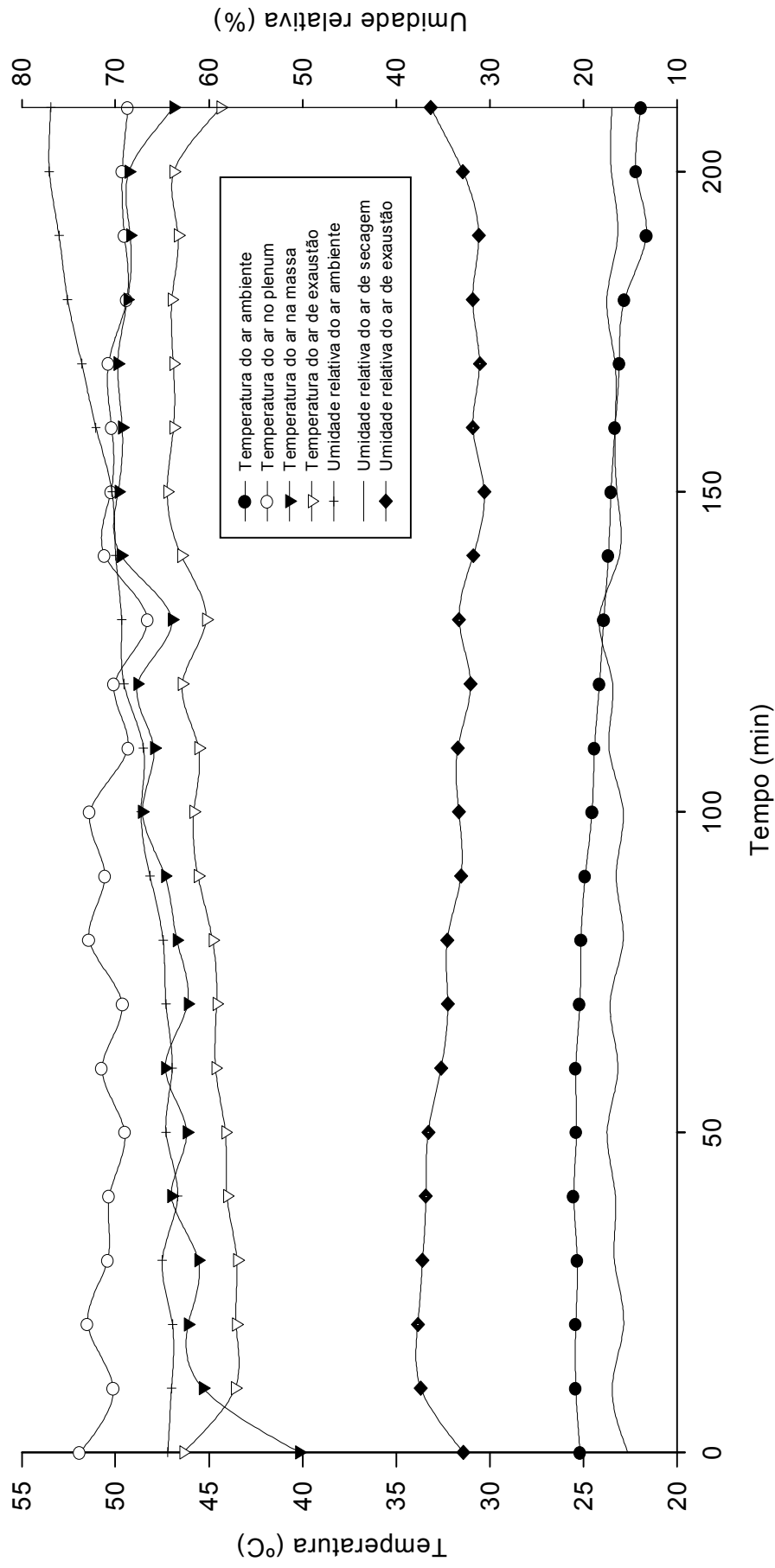


Gráfico 9- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de guaco com ar aquecido a 50 °C.

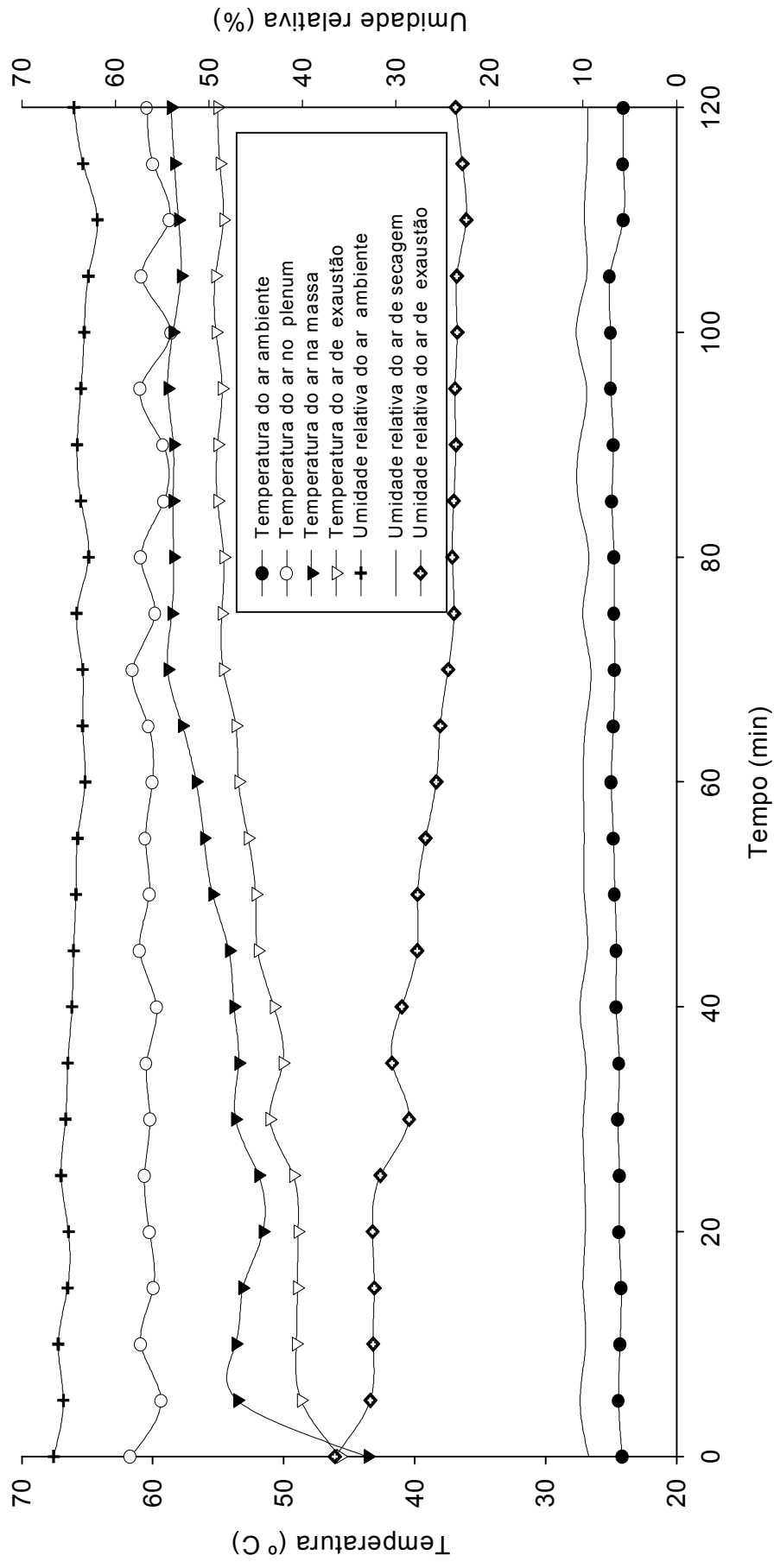


Gráfico 10- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de guaco com ar aquecido a 60 °C.

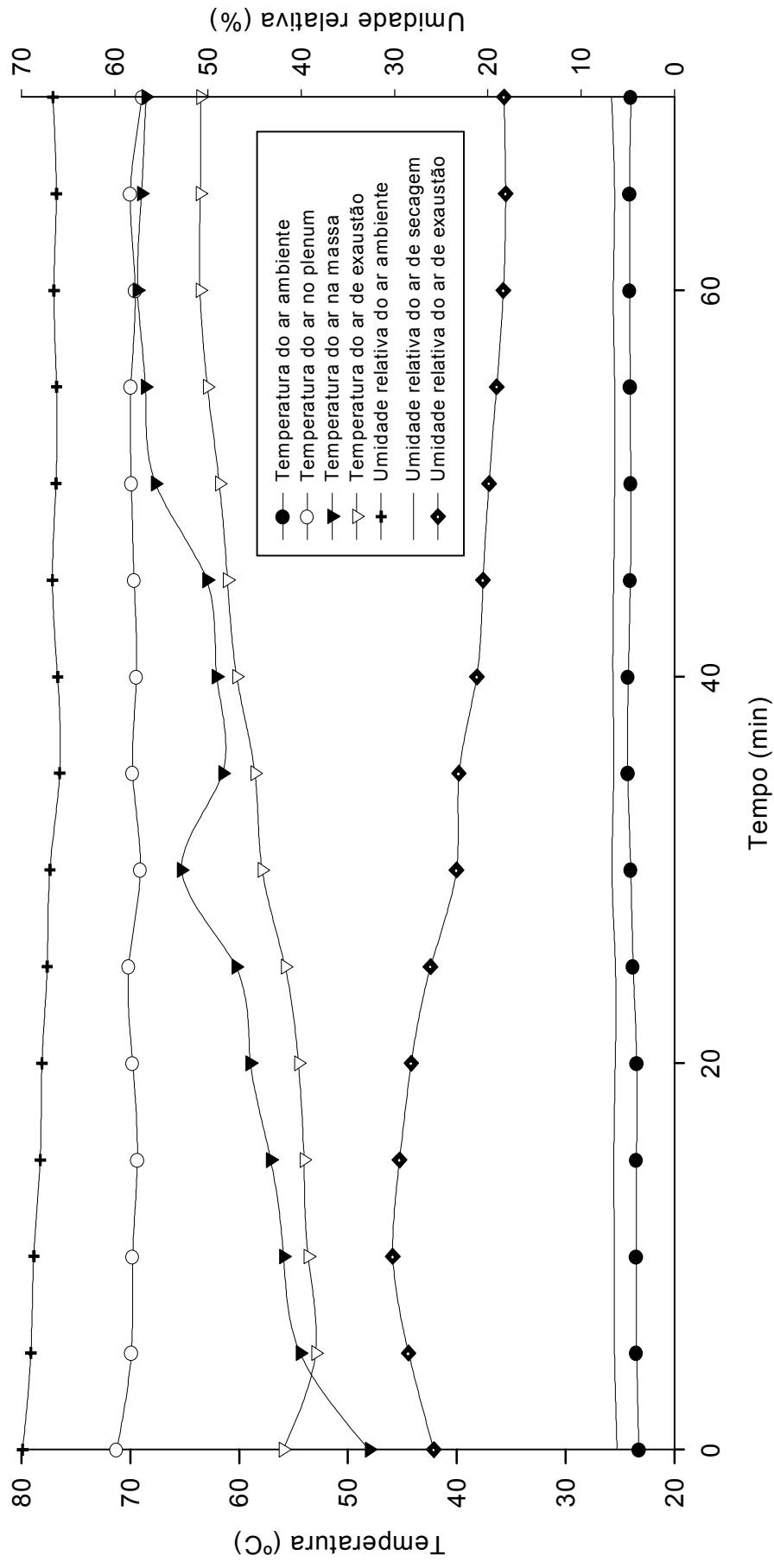


Gráfico 11- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de guaco com ar aquecido a 70 °C.

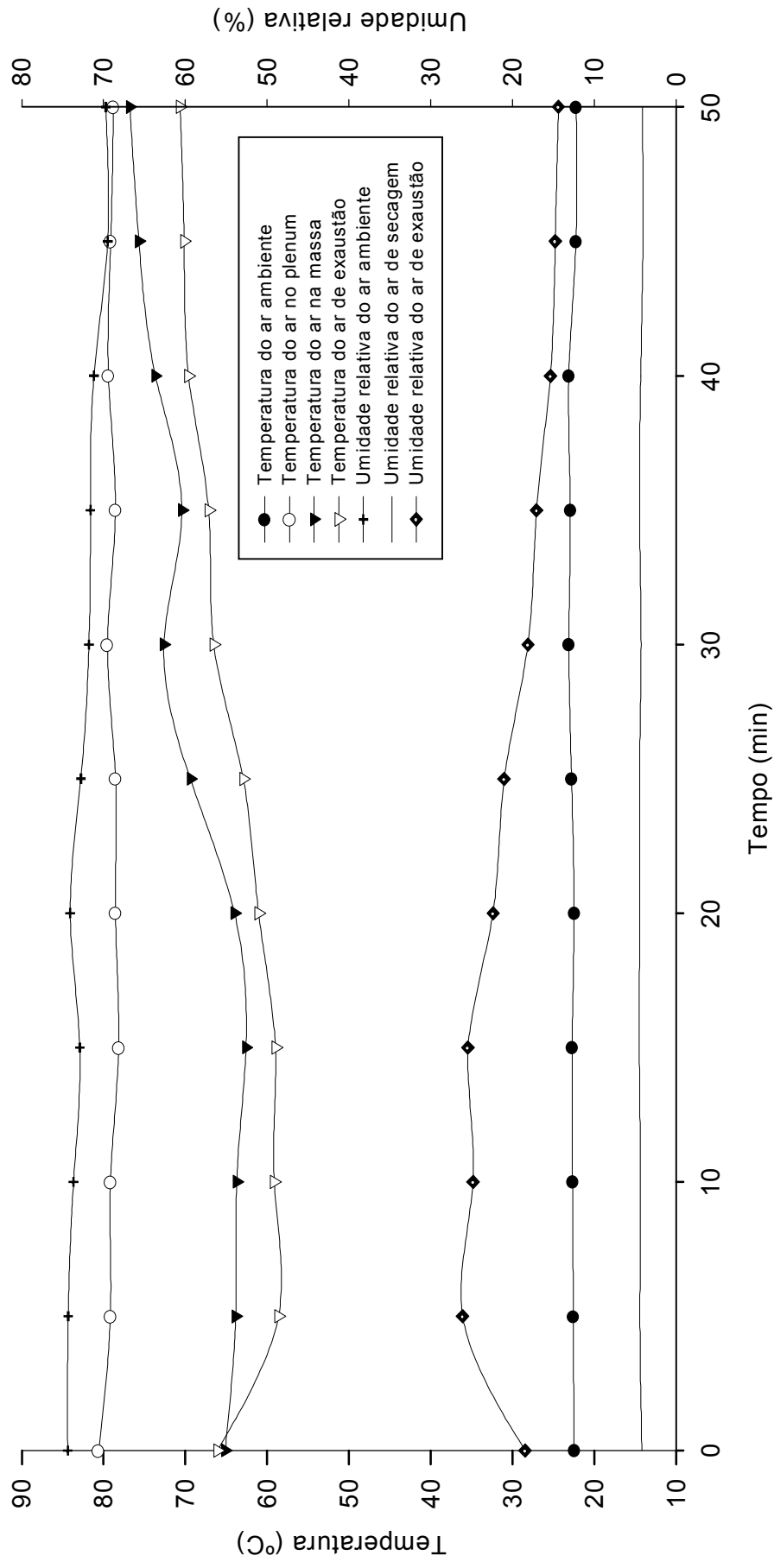


Gráfico 12- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de guaco com ar aquecido a 80 °C.

Tabela 21- Resultados da análise estatística dos constituintes do óleo essencial de guaco, em função do período de coleta e dos tratamentos de secagem e comparado com a planta fresca (testemunha), expressos em percentual proporcional de área.

Bloco	média
3	0,28 a
2	0,20 b
1	0,11 c
tratamento	média
fresca	0,40 a
40 °C	0,22 b
50 °C	0,19 bc
60 °C	0,15 bc
70 °C	0,15 bc
ambiente	0,15 bc
80 °C	0,12 c

CV= 21,10 e Sy= 0,0240

bloco	média
3	0,12 a
1	0,11 a
2	0,09 b
tratamento	média
ambiente	0,19 a
fresca	0,12 b
40 °C	0,10 c
60 °C	0,09 c
70 °C	0,08 c
80 °C	0,08 c
50 °C	0,08 c

CV= 13,37 e Sy= 0,0081

bloco	média
3	0,09 a
2	0,04 b
1	0,03 b
tratamento	média
fresca	0,15 a
ambiente	0,12 a
40 °C	0,03 b
60 °C	0,03 b
50 °C	0,03 b
70 °C	0,02 b
80 °C	0,00 b

CV= 44,39 e Sy= 0,0137

bloco	média
3	0,06 a
2	0,03 b
1	0,01 b
tratamento	média
fresca	0,10 a
ambiente	0,07 a
40 °C	0,02 b
60 °C	0,02 b
50 °C	0,02 b
70 °C	0,00 b
80 °C	0,00 b

CV= 62,00 e Sy= 0,0117

bloco	média
1	0,15 a
2	0,14 a
3	0,11 b
tratamento	média
ambiente	0,15 a
80 °C	0,14 a
70 °C	0,14 a
60 °C	0,13 ab
40 °C	0,13 ab
50 °C	0,13 ab
fresca	0,11 b

CV= 10,39 e Sy= 0,0080

bloco	média
3	0,48 a
1	0,43 b
2	0,37 c
tratamento	média
ambiente	0,50 a
70 °C	0,48 a
80 °C	0,48 a
60 °C	0,42 b
50 °C	0,40 b
40 °C	0,38 b
fresca	0,33 c

CV= 5,34 e Sy= 0,0131

bloco	média
1	0,39 a
2	0,37 a
3	0,26 b
tratamento	média
ambiente	0,46 a
70 °C	0,35 b
80 °C	0,34 b
60 °C	0,32 b
50 °C	0,31 b
fresca	0,30 b
40 °C	0,29 b

CV= 11,81 e Sy= 0,0231

bloco	média
1	0,88 a
2	0,72 b
3	0,52 c
tratamento	média
80 °C	0,93 a
70 °C	0,91 a
60 °C	0,83 ab
50 °C	0,74 bc
ambiente	0,71 cd
40 °C	0,59 d
fresca	0,24 e

CV= 9,52 e Sy= 0,0389

bloco	média
1	0,19 a
2	0,18 a
3	0,14 b
tratamento	média
70 °C	0,19 a
60 °C	0,19 a
40 °C	0,18 ab
50 °C	0,18 ab
ambiente	0,16 bc
fresca	0,14 c
80 °C	0,12 d

CV= 7,51 e Sy= 0,0072

Tabela 21.10- germacreno A

bloco	média
2	0,48 a
1	0,42 a
3	0,30 b
tratamento	média
70 °C	0,47 a
80 °C	0,45 a
60 °C	0,43 a
50 °C	0,42 a
40 °C	0,41 a
fresca	0,36 ab
ambiente	0,27 b

CV= 15,13 e Sy= 0,3514

Tabela 21.11- γ -cadineno

bloco	média
1	0,39 a
2	0,34 b
3	0,31 b
tratamento	média
70 °C	0,39 a
60 °C	0,36 a
ambiente	0,36 a
80 °C	0,36 a
40 °C	0,34 a
50 °C	0,33 a
fresca	0,27 b

CV= 8,11 e Sy= 0,0161

Tabela 21.12- elemol

bloco	média
2	0,206 a
1	0,185 a
3	0,156 b
tratamento	média
ambiente	0,57 a
fresca	0,20 b
60 °C	0,12 c
50 °C	0,11 c
70 °C	0,11 c
40 °C	0,10 c
80 °C	0,08 c

CV= 12,26 e Sy= 0,0129

Tabela 21.13- nerolidol E

bloco	média
2	0,54 a
1	0,49 b
3	0,40 c
tratamento	média
ambiente	0,72 a
fresca	0,60 b
40 °C	0,43 c
70 °C	0,42 c
60 °C	0,39 c
80 °C	0,38 c
50 °C	0,38 c

CV= 7,87 e Sy= 0,0215

Tabela 21.14- aromadendreno

bloco	média
1	0,14 a
2	0,13 ab
3	0,12 b
tratamento	média
fresca	0,142 a
40 °C	0,138 a
ambiente	0,136 ab
80 °C	0,120 bc
70 °C	0,118 c
50 °C	0,117 c
60 °C	0,113 c

CV= 7,47 e Sy= 0,0054

Tabela 21.15- α -murolol

bloco	média
1	0,23 a
3	0,20 ab
2	0,18 b
tratamento	média
ambiente	0,57 a
fresca	0,18 b
40 °C	0,16 bc
70 °C	0,15 bc
60 °C	0,14 bc
50 °C	0,12 c
80 °C	0,12 c

CV= 12,73 e Sy= 0,0150

Tabela 21.16- veridiflorol

bloco	média
2	0,80 a
1	0,73 b
3	0,62 c
tratamento	média
fresca	0,89 a
ambiente	0,79 b
40 °C	0,73 bc
70 °C	0,72 bc
60 °C	0,66 cd
80 °C	0,65 cd
50 °C	0,61 d

CV= 7,58 e Sy= 0,0315

Tabela 21.17- vidrol

bloco	média
2	0,22 a
3	0,19 b
1	0,17 c
tratamento	média
fresca	0,24 a
40 °C	0,20 b
70 °C	0,19 b
ambiente	0,18 b
60 °C	0,18 b
80 °C	0,18 b
50 °C	0,18 b

CV= 6,79 e Sy= 0,0076

Tabela 21.18- α -acorenol

bloco	média
1	1,11 a
2	0,88 ab
3	0,72 b
tratamento	média
ambiente	3,20 a
fresca	0,66 b
40 °C	0,58 b
70 °C	0,57 b
60 °C	0,47 b
50 °C	0,45 b
80 °C	0,39 b

CV= 24,41 e Sy= 0,1270

- Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem. Quando acompanhadas por distintas letras nas respectivas linhas, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.

APÊNDICE 2 – HORTELÃ-COMUM

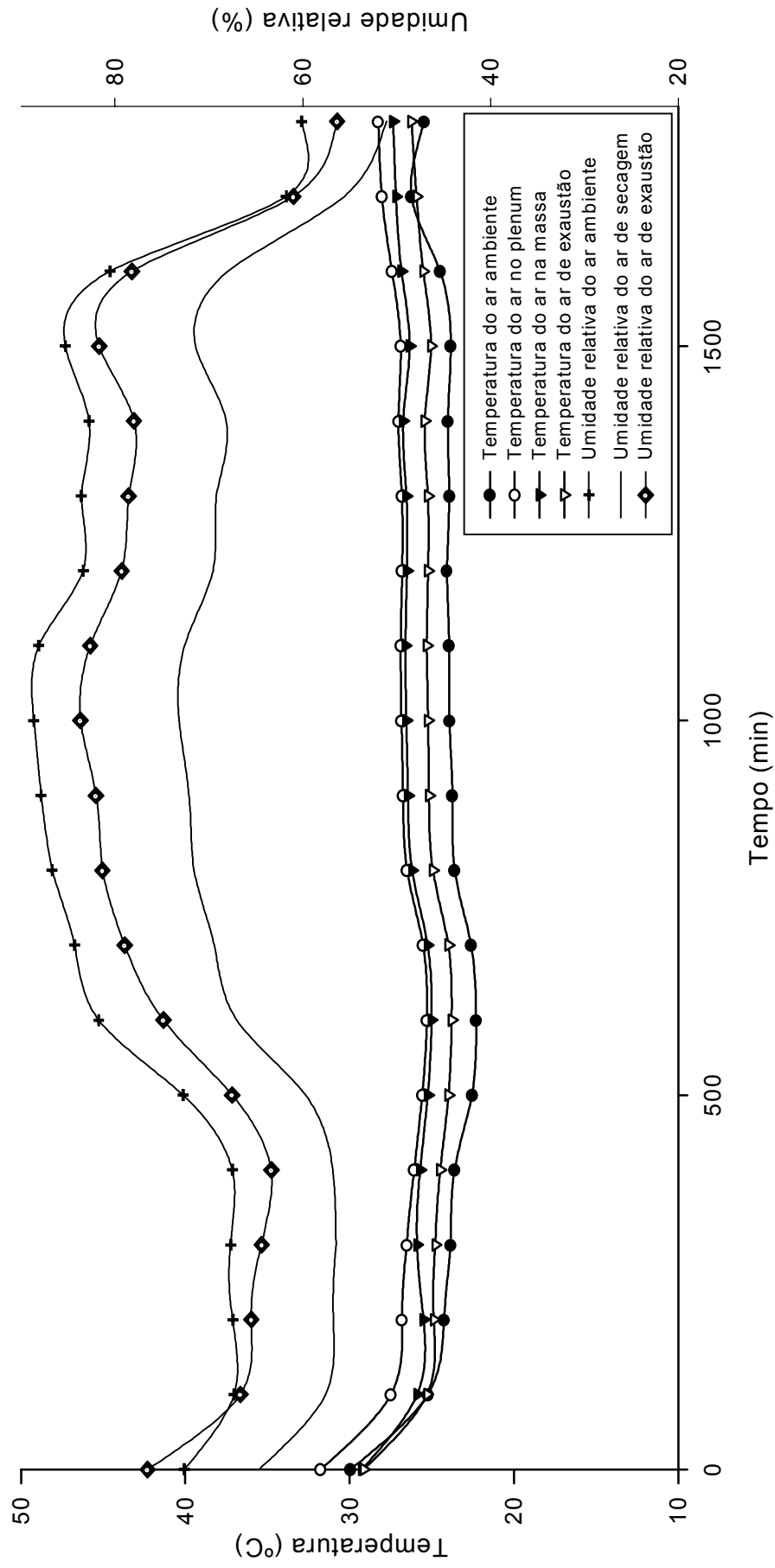


Gráfico 13- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar ambiente.

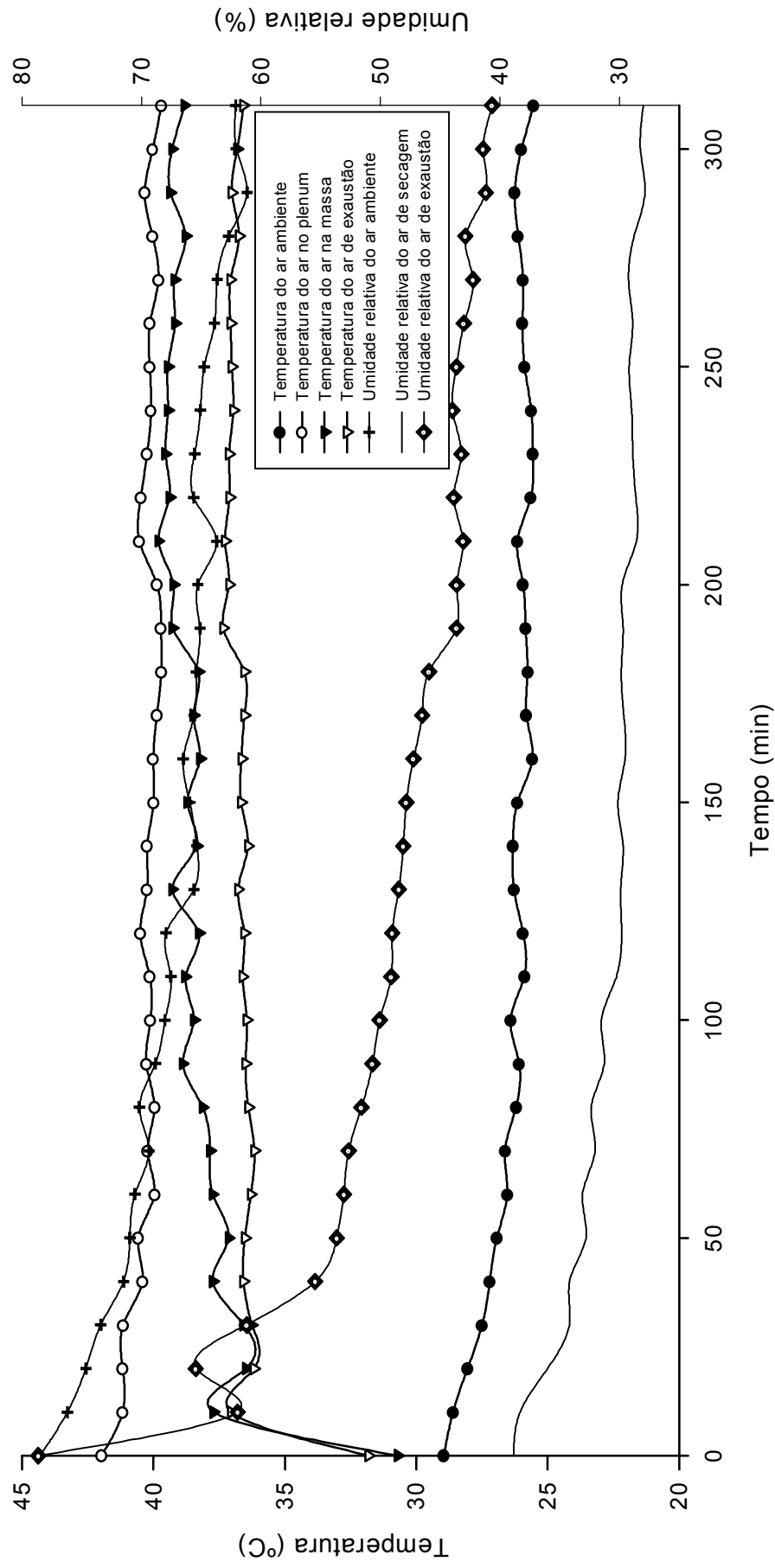


Gráfico 14- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar aquecido a 40 °C.

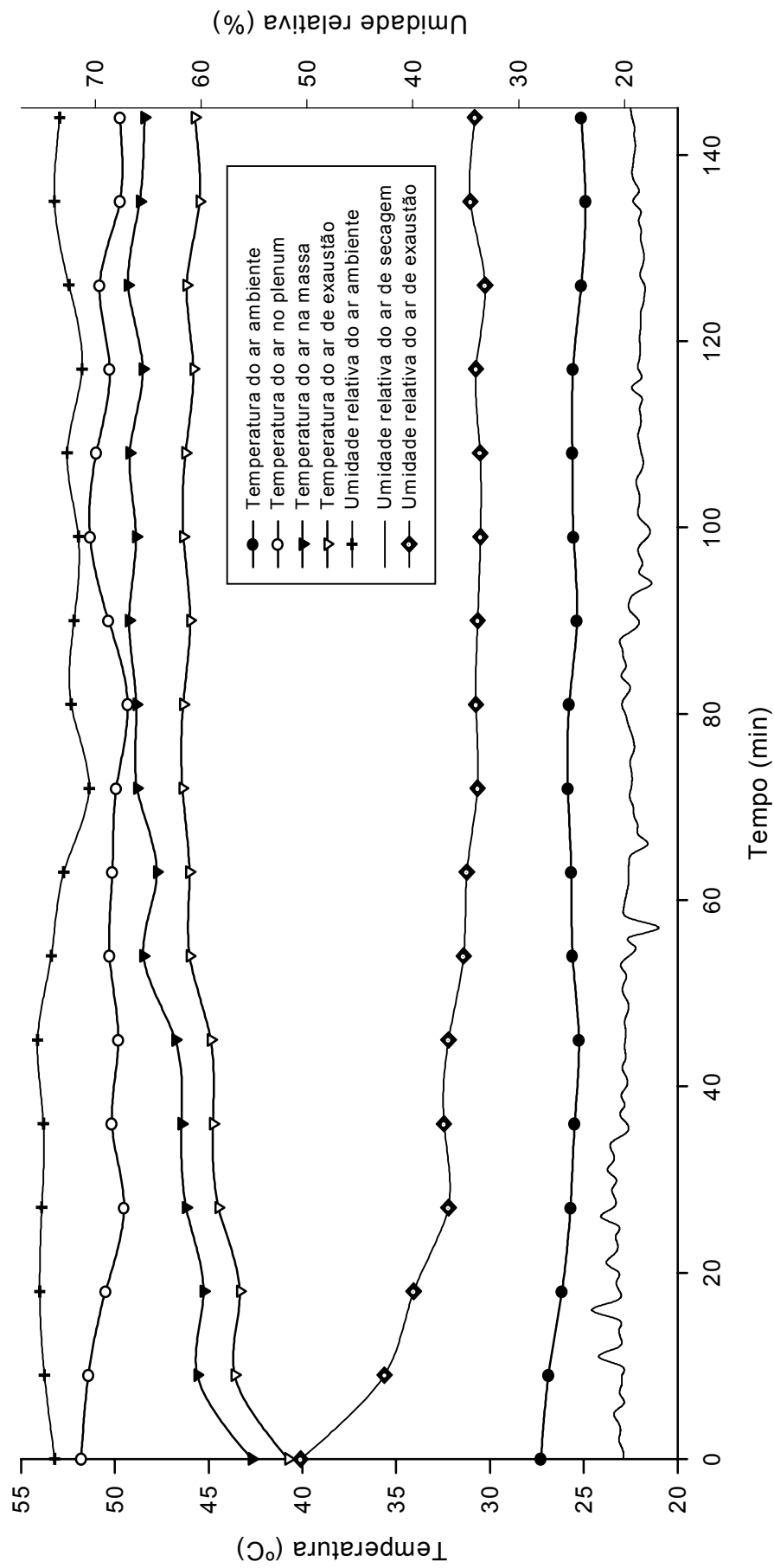


Gráfico 15- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar aquecido a 50 °C.

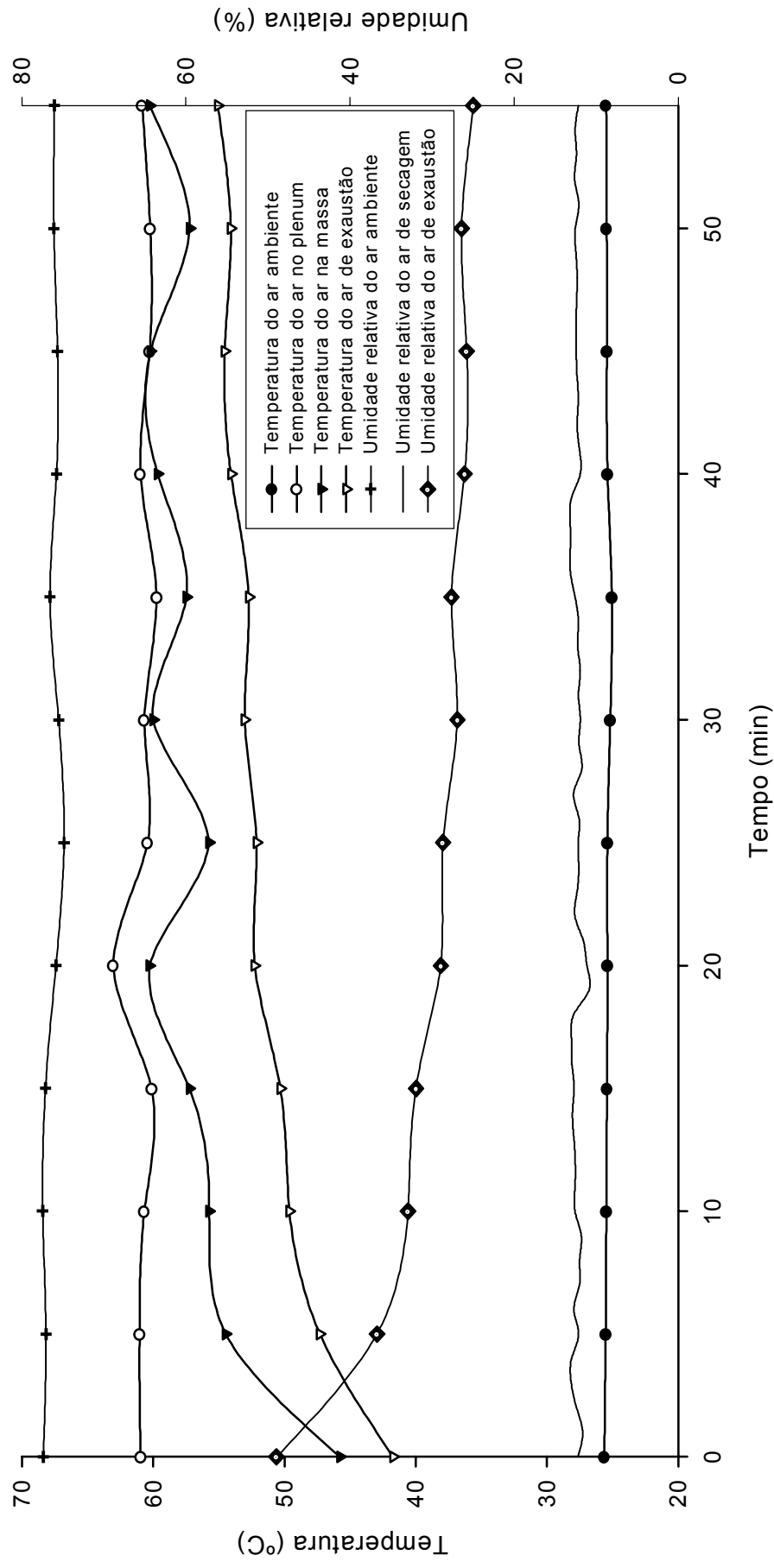


Gráfico 16- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar aquecido a 60 °C.

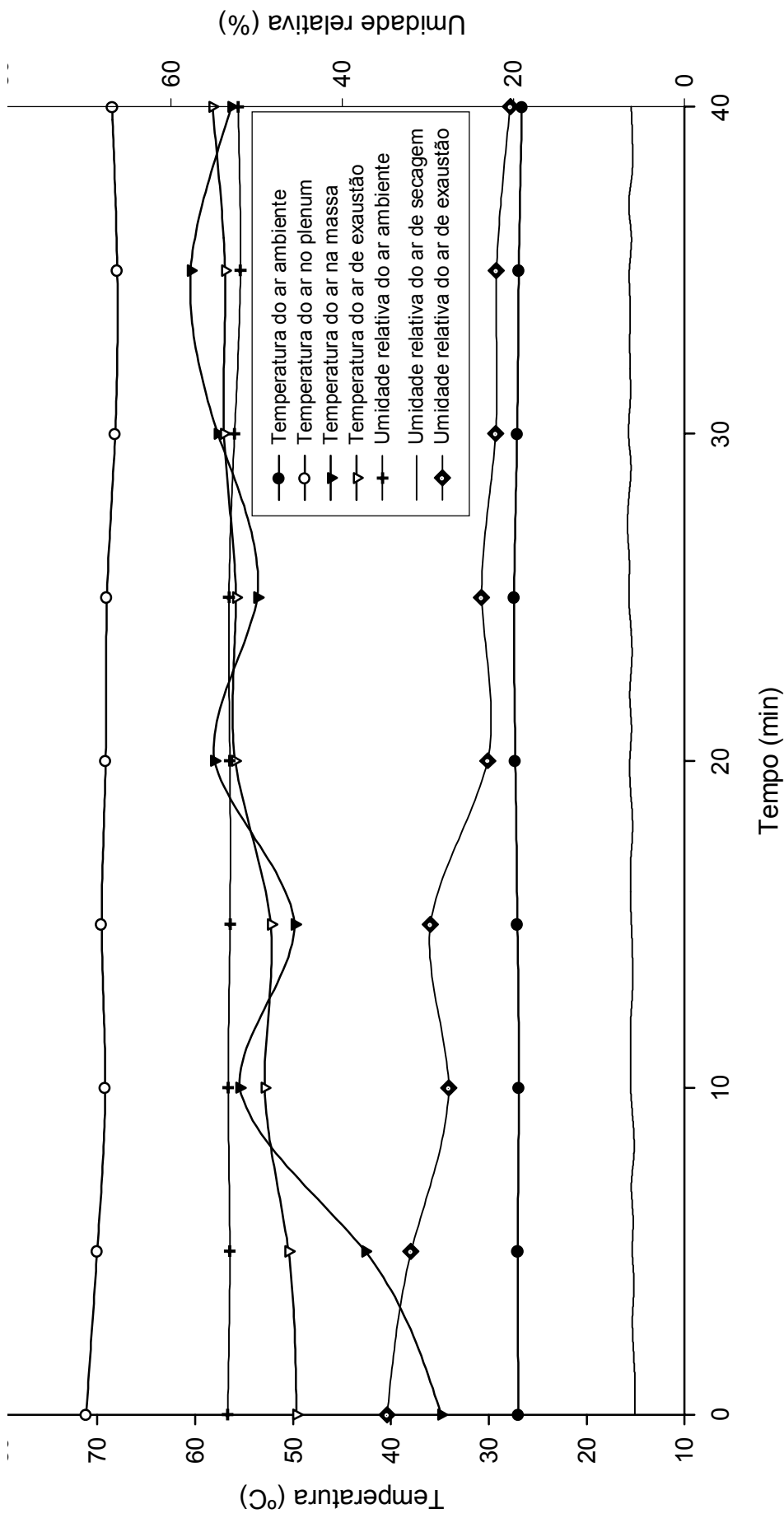


Gráfico 17- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar aquecido a 70 °C.

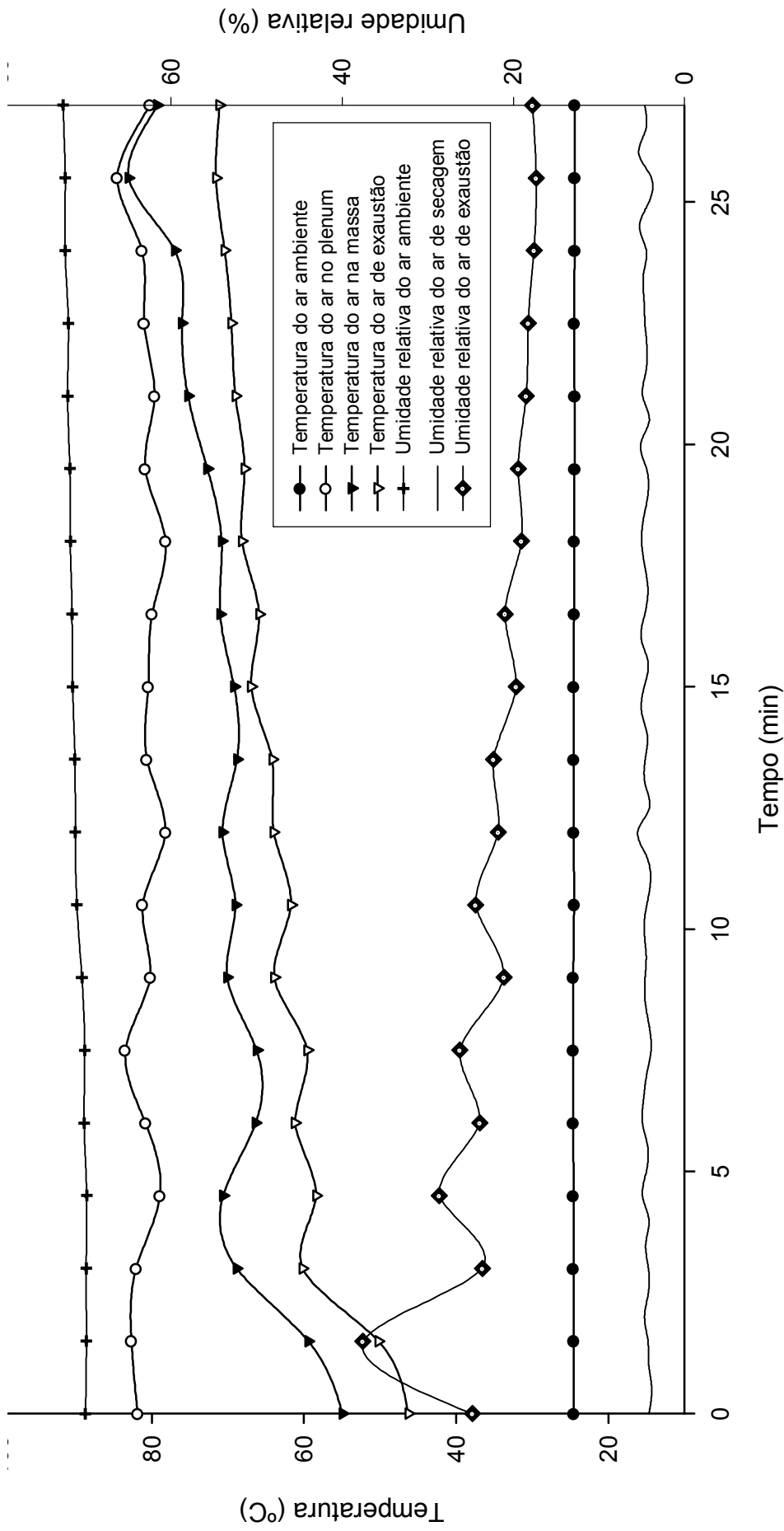


Gráfico 18- Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, observados durante a secagem de hortelã-comum com ar aquecido a 80 °C.

Tabela 22- Análise estatística do percentual médio de cada componente do óleo essencial de hortelã-comum, obtido em função dos tratamentos de secagem, comparado com a planta fresca (testemunha), expressos em percentual proporcional de área.

Tabela 2.1- mirceno

tratamento	média
40 °C	0,3195 a
fresca	0,2653 ab
ambiente	0,2499 ab
80 °C	0,2447 ab
50 °C	0,2384 ab
60 °C	0,1940 b
70 °C	0,1864 b

CV=17,65 e Sy= 0,0247

Tabela 22.2- NI-1

tratamento	média
60 °C	0,1897 a
50 °C	0,1565 ab
80 °C	0,1412 ab
70 °C	0,1411 ab
ambiente	0,1409 ab
40 °C	0,1174 b
fresca	0,0000 c

CV= 21,37 e Sy= 0,0187

Tabela 22.3- limoneno

tratamento	média
60 °C	0,7821 a
40 °C	0,6788 a
ambiente	0,3836 b
fresca	0,3620 b
50 °C	0,3076 b
80 °C	0,2914 b
70 °C	0,2727 b

CV= 21,76 e Sy= 0,0670

Tabela 22.4- cis-ocimeno

tratamento	média
60 °C	0,3032 a
40 °C	0,2630 a
80 °C	0,2146 ab
ambiente	0,2016 ab
70 °C	0,1923 ab
fresca	0,1387 b
50 °C	0,1216 b

CV= 23,40 e Sy= 0,0339

Tabela 22.5- trans-sabineno hidrato

tratamento	média
fresca	0,2033 a
50 °C	0,1655 ab
ambiente	0,1398 bc
80 °C	0,1196 bcd
70 °C	0,1063 cde
40 °C	0,0921 de
60 °C	0,0820 e

CV= 14,99 e Sy= 0,0111

Tabela 22.6- linalol

tratamento	média
fresca	0,3813 a
80 °C	0,2979 b
ambiente	0,2735 bc
40 °C	0,2582 bc
70 °C	0,2453 bc
50 °C	0,2324 c
60 °C	0,2257 c

CV= 10,58 e Sy= 0,0168

Tabela 22.7- octan-3-ol acetato

tratamento	média
50 °C	0,1556 a
70 °C	0,1365 ab
80 °C	0,1356 ab
60 °C	0,1268 ab
ambiente	0,1256 ab
40 °C	0,0986 ab
fresca	0,0876 b

CV= 16,56 e Sy= 0,0138

Tabela 22.8- isoborneol

tratamento	média
80 °C	0,2319 a
70 °C	0,1981 ab
ambiente	0,1914 ab
50 °C	0,1842 b
60 °C	0,1791 b
fresca	0,1781 b
40 °C	0,1749 b

CV= 10,61 e Sy= 0,0117

Tabela 22.9- dihidrocarveol

tratamento	média
fresca	0,1510 a
70 °C	0,1436 a
ambiente	0,1422 a
50 °C	0,1248 a
60 °C	0,1194 a
80 °C	0,1113 a
40 °C	0,1046 a

CV= 20,20 e Sy= 0,0181

Tabela 22.10- trans-carveol

tratamento	média
fresca	0,4281 a
70 °C	0,1806 b
50 °C	0,1555 b
60 °C	0,1465 b
80 °C	0,1464 b
40 °C	0,1321 b
ambiente	0,0899 b

CV= 26,90 e Sy= 0,0273

Tabela 22.11- herboxide

tratamento	média
fresca	0,3485 a
ambiente	0,3185 ab
70 °C	0,2456 bc
40 °C	0,1950 c
80 °C	0,1943 c
50 °C	0,1822 c
60 °C	0,1807 c

CV= 18,34 e Sy= 0,0252

Tabela 22.13- isopiperitona

tratamento	média
fresca	0,1711 a
ambiente	0,1436 AB
70 °C	0,1385 ab
40 °C	0,1182 b
50 °C	0,1172 b
60 °C	0,1161 b
80 °C	0,1074 b

CV= 18,96 e Sy= 0,0144

Tabela 22.14- óxido de carvona

tratamento	média
fresca	0,3454 a
ambiente	0,2262 b
70 °C	0,1850 b
80 °C	0,1549 b
40 °C	0,1471 b
50 °C	0,1431 b
60 °C	0,1414 b

CV= 25,62 e Sy= 0,0284

Tabela 22.15- dihidrocarvil acetato

tratamento	média
fresca	0,3059 a
ambiente	0,2175 b
50 °C	0,2074 b
40 °C	0,2064 b
60 °C	0,1938 b
70 °C	0,1909 b
80 °C	0,1697 b

CV= 13,25 e Sy= 0,0162

Tabela 22.16- *cis*-jasmona

tratamento	média
70 °C	0,2293 a
80 °C	0,2149 a
40 °C	0,2044 ab
50 °C	0,2008 ab
fresca	0,2000 ab
60 °C	0,1983 ab
ambiente	0,1683 b

CV= 10,44 e Sy= 0,0122

Tabela 22.17- NI-2

tratamento	média
80 °C	0,3009 a
ambiente	0,2896 AB
50 °C	0,2489 bc
70 °C	0,2356 bc
60 °C	0,2027 cd
40 °C	0,1821 d
fresca	0,1578 d

CV= 10,06 e Sy= 0,0134

Tabela 22.18- β -bourboneno

tratamento	média
80 °C	0,7120 a
60 °C	0,4904 b
50 °C	0,4196 b
40 °C	0,2774 c
ambiente	0,1557 d
70 °C	0,1325 d
fresca	0,0935 d

CV= 13,36 e Sy= 0,0308

Tabela 22.19- β -elemeno

tratamento	média
80 °C	0,3442 a
60 °C	0,2215 b
50 °C	0,1816 bc
70 °C	0,1491 c
40 °C	0,1428 c
ambiente	0,1145 c
fresca	0,000 d

CV= 19,20 e Sy= 0,0209

Tabela 22.20- α -gurjuneno

tratamento	média
80 °C	0,4399 a
60 °C	0,3004 b
70 °C	0,2694 bc
50 °C	0,2591 bc
40 °C	0,1773 cd
ambiente	0,1259 d
fresca	0,0000 e

CV= 17,48 e Sy= 0,0254

Tabela 22.21- *cis*-muuro-4(15), 5-dieno

tratamento	média
80 °C	0,3658 a
70 °C	0,2571 ab
50 °C	0,2185 b
60 °C	0,1850 b
ambiente	0,1359 b
40 °C	0,1323 b
fresca	0,0000 c

CV= 24,88 e Sy= 0,0297

Tabela 22.22- β -E-farneseno

tratamento	média
80 °C	0,7825 a
60 °C	0,4873 b
50 °C	0,4205 bc
40 °C	0,3070 bcd
70 °C	0,2566 bcd
ambiente	0,1653 cd
fresca	0,0869 d

CV= 27,90 e Sy= 0,0730

Tabela 22.23- biciclogermacreno

tratamento	média
80 °C	0,7958 a
60 °C	0,4900 b
50 °C	0,4218 bc
70 °C	0,3408 bc
40 °C	0,3237 bc
ambiente	0,2051 cd
fresca	0,1082 d

CV= 24,44 e Sy= 0,06310

Tabela 22.24- *cis*-calameneno

tratamento	média
80 °C	0,2448 a
60 °C	0,1324 b
ambiente	0,1224 b
50 °C	0,1204 b
70 °C	0,1132 b
40 °C	0,0928 b
fresca	0,0000 c

CV= 30,04 e Sy= 0,0235

Tabela 22.25- Δ -cadineno

tratamento	média
80 °C	0,2614 a
60 °C	0,1708 b
70 °C	0,1435 b
50 °C	0,1380 bc
40 °C	0,1089 c
ambiente	0,1021 c
fresca	0,0000 d

CV= 15,21 e Sy= 0,0131

Tabela 22.26- germacreno-D-4-ol

tratamento	média
80 °C	0,4627 a
60 °C	0,3181 b
50 °C	0,2824 b
ambiente	0,2457 b
70 °C	0,2265 bc
40 °C	0,2209 bc
fresca	0,1413 c

CV= 20,51 e Sy= 0,0373

Tabela 22.27- sesquiterpeno 1

tratamento	média
80 °C	0,4560 a
60 °C	0,2438 b
50 °C	0,2131 bc
40 °C	0,1958 bc
70 °C	0,1923 bc
fresca	0,1155 c
ambiente	0,1062 c

CV= 24,74 e Sy= 0,0380

Tabela 22.28- TAU-cadinol

tratamento	média
80 °C	0,2638 a
60 °C	0,1837 b
70 °C	0,1370 bc
50 °C	0,1329 bc
ambiente	0,1183 bc
40 °C	0,1157 bc
fresca	0,1012 c

CV= 22,63 e Sy= 0,0196

Tabela 22.29- TAU-muurolol

tratamento	média
80 °C	0,6302 a
60 °C	0,3627 b
70 °C	0,3219 b
fresca	0,3082 b
50 °C	0,2981 b
40 °C	0,2955 b
ambiente	0,2674 b

CV= 12,22 e Sy= 0,0300

Tabela 22.30-sesquiterpeno 2

tratamento	média
80 °C	0,6162 a
ambiente	0,4103 b
fresca	0,4096 b
70 °C	0,3961 b
60 °C	0,3889 b
50 °C	0,3416 b
40 °C	0,3233 b

CV= 12,13 e Sy= 0,0290

- Médias aritméticas simples de 3 repetições, expressas em percentagem. Quando acompanhadas por distintas letras nas respectivas linhas, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Duncan.